

D I S S E R T A T I O N

HÄUSER MIT VERSTAND

Die Adaptierung bäuerlicher, vernakulärer Architektur in Österreich
an klimatische Standortbedingungen

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Technischen Wissenschaften unter der Leitung von

Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Caroline Jäger-Klein

E251-01

Institut für Kunstgeschichte, Bauforschung und Denkmalpflege

Begutachtung durch

Em.O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Alfons Dworsky

Kaltenbrunner, Christoph Univ.-Prof. Mag.art. BSc.

**eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung**

von

Arch. DI Gregor Radinger, MSc

Matr.-Nr. e9145202

Tellgasse 28 Tür 25-26 1150 Wien

Wien, im August 2019

Unterschrift



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Dissertation ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this doctoral thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kurzfassung

Im Rahmen der vorliegenden Dissertation werden Eigenschaften regional-traditioneller Architektur aus dem Umfeld des ländlich-bäuerlichen Bauens untersucht, die für die Gebäudeadaption an unterschiedliche klimatische Bedingungen maßgeblich sind und das Zustandekommen der Innenraumklimata von Wohnräumen direkt beeinflussen. In Sinne einer interdisziplinären Betrachtungsweise bilden naturräumliche, wirtschaftliche und soziokulturelle Einflussfaktoren den flankierenden Hintergrund der durchgeführten Analysen. Diese erfolgen anhand von Fallbeispielen, die in unterschiedlichen Regionen Österreichs (alle Bundesländer mit Ausnahme von Wien) entstanden sind und verschiedenen Zeitepochen zugeordnet werden. Dabei kommt ein diversifiziertes Set an Methoden zum Einsatz, das sich aus Literatur- und Desktoprecherchen, Expertenbefragungen und digitalen Objektrekonstruktionen zur Schaffung von Arbeitsgrundlagen und anschließenden computerunterstützten Berechnungen, Simulationen, Messkampagnen, Gebäudemonitorings sowie Lichtlabor-Analysen von maßstäblichen Baukörpermodellen zusammensetzt.

Für Untersuchungen von Gebäuden, die in freier Landschaft und in ihrer ursprünglichen Beschaffenheit und Verwendung vielfach nicht mehr zugänglich bzw. existent sind, bieten Freilichtmuseen Möglichkeiten zur Bauforschung an translozierten Originalobjekten bei vergleichbaren äußeren Rahmenbedingungen. Anhand von auf traditionelle bzw. vorindustrielle Wirtschaftsweisen ausgerichteten Gehöften, deren Entstehung zwischen den Jahren 1582 und 1827 eingeordnet wird und die im Österreichischen Freilichtmuseum in Stübing wiedererrichtet sind, werden quantitative und qualitative Gebäudeuntersuchungen und –vergleiche vorgenommen. Der übergeordneten Frage „Wie klimagerecht war das österreichische Bauernhaus?“ werden Forschungsfragen in Bezug auf Baukörpercharakteristik, klimatische Rahmenbedingungen zur Errichtungszeit und heute, Innenraumklima sowie Koinzidenzen von Standort- und Objekteigenschaften zugrunde gelegt. Ziel ist es, die bauklimatischen Potenziale dieser Gebäude hinsichtlich ihrer thermischen und visuellen Behaglichkeitseigenschaften und Energieeffizienz explorativ und auf Basis von empirisch erhobenen Daten zu quantifizieren, gegenüberzustellen und zu interpretieren.

Die Untersuchungsergebnisse werden in sogenannten Gebäudeportraits samt Datenblätter, Ergebnisdarstellungen von Messkampagnen zur Bewertung des thermischen Gebäudeverhaltens und der natürlichen Raumbelichtung sowie einer Matrix und daraus abgeleiteten Diagrammen für datenbasierte Gebäude- und Standortvergleiche zusammengefasst. Darüber hinaus werden Modellarrangements zur Veranschaulichung der unterschiedlichen Baukörpergeometrien und eine Zeitchronologie (Timeline) zur Einordnung der ausgewählten Objekte in einen historischen Kontext erstellt.

Schlagwörter

Vernakuläre Architektur, Gehöftformen in Österreich, klimagerechtes Bauen, Bauklimatik, thermische Behaglichkeit, visuelle Behaglichkeit, vergleichende Gebäudeanalyse, Bauen und Klimawandel

Abstract

In the context of this dissertation properties of traditional, regional and rural architecture are investigated, which are decisive for the adaptation of buildings to different climatic conditions and directly influence the creation of indoor climate in living spaces. In terms of an interdisciplinary approach natural, economic and socio-cultural influencing factors form the flanking background of the analyses. These are carried out on the basis of case studies, that have been developed in different regions of Austria (all provinces except Vienna), and are assigned to different epochs. A diversified set of methods is applied, consisting of literature and desktop research, expert interviews and digital object reconstructions for the creation of working bases and subsequent computer-aided calculations, simulations, measurement campaigns, building monitoring as well as light-laboratory analyses of scale building models.

For investigations of buildings that are often no longer accessible or existent in the open landscape and in their original condition and use, open-air museums offer opportunities for building research on translocated original objects under comparable external conditions. Quantitative and qualitative building investigations and comparisons are carried out on the basis of farmsteads, that were built between the years 1582 and 1827 and which were designed towards traditional or pre-industrial methods of management. The farmsteads are rebuilt in the Austrian Open Air Museum in Stübing. The overarching question "How climate-friendly was the Austrian farmhouse?" is based on various research questions relating to building characteristics, climatic conditions at the time of construction and today, indoor climate and coincidences of location and object characteristics. The aim is to quantify, compare and interpret the building climate potentials of these buildings with regard to their thermal and visual comfort properties and energy efficiency exploratively and on the basis of empirically collected data.

The investigation-results are summarized in so-called building portraits that include data sheets, results of measurement campaigns for the evaluation of thermal building behaviour and natural room lighting as well as a matrix and derived diagrams for data-based building- and location-comparisons. In addition, model arrangements for the illustration of different building geometries and a time chronology to place the selected objects in a historical context are created.

Keywords

Vernacular architecture, farmhouses in Austria, climate-friendly building, building climate, thermal comfort, visual comfort, comparative building analysis, building and climate change

Inhalt

Kurzfassung.....	3
Abstract.....	4
Inhalt	5
Vorwort	9
Einleitung.....	11
1 Rahmenbedingungen für die Bildung von Hausformen, Siedlungen und Flurgefüge	21
1.1 Naturräume und Kulturlandschaften.....	22
1.1.1 Geologische Rahmenbedingungen	23
1.1.2 Landbewirtschaftung	24
1.2 Landerschließung und -besiedelung	27
1.2.1 Frühgeschichte und Altertum	28
1.2.2 Mittelalterliche Landbesiedelung	31
1.2.3 Demographische Entwicklungen.....	32
1.3 Bildung von Orts- und Flurformen	33
1.3.1 Ortsentwicklungen.....	33
1.3.2 Flurformen.....	35
1.3.3 Zusammenschau von Orts- Flur und Gehöftformen.....	36
1.4 Agrarhistorische Entwicklungen.....	37
1.4.1 Mittelalter	38
1.4.2 Neuzeit.....	40
1.4.3 Industrialisierung.....	41
1.5 Rechtsverhältnisse	43
1.5.1 Mittelalter	43
1.5.2 Neuzeit.....	44
1.5.3 Bauernbefreiung	47
1.6 Soziokulturelle Betrachtungen.....	48
1.6.1 Arbeit.....	49
1.6.2 Ernährung	50
1.6.3 Wohnen	51
2 Klima	55
2.1 Klimadisposition.....	55
2.1.1 Räumliche Gliederung unterschiedlicher Klimata	55
2.1.2 Klimafaktoren und Klimaelemente	56
2.1.3 Klimaklassifizierung.....	66
2.2 Das Klima in Österreich	67
2.2.1 Klimaprovinzen	71
2.3 Klimageschichtliche Forschung.....	72
2.3.1 Erdgeschichtliche Analysen	72
2.3.2 Deskriptive Aufzeichnungen	74
2.3.3 Messungen.....	76
2.3.4 Proxydaten.....	79

2.4	Klimaperioden	82
2.4.1	Hochmittelalterliche Warmzeit.....	83
2.4.2	Kleine Eiszeit	83
2.4.3	Moderne Warmzeit.....	85
2.5	Klimarekonstruktionen	86
2.5.1	Temperaturentwicklung 1500 - 2000	86
2.5.2	Jahreszeitliche Auflösung.....	87
3	Bauklimatik.....	89
3.1	Gebäudethermie	89
3.1.1	Begriffsdefinitionen.....	90
3.2	Licht und Raumbelichtung.....	96
3.2.1	Begriffsdefinitionen.....	96
3.3	Innenraumkomfort	100
3.3.1	Thermische Behaglichkeit	102
3.3.2	Visuelle Behaglichkeit.....	109
3.3.3	Luftqualität und Raumakustik	116
4	Klimagerechtes Bauen.....	117
4.1	Gestaltungskonzepte für klima-sensitive Gebäude	117
4.1.1	Baukörpergeometrie und -kompaktheit	118
4.1.2	Gebäudeorientierung und Sonnenexposition.....	118
4.1.3	Gebäudehülle	121
4.1.4	Bauweise	122
4.1.5	Gebäudezonierung	123
4.1.6	Natürliche Ventilation	124
4.2	Klima- und Gebäudediversität	126
4.2.1	Arktisches und subarktisches Klima.....	126
4.2.2	Montanes Klima	127
4.2.3	Kontinentales Klima.....	128
4.2.4	Maritimes Klima.....	130
4.2.5	Mediterranes Klima	131
4.2.6	Subtropisches Klima.....	132
4.2.7	Monsunklima.....	133
4.2.8	Tropisches Klima.....	134
4.2.9	Steppen- und Wüstenklima.....	136
5	Vernakuläre, rurale Architektur in Österreich.....	139
5.1	Bautypologien.....	139
5.1.1	Einteilung von Gehöftformen.....	139
5.1.2	Haupttypen der Gehöftformen.....	140
5.2	Raumeinheiten	146
5.2.1	Wohnbereich - Feuerhaus.....	146
5.2.1	Wirtschaftsbereich - Futterhaus.....	152
5.3	Materialien und Konstruktionen	154
5.3.1	Horizontale Bauelemente	154
5.3.2	Holzwandkonstruktionen.....	155
5.3.3	Mauerwerksbau	160

5.3.4	Dächer	162
5.3.5	Überdachte Freibereiche.....	168
5.3.6	Fenster und Türen.....	169
5.3.7	Belichtung und Beleuchtung	172
5.4	Verbreitungsgebiete regionaltypischer Gehöftformen.....	175
5.4.1	Vorarlberg	176
5.4.2	Tirol.....	179
5.4.3	Salzburg.....	182
5.4.4	Oberösterreich	185
5.4.5	Niederösterreich	187
5.4.6	Burgenland	189
5.4.7	Steiermark	191
5.4.8	Kärnten.....	194
5.5	Präsentation vernakulärer Bauformen.....	197
5.5.1	Ausstellungskonzepte	197
5.5.2	Nationale und internationale Freilichtmuseen.....	198
5.5.3	Das Österreichische Freilichtmuseum in Stübing	199
5.5.4	Schwerpunktaktivitäten einst und jetzt.....	200
6	Vergleichende bauklimatische Gebäudeanalysen.....	201
6.1	Forschungsfragen.....	201
6.2	Untersuchungsaufbau.....	203
6.2.1	Objektauswahl	203
6.2.2	Klimatische Standortanalysen	203
6.2.3	Rekonstruktion der Gebäudegeometrien	206
6.2.4	Gebäudebetrachtung im Kontext des historischen Klimawandels	207
6.2.5	Energiebedarfsberechnungen	208
6.2.6	Messung des thermischen Gebäudeverhaltens	212
6.2.7	Messung und Simulation der Tageslichtverhältnisse in Innenräumen	214
6.3	Ergebnisse.....	219
6.3.1	Gebäudeportraits.....	219
	Einhof Naglerhaus, Schwarzenberg in Vorarlberg	221
	Einhof Hansler, Alpbach in Tirol	234
	Rauchhaus, Wals-Siezenheim in Salzburg	247
	Kärntner Ringhof Paule, Ebene Reichenau in Kärnten	260
	Einhof Säuerling, Einach an der Mur in der Steiermark.....	274
	Rauchstubenhaus Laarer, St. Nikolai im Sölketal in der Steiermark	288
	Vierkanthof Schwarzmayr, St. Ulrich bei Steyr in Oberösterreich	301
	Der Waldviertler Dreikanthof Brachhuber, Arbesbach in Niederösterreich	315
	Weststeirisches Gehöft Großschrotter in Eggartsberg in der Steiermark	327
	Berglerhaus, Neustift bei Güssing, Burgenland.....	340
6.3.2	Ergebnisse von Mess- und Berechnungskampagnen.....	351
6.3.3	Matrix: datenbasierte Gebäude- und Standortvergleiche	381
6.3.4	Timeline.....	393
6.4	Beantwortung der Forschungsfragen	395
6.4.1	Fragekategorie 1: Gebäudebeschaffenheit und klimatische Rahmenbedingungen	395
6.4.2	Fragekategorie 2: Innenraumklima.....	397

6.4.3 Fragekategorie 3: Koinzidenzen von Standort- und Gebäudeeigenschaften	401
Schlussbemerkung und Ausblick.....	403
Erweiterter Wissensstand.....	403
Diskussion der Untersuchungsmethoden.....	405
Forschungsperspektiven	406
Quellenverzeichnis	409
Literatur	409
Internetdatenbanken.....	422
Abbildungen	424
Anhänge	439
Vergrößerte Darstellungen.....	439
Datenblätter Energiekennzahlen.....	444
Datenblätter U-Wertberechnungen	454
Lichtlabor-Direktlichtstudien	459
Datenblätter Diffuslichtsimulationen und -messung	467
Experteninterviews	479
Verzeichnis Anhang-Abbildungen	486
Lebenslauf.....	489

Vorwort

Fasziniert von der Möglichkeit, mich an Entwürfen von prestigeträchtigen Bauaufgaben wie etwa Museen, Stadien und urbanen Brennpunkten aber auch visionären und experimentellen Gestaltungsübungen versuchen zu dürfen, blieb im Lauf meines Architekturstudiums eine über das erforderliche Maß hinausgehende Auseinandersetzung mit den Raumerfordernissen des alltäglichen Lebens von mir weitgehend unbeachtet. Auch nach dem Universitätsabschluss im Jahr 2000 war meine berufliche Arbeit im Umfeld von hochtalentierten Architektur- und Kunstschaffenden auf die Entwicklung von leuchtturmartigen Entwürfen ausgerichtet, die vor allem durch die Ästhetik ihrer Formgebung zu überzeugen versuchten.

Eine erste, ernsthafte Auseinandersetzung mit klimatischen Standortbedingungen als Einflussfaktoren auf den Gebäudeentwurf fand im Jahr 2006 (!) im Rahmen eines von der Kunstuniversität Linz initiierten Projektes zur Umsetzung eines Kindergartens im Township Orange Farm bei Johannesburg (Südafrika) statt, an dem ich als Baukoordinator teilnehmen konnte. Die in dieser Umgebung gesammelten Erfahrungen veränderten mein Bewusstsein für den Zusammenhang zwischen baulichen Maßnahmen und klimatischen und sozialen Rahmenbedingungen. Während der Arbeit als Assistent am Department für Raumgestaltung und nachhaltiges Entwerfen der TU Wien konnte ich erleben, wie die viel zu früh verstorbene Françoise-Hélène Jourda (1955 – 2015) Studierende von der existenziellen Bedeutung und dem kreativen Potenzial des nachhaltigen Bauens überzeugte. Während einer winterlichen Workshop-Exkursion auf den Feuerkogel und einem langanhaltend tobenden Schneesturm erläuterte sie den Teilnehmern unmittelbar, dass Architektur auch eine Überlebensfrage sein kann.

Bei meiner Tätigkeit an der Donau-Universität Krems bin ich mit komplexen Fragestellungen hinsichtlich der ökologischen, ökonomischen und soziokulturellen Wirkungen des Bauens konfrontiert. Dabei erlebe ich Auseinandersetzungen über Zielkonflikte und Synergien zwischen Planungs- und Bauentscheidungen mit Nutzerbedürfnissen, wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und technischer Machbarkeit. Robustheit, Beherrschbarkeit und angemessene Komplexität von Gebäuden sind dabei Diskussionspunkte, durch die die Dauerhaftigkeit von Bauprojekten und damit der langfristige Erfolg von Planungs- und Investitionsentscheidungen gefördert werden soll.

Aus diesen beruflichen Erfahrungen entwickelten sich Überlegungen, die Eigenschaften von Gebäudetypologien zu untersuchen, die in enger Wechselwirkung mit naturräumlichen und soziokulturellen Rahmenbedingungen zu sehen sind und für die auch das Klima einen wesentlichen Einflussfaktor darstellt. Aufgewachsen in ländlicher Umgebung, vertraut mit dem Alltagsleben auf dem Land und herangeführt an landwirtschaftliche Prozesse bis hin zur Haltung von Tieren, deren Gegenwart mir bis heute viel bedeutet, haben sich bäuerliche Hausformen und ihr baukultureller Wert als geeigneter Untersuchungsgegenstand für eine Dissertation erwiesen.

Dank

Ich danke vor allem meiner Betreuerin Caroline Jäger-Klein, die mir die Möglichkeit eröffnet hat, dieses Projekt in Angriff zu nehmen und zu Ende zu führen. Durch ihr enormes Wissen, das sie mit großer Motivationsgabe und Überzeugungskraft an Studierende weitergibt, wurde meinen Blick auf das Bauen neu justiert. Auch ihren Kollegen des Institutes für Baugeschichte und Bauforschung Mariella Dittrich, Ulrike Herbig, Andrea Rieger-Jandl, Erich Lehner und Gudrun Styhler-Aydin möchte ich für wichtige Impulse, Ratschläge, gemeinsame Projekte und Publikationen danken. Weiters danke ich Alfons Dworsky für bereichernde Lehrveranstaltungen und Denkanstöße, die zur Aufarbeitung und Arbeits-Integration wesentlicher Betrachtungsaspekte geführt haben. Ihm und Christoph Kaltenbrunner

danke ich außerdem für die Begutachtung des Gesamtergebnisses und Rob van Hees für die Möglichkeit zur Diskussion von Zwischenresultaten der Arbeit mit internationalen Doktorats-Anwärtern im Rahmen des WTA-International PhD symposiums in Delft.

Danke dem Österreichischen Freilichtmuseum in Stübing, insbesondere Egbert Pöttler sowie Gabriele Göllner, Helmut Raith und Klaus Seelos für die Bereitschaft, mir auf stets gastfreundschaftliche Art Zugang zur beeindruckenden Gebäudesammlung zu gewähren und mit Rat und Tat zu Seite zu stehen.

Danke an die Donau-Universität Krems und dem Department für Bauen und Umwelt durch deren Unterstützung die Vereinbarkeit von beruflichen Verpflichtungen und dem Vorantreiben der Arbeit an der Dissertation erst möglich wurde. Vor allem danke ich dabei Christian Hanus sowie Franz Gugerell, Peter Strasser und Wolfgang Stumpf für die vielen Diskussionen zu inhaltlichen Fragestellungen und Bernhard Kram für die Bereitschaft, mir sensible Messgerätschaften zur Verfügung zu stellen.

Mein besonderer Dank gebührt Tina Ipser, deren großes Wissen in Bezug auf nachhaltiges Bauen, feines Gespür für die verständliche Beschreibung und Vermittlung komplexer Sachverhalte und enormer Einsatz bei der Bewältigung gemeinsamer, parallel zur Dissertation laufender Projekte einen Rückhalt boten, der nicht hoch genug wertgeschätzt werden kann!

Danke meiner Familie für die Fürsorge und Unterstützung in arbeitsintensiven und belastenden Zeiten und meinem Bruder Christoph für die Durchsicht und Korrektur großer Textteile sowie seine Außensicht und Einschätzungen zur inhaltlichen Disposition der Arbeit.

Danke allen Freunden für ihr Interesse an den behandelten Themen und die Möglichkeit, die aufgekommenen Sorgen und Zweifel zu teilen, zu besprechen und erreichte Zwischenerfolge und Meilensteine zu feiern; insbesondere Anja Aichinger, Thomas Breier, Maria Schallar, Alexander Schranz, Bernhard Stocker, Michaela Tomaselli, Christian Weinhaeupl und Silvia Meisterle sowie meiner Bürogemeinschaft in der Mariahilferstraße mit Martin Danner, Clemens Mayer und Christian Wittmeier.

Einleitung

Als vernakuläre Architektur (lat. vernakulus, „einheimisch“, „am Ort herausgebildet“) werden nach der Definition der Architekturpublizistin Inge Beckel Formen und Konstruktionen verstanden, die sich, ausgehend von den Bedürfnissen und Gewohnheiten der Menschen, als Resultat aus örtlich verfügbaren Materialien und klimatischen Gegebenheiten herausgebildet haben und über Jahrhunderte mehr oder weniger stark modifiziert weitergegeben wurden. (BECKEL, 2013)

„Architektur ist eine Kulturtechnik der Klimabewältigung.“
Roland Gnaiger (GNAIGER, 2015)

Für den Architekten und Kulturtheoretiker Bernhard Rudofsky (1905 – 1988) sind „(...) Philosophie und Know-How anonymen Baumeister die größte unangezapfte Quelle von architektonischer Anregungen für den industriellen Menschen (...)“ und Beweggrund seines Buches „Architektur ohne Architekten“, das 1964 erstmals vom Museum of Modern Art publiziert wurde. Darin wird eine Baukunst gezeigt, die dem Autor zufolge nicht von Spezialisten erdacht und geschaffen wurde, sondern die durch spontane und kontinuierliche Tätigkeit einer Bevölkerung über Generationen hinweg entstanden ist. (RUDOFSKY u. a., 1989) Auch für den Bauforscher Sascha Roesler liegt im Umfeld des alltäglichen, traditionellen, informellen Bauens eine zentrale Wissensquelle für die Entwicklung klimasensitiver Gebäude. In seinem Beitrag „Klima und Kultur“ in der 2013 erschienene Buchpublikation „Das Klima als Entwurfaktor“ wird auf das über die gesamte Erde verstreute Wissen des bauenden Menschen hingewiesen, das sich in den von ihm geschaffenen Gebäuden und baulichen Praktiken manifestiert und die Grundlage für eine Klimaforschung der Architektur darstellt. Um dieses großteils theorieferne und erfahrungsbasierte Wissen zu erschließen, sind neben ethnographischen Forschungen und Wissensbeständen auch empirische Untersuchungen (Experimente, Simulationen, Berechnungen) notwendig. (vgl. ROESLER, 2013, S. 18) Christian Hönger und Roman Brunner verweisen ebenda auf Vordenker und Architekturlehrer wie Hassan Fathy (1900 – 1989) und sein Konzept einer „erneuerten Tradition“, das auf einer Neukombination traditioneller Bauweisen und klassischer Typologien unter Einbeziehung von Klima- und Gemeinschaftsaspekten beruht. (vgl. HÖNGER u. a., 2013, S. 12)

„Architektur ist ein soziales Ereignis.“
Alfons Dworsky (DWORSKY, 2018b)

Marcus Vitruvius Pollio (Vitruv, römische Architekt und Ingenieur, um 80 v. Chr. – 15 v. Chr.) nimmt insbesondere im ersten Kapitel des sechsten Buches der einzigen bis heute erhalten gebliebenen antiken Architekturtheorie „De architectura libri decem“ („Zehn Bücher über Architektur“) Bezug auf die Adaption von Gebäuden an ihren jeweiligen Standort: „Diese aber werden dann recht angelegt sein, wenn erstens berücksichtigt worden ist, in welcher Weltgegend und in welchem Zonenstrich sie gegründet werden sollen. (...)“ (vgl. VITRUVIUS & REBER, 2009, S. 279) Der Zusammenhang zwischen Klima und Architektur ist jedoch nicht nur physikalisch oder auf eine Energie-Dimension reduziert zu sehen. Roesner zufolge ist vielmehr ein architektonischer Umgang mit klimatischen Bedingungen als umfassende kulturelle Praxis zu verstehen, in die Bauten, Rituale, Verhalten, Kleidung und weitere Aspekte mitinvolviert sind. Ein vernakulär-informelles Verständnis von Klimatisierung beruht demnach auch auf dem Zusammenspiel von Bau- und Lebensweisen. (vgl. ROESLER, 2013, S. 19)

Die Volkskundewissenschaftlerin Elisabeth Tomasi unterstreicht im Band „Historische Gehöftformen“, der 1977 im Rahmen der Publikation „Österreichischer Volkskundeatlas“ unter der

Patronanz der Österreichischen Akademie der Wissenschaften publiziert wurde¹, die Bedeutung von bäuerlichen Haus- und Hofformen als Indikatoren für die wirtschaftlichen und sozialen Verhältnisse sowie die kulturellen Leistungen der ländlichen Bevölkerung einer bestimmten Gegend und zu einer bestimmten Zeit. Gehöfte und damit die Gesamtheit der Baulichkeiten eines bäuerlichen Anwesens samt Verbindungswege und Hofräume werden als Keimzelle jeder Siedlungsformentwicklung angesehen, und weisen vielfältige Formen und Typen auf. (vgl. TOMASI, 1977, S. 2) An ihrer Untersuchung sind verschiedene Wissenschaftsdisziplinen wie etwa die Volks- und Völkerkunde ebenso wie Architektur-, Geschichts- und Sprachwissenschaften, Agrar- und Siedlungsgeographie, in jüngerer Zeit auch Archäologie und Kunstgeschichte beteiligt. (vgl. TOMASI, 1977, S. 73ff)

Die aus unterschiedlichen Blickwinkeln getätigte Forschung an Bauernhäuser erfolgt jedoch mit verschiedenen Erkenntniserwartungen: Aus kulturwissenschaftlicher Betrachtung bilden Gehöfte und Bauernhäuser die bauliche Struktur zur Entfaltung bäuerlicher Lebens- und Wirtschaftsweisen. In agrarwissenschaftlicher Hinsicht steht die Verflechtung von Sozial- und Bewirtschaftungssystemen sowie der funktionale Zusammenhang zwischen Bewirtschaftungstypen, Eigentums- Siedlungs- und Hausformen im Interessensfokus. Technikgeschichtliche Betrachtungen gehen von historischen Bauprozessen und der Gewinnung und Verarbeitung von Baumaterial mit zweckmäßigen Werkzeugen aus. Geistes-, Natur-, Kunst- und Sozial- sowie technische Wissenschaften folgen in der Bauernhausforschung demnach unterschiedlichen Wissenstheorien und Fragestellungen. (vgl. DWORSKY, 2014, S. 6)

Motivation und Ausgangslage

Die Klimaforscherin Helga Kromp-Kolb fasst 2018 in der Buchpublikation „Plus zwei Grad“ zusammen, dass die globale Durchschnittstemperatur in den vergangenen 150 Jahren um rund 1 °C gestiegen ist. Eine weitere Erwärmung um 0,5 °C kann nicht mehr verhindert werden, und könnte je nach Verhalten in diesem Jahrhundert bis zu 4 °C betragen. War der Temperaturanstieg zu Beginn des 20. Jahrhunderts durch natürliche Faktoren wie einem Anstieg der Sonnenaktivität und vor allem geringe vulkanische Aktivität begründbar, wurden nach 1945 der Anstieg von Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen in der Atmosphäre und ein erhöhter Energieeintrag in das Klimasystem dominant. (vgl. KROMP-KOLB & FORMAYER, 2018, S. 48f) Gemäß Klimaschutzbericht 2018 des Umweltbundesamtes war die Temperaturerhöhung in Österreich in der Vergangenheit mehr als doppelt so hoch wie im globalen Mittel. Seit den 1930er-Jahren wurden auch die Winter im Durchschnitt um etwa 0,25 Grad pro Jahrzehnt wärmer. Klimamodelle sagen voraus, dass sich Österreich bzw. der Alpenraum auch in Zukunft stärker als das globale Mittel erwärmen wird. (vgl. ANDERL u. a., 2018, S. 5) Im Rahmen der 3. Klimakonferenz 1997 in Kyoto wurden erstmals völkerrechtlich verbindliche Zielwerte für den Ausstoß von Treibhausgasen in den Industrieländern bis zum Jahr 2012 festgelegt. 21 Jahre später im Zuge der Klimakonferenz von Paris 2015 einigte man sich, dass der Anstieg der Temperatur im globalen Durchschnitt deutlich unter 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau gehalten werden muss. (vgl. KROMP-KOLB & FORMAYER, 2018, S. 85f)

Während im Zuge der Diskussion um Klimaveränderungen die prognostische Klimamodellierung große Beachtung findet, musste sich die historische Klimatologie, die die Rekonstruktion von Klimaentwicklungen für eine Zeit ohne verfügbare Messsysteme ermöglichte, erst emanzipieren. Historische Klimarekonstruktionen liefern Vergleichsdaten zur Beurteilung der prognostizierten Klimaänderungen und zur Entschlüsselung komplexer Interaktionen zwischen Mensch und Umwelt. So setzt Christian Pfister 1999 in seiner Publikation „Wetternachhersage - 500 Jahre Klimavariationen und Wetterkatastrophen“ für das Gebiet der heutigen Schweiz (zugleich repräsentativ für Mitteleuropa) die

¹ https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96sterreichischer_Volkskundeatlas, 5.5.2019

Klimageschichte der vergangenen fünf Jahrhundert zusammen. (vgl. PFISTER u. a., 1999, S. 9) Franz Mauelshagen veröffentlicht 2010 in „Klimageschichte der Neuzeit“ quantitative Vergleichsangaben in Bezug auf Temperatur und Niederschlag aus dem Zeitraum von 1500 bis 1900 gegenüber aktuellen Werten (vgl. MAUELSHAGEN, 2010, S. 60f), und Rüdiger Glaser verweist 2001 in „Klimageschichte Mitteleuropas“ auf die immer wichtiger werdende Rolle von Klimarekonstruktionen für viele Fachbereiche. Sie unterstützen beispielsweise die Geschichtswissenschaften, da viele historische Entwicklungen nicht losgelöst vom Wandel der natürlichen Umwelt verstanden werden können. (vgl. GLASER, 2001, S. 5) Wie das Klima die Lebensweisen und kulturelle Entwicklungen beeinflusste, wird in jüngeren Buchpublikationen wie zum Beispiel der Historiker Wolfgang Behringer „Kulturgeschichte des Klimas - Von der Eiszeit bis zur globalen Erwärmung“ (2012) und Philipp Blom „Die Welt aus den Angeln - Eine Geschichte der Kleinen Eiszeit von 1570 bis 1700“ (2017) eindrucksvoll verdeutlicht.

Neben den Sektoren Energie und Industrie, Verkehr und Landwirtschaft sind Gebäude die wichtigsten Verursacher von Treibhausgasen. Demographische Entwicklungen, eine steigende Anzahl an Haushalten, eine durchschnittliche Verdoppelung der Wohnflächen pro Haushalt innerhalb von 40 Jahren und andere klimarelevante Einflussfaktoren bilden die aktuellen, flankierenden Rahmenbedingungen für bauklimatische und energie-relevante Gebäudeuntersuchungen. (vgl. KROMPKOLB & FORMAYER, 2018, S. 110) Vor dem Hintergrund der steigenden Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden im Sinne der EU-Gebäuderichtlinie EPBD 2018 (Energy Performance of Buildings Directive) reihen sich Analysen von Wechselwirkungen zwischen den Charakteristika vernakulärer Architektur und den derzeitigen und historischen Klimaverhältnissen an ihren Standorten in die interdisziplinäre Auseinandersetzung mit dem regionalen und traditionellen baukulturellen Erbe ein.

Aufgabenstellung, Forschungsfragen und thematische Eingrenzung

Aufgrund der geographischen Lage und Topographie sind in Österreich unterschiedliche klimatische Verhältnisse vorherrschend, die wichtige Rahmenbedingungen für die Entstehung einer Vielfalt an Gebäudetypen zwischen Burgenland und Vorarlberg darstellen. Wie Tomasi anmerkt, bilden dabei Gehöfte die auffälligsten Elemente ländlicher Kulturlandschaften und einen wichtigen Forschungsrahmen für die Erkundung der kulturellen Leistungen der Bevölkerung einer bestimmten Region und zeitlichen Epoche. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 2)

Ziel der Beantwortung der übergeordneten Fragestellung der vorliegenden Arbeit „Wie klimagerecht war das österreichische Bauernhaus?“ ist es, die bauklimatischen Potenziale historischer Bauformen aus ländlich-bäuerlichem Umfeld im Kontext ihrer naturräumlichen Umgebungen zu bewerten. Dazu werden bauliche Eigenschaften, die am Zustandekommen der Innenraumklimata von Wohnbereichen beteiligt sind, analysiert und Vergleichsparameter in Bezug auf das thermische Gebäudeverhalten, die natürliche Raumbelichtung und energie-relevante Charakteristika eruiert.

Die thermischen und visuellen Behaglichkeitseigenschaften ausgewählter Fallbeispiele sowie ihre Energieeffizienz werden explorativ und auf Basis von gemessenen, berechneten und simulierten Gebäudedaten quantifiziert, verglichen und aktuell geltenden Anforderungen und Standards gegenübergestellt. Die dafür herangezogenen Objekte sind Gebäude, die zwischen dem 16. und 19. Jahrhundert in unterschiedlichen Regionen (Bundesländern) entstanden waren, in das Österreichischen Freilichtmuseum Stübing (ÖFLM) transferiert wurden und dort wiedererrichtet sind. Die klimatischen Verhältnisse zur Zeit ihrer ursprünglichen Entstehung und heute bilden daher einen wichtigen Untersuchungshintergrund. Die den Analysen zugrundeliegenden Forschungsfragen werden in drei Kategorien eingeteilt und nachfolgend aufgelistet:

Fragenkategorie 1: Gebäudebeschaffenheit und klimatische Rahmenbedingungen

Welche geometrischen und bauklimatisch relevanten Eigenschaften der ausgesuchten Objekte können den Gebäudeuntersuchungen (Messungen, Berechnungen und Simulationen) zugrunde gelegt werden?

Welche klimatischen Rahmenbedingungen sind aktuell an den ursprünglichen Errichtungsorten der transferierten Vergleichsobjekte vorherrschend?

Wann sind die Gebäude entstanden und welche Temperaturunterschiede sind für die jeweilige Errichtungszeit im Vergleich zu einer aktuellen Klimabetrachtungsperiode anzunehmen?

Welche Größenordnungsannahmen können für die Energiebedarfe der Wohnbereiche getroffen werden?

Welche Energiebedarfsniveaus müssten nach aktuellen Gebäudeanforderungen im Fall von größeren Gebäudesanierungen eingehalten werden, und welche Abweichungen ergeben sich gegenüber den für die angenommene Beschaffenheit der Ausstellungsobjekte errechneten Kennzahlen?

Fragenkategorie 2: Innenraumklima

Welche thermischen Verhältnisse bzw. welche Raum- und Oberflächentemperaturen sowie Luftfeuchtigkeiten sind in den Wohnbereichen der ausgesuchten Untersuchungsobjekte zu verschiedenen Jahreszeiten vorherrschend?

Wie können die ermittelten thermischen Gebäude- bzw. Raumeigenschaften im Kontext aktueller Komfort-Anforderungen interpretiert werden?

Welche natürlichen Raumbelichtungsverhältnisse sind in den Wohnbereichen der Untersuchungsobjekte gegeben?

Wie können die ermittelten Lichtverhältnisse im Kontext aktueller Belichtungs-Anforderungen interpretiert werden?

Fragenkategorie 3: Koinzidenzen von Standort- und Gebäudeeigenschaften

Welche Korrelationen zwischen den eruierten Gebäudecharakteristika und den klimatischen Eigenschaften ihrer ehemaligen Standorte können festgehalten werden?

Welche bauklimatisch relevanten Gebäudeeigenschaften stehen in möglicher Wechselbeziehung mit der Entstehungszeit der Vergleichsobjekte?

Tradition und aktueller Forschungsstand zu vernakulärem Bauen

Einen weiten Bogen der thematischen Auseinandersetzung mit vernakulären Gebäuden von der Antike bis in die Gegenwart spannt der Architekturprofessor und Bauforscher im Bereich regionaler Architektur und Siedlungsplanung Alfons Dworsky 2017 im Rahmen der Vorlesungsreihe „Interventionen im ländlichen Raum“ (TU Wien, LVA 260.372). Die dabei in Zusammenhang gebrachten Themenbereiche führen in der vorliegenden Arbeit zu vertiefenden Recherchen hinsichtlich historischer und soziokulturelle Entwicklungsvorgänge, die den flankierenden Hintergrund der Forschungsaktivitäten darstellen.

In der Renaissance bzw. nach der Eroberung Konstantinopels durch die Osmanen und durch den unsicher gewordenen Seehandel im östlichen Mittelmeer beginnen insbesondere im venezianischen Kulturkreis Investitionen in ländliche Gebiete und ein steigendes Interesse gebildeter Schichten an der Landwirtschaft und auch an Bauernhaustypen. (vgl. DWORSKY, 2014, S. 6)

Mitte des 18. Jahrhunderts findet der ländliche Raum als Kulturlandschaft und damit als Gesamtheit von Landschaft, Fluren, Dörfern und Häuser mit Menschen, Tieren und Pflanzen vermehrte Beachtung gebildeter Adelliger und Bürger, die sich der Landwirtschaft verschrieben haben. In Österreich vertraten Josef II (1741 – 1790) und Erzherzog Johann (1782 – 1859) die Einstellung, das friedliche, produktive, kultivierte Landleben müsse ein Ziel sein, das man durch liberale und merkantilistische Reformen

erreichen könne. Zwischen dem 16. und 18. Jahrhundert entwickelte sich mit der sogenannten Hausväterliteratur eine eigene Literaturgattung für wohlhabendere Bauern und Adelige, die als praktische Ratgeber mit Handlungsempfehlungen und Anleitungen unter anderem zu Themen der landwirtschaftlichen Betriebsführung diente.

Im 19. Jahrhundert emanzipierte sich die Volkskunde zu einer systematischen Wissenschaft, die auch an Universitäten anerkannt wurde. Parallel zum Aufbau der Nationalstaaten entstanden die ersten Kartenwerke der sich etablierenden Agrar-, Haus- und Siedlungsforschung. Die frühesten Bauernhausaufnahmen wie etwa des Bautechnikers und Historikers Anton Dachler (1841 – 1921), der mit der Karte der österreichischen Bauernhausformen ein großes Zeichnungswerk geschaffen hat, stammen aus dem späten 19. Jahrhundert. Um 1860 verfasste der Ökonom August Meitzen (1822 – 1910) ein mehrbändiges Werk mit dazugehörigem Atlas, das den Titel „Siedlung und Agrarwesen der Westgermanen und Ostgermanen, den Kelten, Römern, Finnen und Slawen“ trägt. Die darin noch repräsentierte „ethnische Siedlungsformenforschung“ und ethnische Schule ist mittlerweile jedoch sehr in den Hintergrund getreten. (vgl. DWORSKY & LEITNER, 2019, S. 7ff)

Der Kunsthistoriker Georg Wilbertz sieht 2010 in „Das Bauernhaus im frühmodernen Wiener Architekturdiskurs“ den Beginn einer intensiven Beschäftigung mit ländlicher Architektur in Österreich noch vor Mitte des 19. Jahrhunderts im Zusammenhang mit der Anpassung der Architektur an sich ändernde agrarische Produktionsweisen und Sozialstrukturen. Wichtige Impulse für die wissenschaftliche Beschäftigung mit dem Gegenstand Bauernhaus im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts gaben die Präsentationen bäuerlicher Bauten auf Weltausstellungen. (vgl. WILBERTZ, 2010, S. 134f) Als auf der Wiener Expo 1873 Bauernhaustypen mit vollständiger Hausratausstattung gezeigt werden, treffen zwei kulturelle Sphären aufeinander, die sich zu widersprechen bzw. auszuschließen scheinen: einerseits die „zurückgebliebene“ Welt der Bauern, andererseits die „fortschrittliche“ Welt der Städter. Beiden werden sich einander gegenwirkende Eigenschaften und Qualitäten zugesprochen, die in der Folge zu einer Idealisierung des ländlichen Raumes führen. So werden die bäuerliche Kultur und die durch sie geprägte Landschaft in Österreich bis zum Beginn des ersten Weltkrieges zu einem Sehnsuchtsort, städtischer und vor allem Wiener Eliten. Das Bauernhaus war in die Landschaft und ihre klimatischen Bedingungen integriert, zweckmäßig und funktionserfüllend bei Material- und Konstruktionsgerechtigkeit, verzichtete auf Nachahmung historischer Stile, und war formal und typologisch auf das Wesentliche reduziert. Damit sind jene Qualitäten genannt, die das Bauernhaus im frühmodernen Diskurs um „architektonische Wahrhaftigkeit“ zum Vorbild werden ließ. (vgl. WILBERTZ, 2010, S. 138) Rückbesinnung auf vernakuläre Bauweisen galt nicht als Indiz für Rückwärtsgewandtheit, sondern stellte bis vor dem Ersten Weltkrieg ein Element architektonischer Modernität dar. (vgl. WILBERTZ, 2010, S. 131) Wie die Architektin und Architektursoziologin Anita Aigner 2010 in „Vernakulare Moderne“ dazu ausführte, bedeutete das Folgen der Tradition auf dem Land etwa für Adolf Loos nicht die malerische Wirkung der Bauernhausarchitektur nachzuahmen, sondern bei Offenheit für Veränderungen auf regional vorherrschende Bauweisen und bewährte Handwerkskunst zurückzugreifen. (vgl. AIGNER, 2010, S. 301–305) Etwa um 1910 endete der Versuch, das Bauernhaus als Vorbild für eine reformorientierte, bürgerliche Ästhetik zu mobilisieren. Dennoch überlebte das „Modell Bauernhaus“ im Umfeld einer zusehends ins Nationale kippende Heimatschutzbewegung. Im Kontext einer radikaleren Moderne hatte die vormoderne Architektur jedoch jene konzeptionelle Relevanz verloren, die sie für kurze Zeit im frühmodernen Wiener Architekturdiskurs besessen hatte. (vgl. WILBERTZ, 2010, S. 131)

Ein wesentlicher Protagonist der österreichischen Siedlungsforschung im 20. Jahrhundert ist der Architekt und Bauforscher Adalbert Klaar (1900 – 1981), der rund 300 Bauernhausaufnahmen und in den 1930er Jahren die sogenannte „Siedlungsformenkarte der Reichsgaue [sic!] Wien, Kärnten,

Niederdonau, Oberdonau, Salzburg Steiermark und Tirol und Vorarlberg“ der österreichischen Bundesländer (Reichsgaue) anfertigte. Die synoptische und überlagerte Darstellung von Flur-, Orts- und Gehöftformen mit teilweise objektscharfen Eintragungen stellen dabei eine Besonderheit dar. Dworsky betont, dass vernakuläres Bauen über Jahrzehnte hindurch von der NS-Blut-und-Boden-Ideologie vereinnahmt, nach 1945 nationalsozialistisch besetzt war und daher vonseiten der Architekten als wissenschaftliches Betätigungsfeld gemieden wurde. Als einer der ersten griff Architekt Roland Rainer (1910 – 2004) in den frühen 1960er Jahren erneut die Thematik der sogenannten anonymen Architektur auf, und publizierte 1961 in „Anonymes Bauen: Nordburgenland“ Fotos und Luftaufnahmen, Ortspläne und Bauaufnahmen, die von Studenten angefertigt wurden. (vgl. DWORSKY & LEITNER, 2019, S. 7ff) Gleichzeitig entstanden ab 1960 in Europa parallel zum einem Strukturwandel in der Landwirtschaft Freilichtmuseen und damit verbunden Fragen der technisch-historischen Bauernhausforschung, die unter anderem vom Volkskundewissenschaftler und Gründer des Österreichischen Freilichtmuseums in Stübing Viktor Pöttler (1924 – 2013) bearbeitet wurden. (vgl. DWORSKY, 2014, S. 7) Dieser sieht den Baubestand von Freilichtmuseen als Anschauungsmaterial für Studierende, das Möglichkeiten zur Nachschau in Bezug auf technische und soziokulturelle Fragestellungen zum historischen Alltagsleben bietet. Die zwischen 1978 und 2001 erstellten Monographien zu ausgewählten Ausstellungsobjekten bilden wichtige Grundlagen für die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Forschungsaktivitäten.

Strategien der Adaption vernakulärer Gebäude an klimatische Standortverhältnisse bilden ein Schwerpunktthema in der 1997 vom britischen Architekturhistoriker Paul Oliver (1927 – 2017) herausgegebenen „Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World“. Diese ist ein aus drei Bänden bestehendes Nachschlagewerk, in dem die traditionelle Architektur der Welt nach Kulturregionen und unter anderem die Klimacharakteristika unterschiedlicher Gebiete und daran angepasste Bauformen und Materialverwendungen beschrieben werden. (COOK, 1997) Eine ähnliche und vor allem illustrative Zusammenstellung traditioneller und regionaltypischer Bauformen und Bauweisen aus mehr als 80 Ländern bildet die 2017 von der Architektin und Bauforscherin Sandra Piesik herausgegebenen Publikation „Habitat: traditionelle Bauweisen für den globalen Wandel“. (PIESIK, 2017)

Auch der deutsche Bauklimatiker und Haustechniker Gerhard Hausladen sieht 2012 in seiner Buchpublikation „Klimagerecht Bauen“ in der traditionellen Architektur Möglichkeiten verwirklicht, um klimatischen Herausforderungen baulich zu begegnen ohne sie ausschließlich mit Technik zu bewältigen. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2012, S. 7) Der amerikanische Gebäudetechniker Norbert Lechner liefert 2009 in „Heating, Cooling, Lighting“ Denkanstöße aus dem Bereich des vernakulären Bauens, die Architekten und Studenten beim Treffen von Entwurfsentscheidungen für die Konzeption und Realisierung energieeffizienter und nachhaltiger Gebäude unterstützen sollen. (LECHNER, 2009) Die Architektin Magdalena Daniel forscht in ihrer 2015 erschienen Dissertation zur Entwicklung von Heizungs- und Lüftungssystemen im 19. Jahrhundert, und liefert wichtige quantitative Anhaltspunkte in Bezug auf damals als adäquat erachtete, bauklimatische Raumcharakteristika. (DANIEL, 2015)

Im Umfeld des Institutes für Baugeschichte und Bauforschung der Technischen Universität Wien entstehen fortlaufend Publikationen, wissenschaftliche Texte und Abschlussarbeiten, in denen unter anderem klimatische Aspekte vernakulärer Architektur thematisiert und in kulturellen Kontext gestellt werden. Erich Lehner verdeutlicht 2017 in „Roots of Architecture“ die Entwicklung grundlegender Gebäudetypen und Konstruktionsmethoden indigener Architektur-Traditionen in Asien, Afrika, Amerika und Ozeanien innerhalb ihres jeweiligen technologischen und soziokulturellen Umfeldes. (LEHNER, 2016a)

Als Leiterin einer interdisziplinären Studie von Architekturgeschichte- und Bauforschungsexperten analysiert Caroline Jäger-Klein 2015 in „Untersuchungen zur Sonneneinstrahlung und natürlichen Lüftung in einem typischen historischen Wohnhaus in der Altstadt von Jeddah“ regionaltypische

Wohnhausformen und ihre Wechselwirkungen mit klimatischen Standortverhältnissen. (JÄGER-KLEIN u. a., 2015b) Ergebnisse daraus werden unter Beteiligung des Autors 2015 am „5th International Congress on Construction History“ in Chicago im Zuge der Präsentation „The Interrelation of Structure, Natural Ventilation and Daylight Input in the Historical Architecture of Jeddah, Saudi Arabia“ vorgestellt. (JÄGER-KLEIN u. a., 2015a) Die entstandenen Erkenntnisse bildeten zudem die Grundlage von Entwürfen für einen Gebäudeumbau an einem klimatisch anspruchsvollen Standort, die im Rahmen des Entwurfsprogrammes „Umbau und Sanierung des Al-Nawar House“ im Jahr 2013 (TU Wien, LVA. 251.727) von Studierenden formuliert wurden. Der Autor berechnet und quantifiziert 2016 und 2017 in der Seminararbeit „Klimabewältigung“, erstellt im Zuge der Lehrveranstaltung „Vernakuläre Architektur“ (TU Wien, LVA. 251.012) und insbesondere in „Learning from vernacular buildings“ bauklimatisch relevante Gebäudeeigenschaften ausgesuchter Fallbeispiele regional-traditioneller Bauten in Österreich als Beitrag für das „4th WTA international PhD symposium 2017“ in Delft. Dafür werden Teilergebnisse und angewandte Forschungsmethoden der vorliegenden Arbeit präsentiert und zur Diskussion gestellt. (vgl. RADINGER, 2017, S. 29ff) Die dabei in Bezug auf historische Klimaveränderungen und Bauforschungsmethoden thematisierten Aspekte waren für die weitere Arbeitsentwicklung von wesentlicher Bedeutung.

Im Institut erstellte Abschlussarbeiten wie etwa von Markus Mitrovic 2014 „Elementare Bauweisen im Vergleich“, Susanne Bozsing 2017 „Das österreichische Bauernhaus untersucht nach genderspezifischen und hierarchischen Verhältnissen im Vergleich zur internationalen vernakulären Architektur“ oder Elisabeth Ruecklinger 2017 „Die bäuerliche Hofform des Vierkanter“ verdeutlichen das Themenspektrum in der Auseinandersetzung mit dem traditionellen und regionalen baukulturellen Erbe.

Forschungsmethoden

Insbesondere im 19. Jahrhundert verändert sich das Bild einer traditionellen Landwirtschaft und damit auch Betriebsorganisation, Arbeitsmethodik und Baustrukturen. Aufgrund dieses Wandels sind historische Gebäude aus dem Umfeld des bäuerlich-ländlichen Baues in freier Landschaft und in ihrer ursprünglichen Beschaffenheit und Verwendung vielfach verschwunden bzw. nicht mehr zugänglich. Die Baubestände von Freilichtmuseen bieten jedoch Forschungsmöglichkeiten anhand von (translozierten) Originalobjekten und bei vergleichbaren äußeren Rahmenbedingungen. Zwar sind die Gebäude als Ausstellungsexponate nicht mehr in ursprünglicher Verwendung, eine möglichst authentische Wiedergabe war jedoch vorrangiges Ziel ihrer Übertragung und Wiedererrichtung.

Für die Beantwortung der eingangs erwähnten Forschungsfragen werden folgende zehn Fallbeispiele bäuerlicher, vernakulärer Architektur, die im Zeitraum von vier Jahrhunderten in unterschiedlichen Regionen entstanden sind und einen Teil des Gebäudebestandes des Österreichischen Freilichtmuseums in Stübing bilden, analysiert: das Naglerhaus, ein Einhof aus Schwarzenberg in Vorarlberg; der Hanslerhof, ein Einhof aus Alpbach in Tirol; das Salzburger Rauchhaus Stidlhansengütl aus Wals-Siezenheim; der Wohnbereich des Ringhofes Paule aus Ebene Reichenau in Kärnten; der Säuerling, ein Einhof aus Einach an der Mur in der Steiermark; der Wohnbereich des Paarhofes Laarer aus St. Nikolai im steirischen Enns- bzw. Sölketal; der Schwarzmayrhof, ein Vierkanter aus St. Ulrich bei Steyr in Oberösterreich; der Dreikanthof Brachhuber aus Arbesbach im niederösterreichischen Waldviertel; der Großschrotter, ein weststeirisches Gehöft aus Eggartsberg sowie das Berglerhaus, ein burgenländischer Hakenhof aus Neustift bei Güssing.

Für die Untersuchungen der Auswahlobjekte werden ihre geometrischen, bauklimatischen und energie-relevanten Merkmale sowie die naturräumlichen und klimatischen Eigenschaften ihrer ursprünglichen Umgebungen beschrieben und quantitativ erfasst. Die notwendige Datengrundlage wird durch ein Set an Analysemethoden aus Literatur- und Desktoprecherchen, Befragungen, geometrischen

Messungen, digitalen und physischen Modellrekonstruktionen, Berechnungen, analogen und digitalen Simulationen von Gebäudecharakteristika sowie Dokumentationen und Langzeitaufzeichnungen von innenraumklimatischen Parametern während mehrerer Sommer- und Winterperioden geschaffen. Darüber hinaus werden die recherchierten Ergebnisse von Klimarekonstruktionen für bestimmte Zeitabschnitte als Basis für Energiebedarfsberechnungen im Kontext der jeweiligen Errichtungszeit der analysierten Objekte herangezogen. Die Ergebnisse sind Grundlage für objektbezogenen Gebäudeportraits, und werden in eine Datenmatrix eingearbeitet. Dadurch können unterschiedliche Gebäudeparameter quantitativ und qualitativ verglichen und interpretiert werden. Zusätzlich erlaubt eine Timeline die Zusammenschau und zeitlichen Einordnung von klimatischen, klimahistorischen und soziokulturellen Besonderheiten als flankierende Rahmenbedingungen der Gebäudebetrachtungen.

Struktur der Arbeit

In der vorliegenden Dissertation werden Themenbereiche an den Schnittstellen von Baugeschichte, Bautechnik, Bauklimatik, Klimatologie und Sozialforschung im Kontext der Auseinandersetzung mit vernakulären Gebäuden berührt. Entsprechend den Anforderungen an Nachvollziehbarkeit und Verständnis über die wechselwirkenden Zusammenhänge werden diese in fünf Grundlagen- plus einem umfassenden Forschungskapitel dargelegt. Der strukturelle Arbeitsaufbau erlaubt es dabei dem Leser, die Interessensschwerpunkte auf einzelne Teilaspekte zu fokussieren.

Kapitel 1 erläutert Themenbereiche über naturräumliche und soziokulturelle Einflussfaktoren auf die Bildung von Flur-, Siedlungs- und Hausformen bzw. deren räumliche Strukturierung. Kapitel 2 beinhaltet Grundlagen der Klimatologie, Beschreibungen unterschiedlicher Klimaregionen in Österreich sowie klimahistorische Entwicklungen in Europa und Methoden ihrer Rekonstruktion. Kapitel 3 verdeutlicht bauphysikalische und bauklimatische Begriffsdefinitionen sowie quantitative und qualitative Anforderungen an das Innenraumklima. Kapitel 4 beschreibt bauliche Reaktionen zur Gebäudeadaptation an unterschiedliche klimatische Rahmenbedingungen und stellt Beispiele vernakulärer Architektur aus verschiedenen Klimazonen vor. Kapitel 5 nimmt Bezug auf räumliche und konstruktive Besonderheiten traditioneller Architektur in Österreich, und beschreibt auf Basis von Literaturrecherchen und den im Rahmen von Studienreisen erstellten Fotodokumentationen regionaltypische Hausformen aus den österreichischen Bundesländern. Darüber hinaus werden Konzepte zur Präsentation vernakulärer Bauformen aufgezeigt. Kapitel 6 beinhaltet die Beschreibung der empirischen Forschungsarbeit mit den angewendeten Methoden zur Beantwortung der Fragestellungen und erzielten Ergebnissen, deren Auswertungen auf Grundlage der in den vorangegangenen Kapiteln dargelegten, fachlichen Erläuterungen erfolgt.

Abschließend werden die Forschungsinhalte, die gewählten Untersuchungsmethoden und Ergebnisse im Rahmen von Schlussbemerkungen zusammengefasst und kritisch hinterfragt. Darüber hinaus werden der durch die Arbeit nun verfügbare Wissensstand und -zugewinn verdeutlicht und neue Forschungsansätze identifiziert. Die nachfolgende Systemmodellardarstellung zeigt den Arbeitsaufbau samt den Wechselbeziehungen zwischen Forschungs- und Grundlagenkapitel und den daraus resultierenden Ergebnissen.

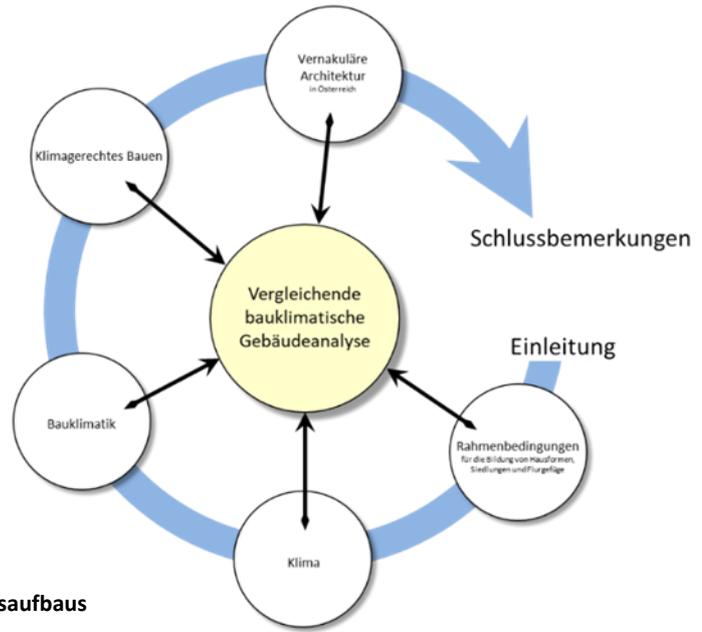


Abbildung 1: Systemmodell des strukturellen Arbeitsaufbaus

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Dissertation ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this doctoral thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



1 Rahmenbedingungen für die Bildung von Hausformen, Siedlungen und Flurgefüge

Die Diversität von Haus- und Gehöftformen sowie die Herausbildung unterschiedlicher Siedlungs- und Flurstrukturen ist das Ergebnis komplexer Entwicklungsvorgänge, für die verschiedene ökonomische, naturräumliche und soziokulturelle Rahmenbedingungen verantwortlich sind. Die Frage nach den primär wirksamen Einflussfaktoren ist dabei schwer zu klären, da selbst bei ähnlichen äußeren Gegebenheiten und Zielsetzungen unterschiedliche Ergebnisse entstehen konnten.

Klimatische Rahmenbedingungen, die im Rahmen dieser Arbeit schwerpunktmäßig betrachtet werden, ziehen etwa bauliche Reaktionen bei der Anordnung von Schutzvorrichtungen an wetterexponierten Bauelementen nach sich, und beeinflussen Gebäudeorientierung und Grundrissgestaltung. In niederschlagsreichen Gebieten mit niedrigen Temperaturen wird größtmögliche Kompaktheit einzelner Bauteile angestrebt, die beispielsweise durch mehrgeschossige, kubische Baukörpergeometrien mit innenliegenden Verbindungsflächen und Wirtschaftstrakten erreicht wird. Bodenbeschaffenheit und Vegetation beeinflussen das Entstehen von Gebäudetypen und deren Bauweisen durch die Verfügbarkeit von Baustoffen wie Stein, Lehm, Nadel- oder Laubholz. Topographische Rahmenbedingungen sind hinsichtlich der Schaffung von Nutzfläche wiederum dann ausschlaggebend, wenn Bauformen mit geringer Ausbreitungslimitierung im Flachland (z. B. überlange Streckhöfe im pannonischen Raum) jenen aus alpinen Hanglagen gegenübergestellt werden, bei denen Geschoßbildung vorliegt. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 65f)

In ebenen Lagen sind in der Regel Betriebe für den Anbau von Feldfrüchten angesiedelt, die optional die Möglichkeit der Viehzucht für Milch-, Fleisch und Bodendünger bieten. Meist handelt es sich dabei um Mehrbausysteme, bei denen große Scheunenbauten in den Vordergrund rücken. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 69f) Sie setzen sich vielfach aus Wohngebäuden, einem mäßig großen Stall und Wirtschaftsbereichen mit Bergeräumen sowie Fahrzeugunterständen zusammen. (Viehzucht nahm in ebenen Lagen bis zu Beginn des 19. Jahrhunderts ab, seitdem im Interesse der Düngererzeugung bedeutend zu.) In höher gelegenen Gebieten werden Kornfrüchte nur für den Eigenbedarf und zur Stallstreugewinnung angebaut. Die Gehöfte setzen sich daher meist aus Wohnhaus und Wirtschaftsbereich mit Stall und darüber liegenden Futterräumen zusammen. Einzelgebäude sind oft zu einfirstigen Häusern vereinigt. (vgl. DACHLER, 1906, S. 35f)

In früheren Forschungsarbeiten wird die ethnische Zugehörigkeit von Siedlern als wesentliches Kriterium für die Entstehung von typischen Orts-, Flur- und Gehöftformen angesehen. Dachlers im Jahr 1906 publizierte Definitionen für Bayrische, Fränkische und Alemannische Gehöfte basiert noch auf der Grundlage einer sogenannten Stammesherkunft. Streckhöfe, Haken- und Dreiseithöfe, Vierseithöfe und Weinbauernhäuser werden dem Typus des Fränkischen Gehöftes zugeordnet. Als Bayrisches Gehöft werden Paar- und Haufenhöfe, Kreuzhöfe (Doppel-T-Höfe) sowie Bayrische Drei- und Vierseithöfe genannt, deren Unterschied zum Fränkischen Gehöft darin besteht, dass die Stallgebäude nicht in Verlängerung zum Wohngebäude, sondern parallel oder im rechten Winkel dazu angeordnet sind. Beim Alemannischen Gehöft weisen die Wohntrakte Ähnlichkeiten zu fränkischen, die Wirtschaftsbereiche zu bayrischen Gehöftformen auf. (vgl. DACHLER, 1906, S. 39ff) Da diese Sichtweise großteils überwunden ist, werden in der jüngeren Forschung vor allem die verschiedenen Besiedlungsperioden, das Fortwirken spätmittelalterlicher Territorialgrenzen und die jeweiligen politischen Verhältnisse als ausschlaggebend erachtet. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 66f)

Verordnungen der Obrigkeit beeinflussen die Gehöftbildung zunächst vor allem in geschlossenen Dorfgebieten. Im alpinen Bereich werden Bauholzangel und eingeschränkte Holzbezugsrechte dafür ausschlaggebend. Dadurch wird die Stein- und Mauerbauweise gefördert und eine Reduzierung der Anzahl an Einzelgebäuden angestrebt. Feuerpolizeiliche Verordnungen bzw. Brandschadensversicherungen und die damit einhergehenden Mauerungen von Kaminen und Fängen, Verbote von Rauchstuben und die Abkehr von Strohdächern beeinflussen die Entwicklung von Hofstellen ebenso wie die allgemeinen Rechtsverhältnisse und ihre oft unterschiedliche Handhabung durch einzelne Grundherrschaften sowie die soziale Rangordnung des Bauernstandes insgesamt.

Wesentlich für die Differenzierung von Gehöftformen ist die Betrachtung der jeweiligen Wirtschaftsweisen als Viehwirtschafts- oder Getreideanbaubetriebe, deren Unterschiede sich zum Beispiel in der Größe von Tennenbereichen bzw. Scheunen- und Bergebauten zeigen. Arbeitsökonomische Gesichtspunkte kommen im Zuge jüngerer Entwicklungen etwa durch den Mangel an Arbeitskräften zum Tragen. Dafür werden einzelne Gebäudeteile entsprechend ihrer Funktion und dem täglichen Arbeitsablauf unter größtmöglicher Wegersparnis miteinander verbunden. In engem Zusammenhang mit baulichen Maßnahmen stehen auch die oft umfangreichen Betriebsmechanisierungen, die vielfach zu Veränderungen der Grundrissformen führen. Durch nachträgliche Besitzvergrößerungen entstehen komplexere Typengruppen, wenn etwa eine Weiterentwicklung von Streck- zu Haken- und Zwerchhöfen erfolgt. Es kann aber auch zur Auflösungen von bestehenden Grundtypen kommen, wenn beispielsweise Einhöfe zu Haken- oder T-Formen umgebildet werden. Umgekehrt kommen Betriebsverkleinerungen weniger in der Bausubstanz als durch einen Funktionswandel zum Ausdruck. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 68f)

Hausformen und Raumstrukturen sind zudem von soziokulturellen Faktoren beeinflusst. Die Auseinandersetzung mit der Architektur-Interpretation Dworskys, die diese als Rahmen für soziale Ereignisse versteht, fördert das Bewusstsein für die Entstehung von räumlichen Ausprägungen, die architektonisch gestaltet aber auch immateriell sein können. In jedem Fall beziehen sie sich auf Ereignisse und damit beobachtbares, zwischenmenschliches Geschehen. (vgl. DWORSKY, 2018a, S. 7) Durch die Betrachtung von raumbezogener menschlicher Interaktionen und Kommunikation, von Ritualen, Gepflogenheiten etc. entsteht ein Verständnis für die unterschiedlichen Formen der Raumorganisation in bäuerlichen Wohn- und Lebensumgebungen.

An der im 19. Jahrhundert einsetzenden wissenschaftlichen Erforschung ländlicher und bäuerlicher Hausformen sind von Beginn an verschiedene Wissenschaftsdisziplinen beteiligt: die Volks- und Völkerkunde ebenso wie Architektur-, Geschichts- und Sprachwissenschaften, Agrar- und Siedlungsgeographie, in jüngerer Zeit auch Archäologie und Kunstgeschichte. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 73ff) Im Sinne einer interdisziplinären Betrachtungsweise werden im folgenden Kapitel natürliche, wirtschaftliche und soziokulturelle Einflussfaktoren sowie flankierende Umstände für die Bildung unterschiedlicher Siedlungs- und Flurstrukturen und die Entstehung von Gehöftformen erläutert.

1.1 Naturräume und Kulturlandschaften

Grundlage jeder Art von Wertschöpfung, der natürlich vorkommende Materialien zugrunde liegen, sind die jeweiligen geologischen Rahmenbedingungen einer Region. (vgl. HOFMANN & SCHÖNLAUB, 2007, S. 9) Österreich hat Anteil an einer großen Anzahl unterschiedlicher geologisch-tektonischen Großeinheiten. Das ist die Hauptursache für die landschaftliche Vielfalt des Landes, dessen Grenzen im Norden durch ein Stück der Böhmisches Masse abgegrenzt werden. Im flächenmäßig dominierenden Gebirgskörper der Ostalpen drückt sich der komplexe Aufbau eines eng gepressten Falten- und Deckengebirges mit dazwischenliegenden Beckenlandschaften aus. (vgl. KRENMAYER, 2007, S. 23)

1.1.1 Geologische Rahmenbedingungen

Vor 500 - 200 Millionen Jahren entstanden im Zuge kaledonisch-variskischer Gebirgsbildung verschiedene europäische Gebirge, die heute stark abgetragen sind und von denen sich acht kleinere Gebirgskörper zu den heutigen Alpen vereinigten. Sie sind aufgrund der doppelten Gebirgsbildung durch besonders hartes Gestein gekennzeichnet, das heute die höchsten Alpengipfel aufbaut. In der Phase der Sedimentation vor 230 - 100 Millionen Jahren bildete sich im Bereich der heutigen Alpen und des Mittelmeeres durch das Auseinanderdriften der afrikanischen und europäischen Kontinentalplatten das Tethys-Meer, auf dessen Boden Sedimente abgelagert, verfestigt und zu jenen Gesteinen umgewandelt wurden, die heute die Alpen aufbauen. Dabei bildeten sich durch schmale Landbrücken getrennte Sedimentationsbecken, die von Geologen als Helvetikum, Penninikum, Ostalpin und Südalpin bezeichnet werden. In den Sedimentationsbecken lagerten sich verschiedene Schichten mit unterschiedlichen Qualitäten ab, die die heutige Gesteinsvielfalt begründen und kleinräumige geologische Ausgangssituationen schaffen.

Die alpidische Faltung vor 100 - 30 Millionen Jahren entstand aufgrund der gegen die variskischen Gebirge (Französisches Zentralmassiv, Vogesen-Schwarzwald-Massiv und der Böhmisches Platte) schiebenden Afrikanischen Platte, wodurch sich die typische West-Ost-Kettenform und der bogenförmige Verlauf der Westalpen bildeten. Die Sedimentdecken des Tethys-Meeres wurden verfestigt und zusammengefaltet, wobei der Druck in den Westalpen deutlich höher war als in den Ostalpen. Durch den Druck der Afrikanischen Platte entsteht seit etwa 30 Millionen Jahren die alpidische Hebung, bei der die Gesteinsdeckungen weiter nach Norden und teilweise übereinander geschoben werden. Wenn größere Gesteinsdecken abrutschen oder durch Erosion abgetragen werden, wird die darunterliegende Gesteinsdeckung sichtbar. Man spricht dann von einem geologischen Fenster. Normalerweise halten sich die Kräfte der Hebung und des Abtragens durch Wasser und Eis in etwa die Waage. Ohne den ständigen Abtrag wären die Alpen heute etwa 8000 m - 10 000 m hoch. Frühere Hebungsphasen sind im Gelände feststellbar: Jede Phase schafft eine Art gewellter Hochfläche, die vom Rand her von Flüssen angegriffen und abgetragen wird. Bevor dies vollständig geschieht, setzt die nächste Hebungsphase an. Auf diese Weise entsteht eine Art Stockwerksbau, dessen Ebenen im Alpeninneren teilweise gut sichtbar sind. Das erklärt, weshalb man auf bestimmten Höhenstufen zum Beispiel um 2000 m, 2500 m, 3000 m auf relativ große ebene Flächen trifft.

Unter dem Gesichtspunkt der menschlichen Nutzung kommt den verschiedenen Gesteinsqualitäten eine zentrale Bedeutung zu. Die Gesteine der alten Massive (kristalline Gesteine, Granite und Gneise) sind aufgrund der doppelten Überformung sehr hart, sodass ihr Zerfall und damit auch die Bodenbildung sehr langsam vor sich gehen. Sedimentgesteine umfassen sowohl hartes (Dolomit, Kalkstein) als auch weiches Gestein (Bündner Schiefer, Flysch), das gute Bodenbildung aufweist, jedoch auch leicht erodierbar ist. Die weitverbreiteten Kalke sind aufgrund der unterirdischen Wasserabflüsse sehr siedlungsfeindlich. Als Molasse bezeichnet man jene Gesteine, die ursprünglich als Ablagerungsschutt von Gletschern und Flüssen aus dem Gebirge abtransportiert wurden und später noch in die alpidischen Hebung einbezogen wurden. Es handelt sich um Gesteine, die dem Menschen befriedigende bis gute Nutzungsmöglichkeiten bieten. (vgl. BÄTZING, 2015, S. 26ff)

Der höchste und zentralste Alpenteil im Bereich des Alpenhauptkammes besteht praktisch durchgehend aus sehr hartem Gestein, das dem Menschen aufgrund der schlechten Bodenbildung und der großen Höhe nur bescheidene Nutzungsmöglichkeiten bietet. Nördlich und südlich davon schließt ein Band mit weicheren Gesteinen an, in das sich die großen inneralpinen Längstäler, wie das Inn-, Salzach- und Ennstal eingetieft haben. Diese Regionen stellen aufgrund ihrer gut entwickelten Bodenbildung ausgesprochene Gunsträume für die menschliche Nutzung dar. Nach außen hin zum Alpenrand schließen die Nördlichen und Südlichen Kalkalpen an, die einen Ungunstraum darstellen und

die Alpen vom Umland isolieren. Der schmale Alpenrand vor den Kalkalpen ist aufgrund des vorherrschenden weichen Gesteins und der geringen Seehöhe für die menschliche Nutzung wiederum sehr günstig. (vgl. BÄTZING, 2015, S. 29f)

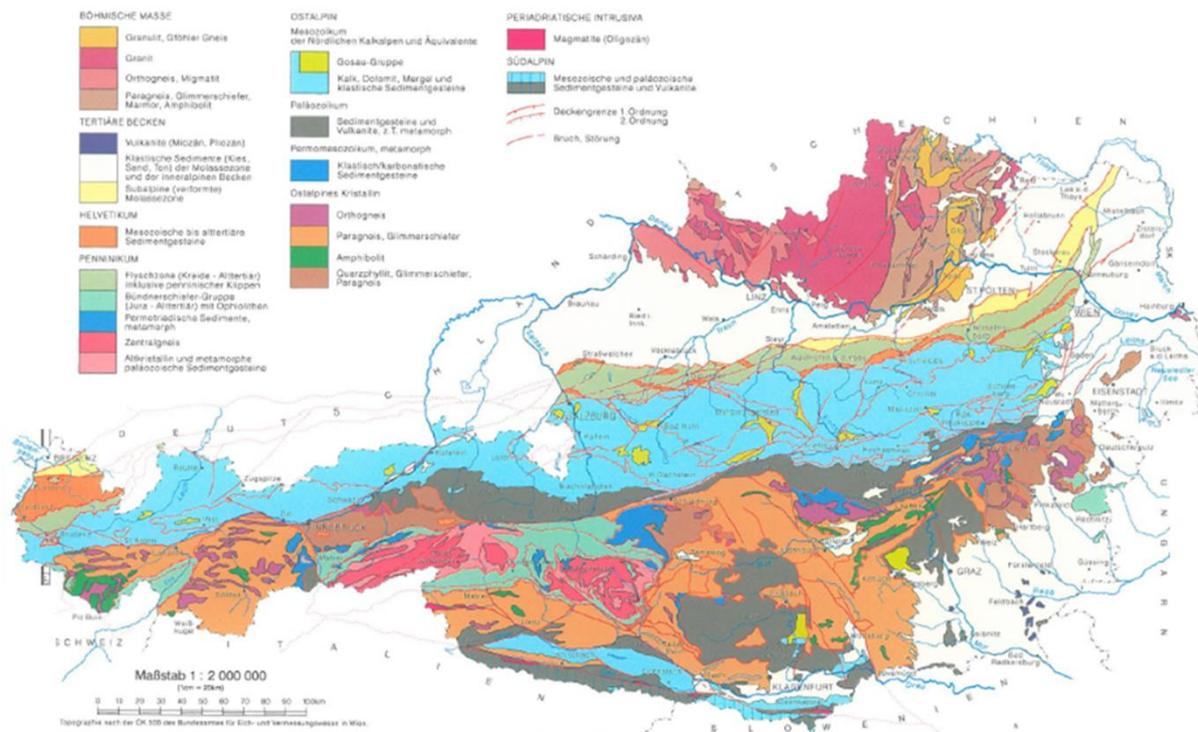


Abbildung 2: Geologische Übersichtskarte des österreichischen Bundesgebietes (Geo-Atlas Österreich, S.24, vergrößerte Legende siehe Anhang)

1.1.2 Landbewirtschaftung

Den obersten Bereich der Erdkruste, der durch Verwitterung sowie natürliche oder anthropogene Um- und Neubildung entstanden ist, und weiter verändert wird, bezeichnet man als Boden. Er besteht aus festen, organischen und anorganischen Materialien, aus Wasser und den darin gelösten Stoffen sowie mit Luft gefüllten Hohlräumen, und steht in Wechselwirkung mit unterschiedlichen Lebewesen. Im Mineralanteil von Böden widerspiegelt sich das Ausgangsmaterial der Bodenbildung. Bodenübersichtskarten zeigen daher Verteilungsmuster, die der geologischen Übersicht ähnlich sind. Die Mächtigkeit von Böden, ihre Durchlässigkeit und ihr Speichervolumen bestimmen die Menge des oberflächlichen Wasserabflusses, die Grundwasserneubildung und die Pflanzenverfügbarkeit. So besteht eine enge Verbindung zwischen Bodentypen und Wasserhaushalt eines Standortes. (vgl. PETICZKA u. a., 2007, S. 83) Die heutige Verteilung der natürlichen bzw. durch menschliche Eingriffe entstandenen Bodendeckung geht auf die nacheiszeitliche und durch mehrerer Klimaschwankungen bedingte Entwicklung des Alpenraumes sowie auf die in der Jungsteinzeit beginnende Sesshaftigkeit des Menschen mit der damit verbundenen Landnutzung zurück. (vgl. FÜRST & HAFNER, 2007, S. 81)

In einer 2005 herausgegebenen Studie des Umweltbundesamtes zur Erforschung der biologischen Vielfalt in Österreichs Landschaften wird aktuell zwischen zwölf Landschaftstypen, die nach den jeweils dominanten Landnutzungssystemen eingeteilt sind, unterschieden. Zusammengefasst sind es Kulturlandschaften der alpinen und subalpinen Stufe, walddominierte Kulturlandschaften, Kulturlandschaften mit vorwiegender Grünlandnutzung, Kulturlandschaften mit Getreide- und Futterbau, Wein- und Obstbaulandschaften sowie Siedlungs- und Industriegebiete. (vgl. Wrbaka u. a., 2005, S. 19)

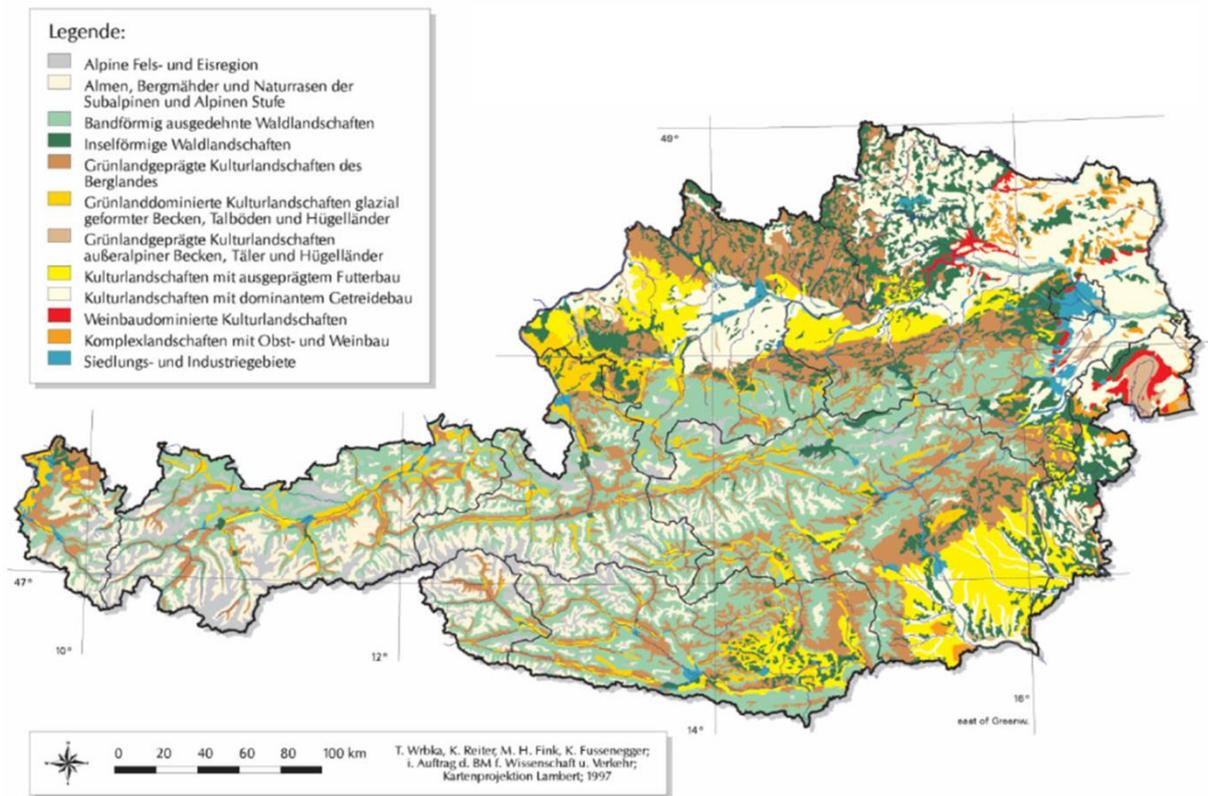


Abbildung 3: Typenreihen der österreichischen Kulturlandschaften (Wrbaka et.al., 2005, S.21, vergrößerte Legende siehe Anhang)

A Fels und Eisregion

Fels- und Eisregionen umfassen zumeist naturnahe und vom Menschen nur wenig in Anspruch genommene Landschaften, die mit einer Gesamtausdehnung von 4450 km² etwa fünf Prozent des österreichischen Bundesgebietes einnehmen. Sie sind einerseits im teils vergletscherten Hochgebirge der vorwiegend aus Kristallingestein aufgebauten Zentralalpen und andererseits in den Plateaubergen und Kettengebirgen der nördlichen und südlichen Kalkalpen angesiedelt. An wenigen Orten reicht ausgedehntes Felsgelände auch bis in tiefe Lagen wie beispielsweise in den Bergsturzgebieten des Tschirgant und der Maurachschlucht in Tirol sowie der Schütt am Südfuß des Dobratsch in Kärnten. (vgl. WRBAKA u. a., 2005, S. 24f)

B Almen und Bergmäher

Die Kulturlandschaften der Almen, Bergmäher und Naturrasen liegen auf subalpinen und alpinen Geländestufen. Es handelt sich um durch Rodung der Bergwälder entstandene, beweidete oder unbeweidete Bereiche im alpinen Höhenstockwerk, die auch durch das Anlegen von Schipisten und den damit verbundenen Gelände Korrekturen und Bauwerken stark beeinflusst sein können. (vgl. WRBAKA u. a., 2005, S. 25f)

C Bandförmig ausgedehnte Waldlandschaften

Als bandförmig ausgedehnte Waldlandschaften sind Regionen wie die walddominierten alpinen Talflanken und die Auwaldbänder entlang großer Flüsse zusammengefasst. Sie sind an den steilen und felsigen Abhängen der hochalpinen Trogtäler dominierend, ihr Entstehen in den Voralpen ist meist an gleichmäßig geböschte Geländeformen gebunden, wie sie in Bergrücken-, Schneisen- oder Plateaulandschaften zu finden sind. (vgl. WRBAKA u. a., 2005, S. 26)

D Inselförmige Waldlandschaften

Waldgebiete, die im Laufe der Kulturlandschaftsentwicklung zu Inseln wurden, nachdem das zuvor zusammenhängende Waldland gerodet und zerstückelt worden war, werden in inselförmige Waldlandschaften zusammengefasst. Solche Entwicklungsvorgänge sind für nahezu alle klimatisch begünstigten Regionen Österreichs typisch, namentlich für die Vorländer und Becken wie das Innviertel, das Weinviertel oder das steirische Riedelland, in abgeschwächter Form auch für die Hochlagen des Wald- und Mühlviertels. (vgl. WRBAKA u. a., 2005, S. 28)

E Grünlandgeprägte Kulturlandschaft des Berglandes

Etwa 17 % des österreichischen Staatsgebietes sind grünlandgeprägte Kulturlandschaften des Berglandes. In diesen auf 600 m bis 1900 m Seehöhe gelegenen Regionen dominieren Wiesen und Weiden als landwirtschaftliche Nutzflächen. Die meisten dieser Landesteile wurden im Zuge der Kulturlandschaftsentwicklung gegen Ende des Hochmittelalters bzw. in der Neuzeit etabliert. Charakteristisch sind die so genannten Einöbblockfluren, in denen Wiesen und Weiden als große Blockparzellen rund um Einzelgehöfte platziert sind. Bis in die jüngere Vergangenheit waren für viele dieser heute grünlanddominierten Kulturlandschaften gewisse Ackeranteile typisch, da Brotgetreide aus Gründen der Selbstversorgung bis in hohe Lagen angebaut wurde. (vgl. WRBAKA u. a., 2005, S. 29)

F Grünlanddominierte Kulturlandschaft glazial geformter Becken, Talböden und Hügelländer

Grünlandgebiete in den Tieflagen des Alpenraumes, die durch Ablagerungen der eiszeitlichen Gletscher entstanden sind, finden sich in den rand- und inneralpinen Seebecken bzw. den Eiszerfallslandschaften (postglazialen Landschaften) der ehemaligen Salzach-, Traun- und Draugletscher. Während des Höchststandes der Vereisung waren diese bis in das westliche Alpenvorland bzw. in das Kärntner Becken vorgestoßen, und haben dort von Moränenwällen begrenzte Wannens ausgeschürft, die heute von Seen gefüllt sind. Die flacheren Seen dieser Regionen zeigen starke Verlandungstendenzen, manche haben sich bereits zu Mooren umgewandelt. (vgl. WRBAKA u. a., 2005, S. 31)

G Grünlandgeprägte Kulturlandschaft außeralpiner Becken, Täler und Hügelländer

Die Verbreitungsgebiete grünlandgeprägter Kulturlandschaften außeralpiner Becken, Täler und Hügelländer sind auf spezielle Standorte der Alpenvorländer und des Granit- und Gneishochlandes beschränkt. In der Regel wird das Landschaftsbild in diesen Regionen von der ackerbaulichen Nutzung und damit vom Anbau von Getreide, Mais oder Feldfutterpflanzen bestimmt. Wiesen und Weideland sind hier beispielsweise auf die überschwemmungsgefährdeten Böden in den Talauen der Bäche und Flüsse, aber auch auf die grundwassernahen oder salzhaltigen Böden der Einbruchbecken im Osten Österreichs zurückgedrängt. Die Kulturlandschaften der Mitterndorfer Senke im Wiener Becken, das Neusiedlersee Becken mit dem Schilfgürtel und Bereiche des Seewinkels, das Marchtal und die Leithaniederung sowie breitere Täler im nördlichen und südlichen Alpenvorland, im westlichen Wein- und im östlichen Waldviertel sind dieser Typenreihe zuzuordnen. (vgl. WRBAKA u. a., 2005, S. 32f)

H Kulturlandschaft mit ausgeprägtem Feldfutterbau

Kulturlandschaften mit ausgeprägtem Feldfutterbau umfassen etwa acht Prozent der Landesfläche und damit einen bedeutenden und anwachsenden Anteil an Agrarlandschaften Österreichs. Sie beinhaltet vor allem jene Regionen, in denen Viehzucht für die Fleischproduktion betrieben wird, was sich im Landschaftsbild durch den großflächigen Maisanbau zeigt. Übergangsgebiete, in denen auch Milchproduktion mit reiner Stallhaltung betrieben wird, weisen zudem ein charakteristisches Gemenge von Intensivwiesen und -äckern auf. (vgl. WRBAKA u. a., 2005, S. 34)

I Kulturlandschaft mit dominantem Getreideanbau

Kulturlandschaften mit dominantem Getreideanbau dienen vorwiegend der Produktion von Brot- und Futtergetreide aber auch dem großflächigen Anbau von Feldgemüse und Zuckerrüben. Die Viehwirtschaft ist hier eher unbedeutend. Die intensive Landwirtschaft ist auch aus statistischen Kennwerten abzulesen. So beträgt etwa der Handelsdüngerverbrauch in diesen Regionen das Vierfache gegenüber dem der grünlanddominierten Berggebieten. (vgl. WRBAKA u. a., 2005, S. 36f)

J Weinbaudominierte Kulturlandschaft

Weinbaudominierte Kulturlandschaften im trocken-warmen Osten Österreichs weisen in Hangzonen ein dichtes Netz an Terrassenböschungen und Hohlwegen auf, und gelten als hochvernetzte Kulturlandschaften. Im Gegensatz dazu tritt die junge und strukturärmere Intensivweingebirgslandschaft des Seewinkels als Schachbrettlandschaft in Erscheinung. (vgl. WRBAKA u. a., 2005, S. 38)

K Komplexlandschaften mit Obst- und Weinbau

Bei Komplexlandschaften mit Obst- und Weinbau treten die Riede der Weingärten nicht in Form geschlossener Lagen auf, sondern sind vielfach von anderen Nutzflächen wie Äckern, Mähwiesen und Obstgärten durchsetzt. Teils ist dieses Phänomen auf die Reblauskatastrophe Ende des 19. Jahrhunderts zurückzuführen, nach der viele Weingärten nicht mehr wiederbepflanzt wurden. Dies trifft vor allem auf das Wiener Umland und das Weinviertel zu. Allerdings gibt es auch Regionen, in denen Wein traditionellerweise für den Hausgebrauch und daher nur auf kleinsten Flächen angebaut wurde wie etwa in manchen Teilen des Südburgenlandes und der Oststeiermark. Die Grenze zu weinbaudominierten Kulturlandschaften kann nicht überall scharf gezogen werden, jedoch kann das regelmäßige oder sogar dominante Auftreten anderer Nutzflächen als wichtiges Erkennungskriterium dieses Landschaftstyps gelten. In ehemaligen Weinbaugebieten speziell in der Oststeiermark erfolgte eine Spezialisierung auf Erwerbsobstbau, bei der die Landschaftsstruktur in ähnlicher Form erhalten blieb, weshalb solche Regionen ebenfalls dieser Typenreihe angeschlossen sind. (vgl. WRBAKA u. a., 2005, S. 39f)

L Siedlungs- und Industriegebiete

Als Siedlungs- und Industriegebiete sind grundsätzlich alle verbauten Bereiche des Bundesgebietes zusammengefasst. Bei Zugrundelegung einer maßstäblichen Mindestgröße, die der einer Bezirksstadt entspricht, werden insgesamt zwei Prozent der Landesfläche Österreichs dieser Typenreihe zugeordnet. Sie beinhaltet groß-, mittel- und kleinstädtische Ballungsräume, Verdichtungsgebiete entlang überregionaler Verkehrsachsen, historisch gewachsene und jüngere Industrie- und Siedlungslandschaften sowie großflächigen Tagebau. (vgl. WRBAKA u. a., 2005, S. 40f)

1.2 Landerschließung und -besiedelung

Insbesondere die Eiszeiten haben die Alpen zu einem siedlungsfreundlichen Gebirge umgewandelt. Durch die Gletscher wurden Alpentäler erweitert, und es entstanden verkehrstaugliche Passübergänge. Darüber hinaus hinterließen die Gletscher an den Talhängen charakteristische Verebnungen (Terrassen), die später als bevorzugte Siedlungsplätze und Nutzungsflächen erschlossen wurden. Außerdem begünstigte das von den Gletschern mittransportierte Moränenmaterial die Bodenbildung. Der Gletscherrückgang hinterließ tief ausgeschürfte, U-förmige Täler. (vgl. BÄTZING, 2015, S. 31) Während der letzten Eiszeit, die Würmeiszeit hatte um 22 000 v. Chr. ihr Maximum erreicht, waren die Alpen unbewohnbar. Die mittlere Sommertemperatur war im Vergleich zu heute um etwa 10 °C kälter. Der alpine Eisschild erreichte eine Mächtigkeit von 2000 m - 3000 m, und bedeckte eine Fläche von 150 000 km². Gleichzeitig lag der Meeresspiegel 120 m tiefer. Ab etwa 8000 v. Chr. erreichten die Temperaturen ein mit heute vergleichbares Niveau.

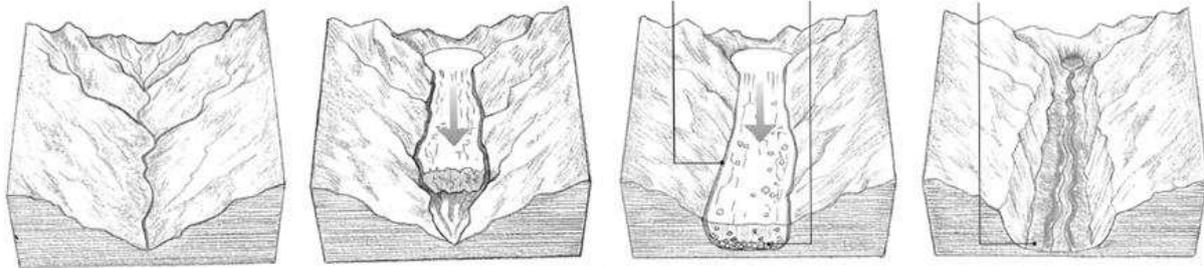


Abbildung 4: Blick vom Sölkpass nach Norden ins Sölkta

Abbildung 5: Trogtalbildung: Flusstal im Gebirge und Auskerbung eines V-Tals, Schnee wird in der Eiszeit zu einem talwärts fließenden Eisstrom, Eisströme brechen Gesteinsfragmente vom Grund und den Hängen der Talung, nach dem Gletscherrückzug verbleibt ein glaziales Trogtal (Yarham, 2005, S. 108)

Nach dem Rückzug der letzten eiszeitlichen Gletscher um 13 000 v. Chr. drangen mittelsteinzeitliche Jägergruppen in den Alpenraum vor. (vgl. MÄRTIN & RANSMAYR, 2017, S. 13f) Ab 7000 v. Chr. besiedelten die ersten Bauerngesellschaften, die aus dem Vorderen Orient stammten, Südosteuropa, und kamen auf zwei Wegen in den Alpenraum: Einmal erreichten sie um 6500 v. Chr. den Südwestrand der Alpen über das Mittelmeer und zum anderen um 5500 v. Chr. den Ostrand über die Donau. Die erste Auswirkung besteht in der Verdrängung von Jäger- und Sammlergesellschaften aus den Gunst- in die Ungunstlandschaften. Der Naturraum der Alpen war seit jeher aufgrund seiner dichten Waldbedeckung und seiner stets überschwemmungsgefährdeten Talböden für eine bäuerliche Nutzung nur bedingt geeignet. Das gilt besonders für den Ackerbau. Etwas besser ließ sich Viehwirtschaft betreiben, bei der die Tiere in Talauen, Wäldern und auf alpinen Rasen oberhalb der Waldgrenze durchaus gute Weidemöglichkeiten vorfinden konnten. Darum entwickelten sich im Alpenraum zwei verschiedene Formen der Landnutzung: die Transhumanz- und die Selbstversorger- bzw. Subsistenzlandwirtschaft. Bei ersterer werden Tiere bevorzugt Schafe im Sommer auf die Almen gebracht und im Winter in tieferen Lagen versorgt. Diese Transhumanz- oder Wanderschafhaltung war mit langen Viehwanderungen verbunden, und hat sich in manchen Regionen bis heute erhalten. Die Subsistenzwirtschaft betrieb im gleichen Raum sowohl Ackerbau als auch Viehwirtschaft. Während sich die transhumane Almwirtschaft wenig veränderte, entwickelte sich die Subsistenz- oder Selbstversorgerlandwirtschaft noch vor Beginn der Römerzeit zu einem komplexen Nutzungssystem, bei dem der wärmebedürftige Ackerbau in Tallagen und Almwirtschaft mit ausgedehnten Weideflächen in Hochlagen kombiniert wurden. (vgl. BÄTZING, 2015, S. 48ff)

1.2.1 Frühgeschichte und Altertum

Durch die verschiedenen Arten der Landbewirtschaftung ab dem fünften Jahrtausend v. Chr. wurden umfangreiche Rodungen zur Schaffung von Ackerland vorgenommen. In Verbindung mit extensiver Viehhaltung stiegen dadurch die CO₂-Werte in der Luft, was zur Entstehung eines feuchtwarmen Klimas, dem sogenannten Atlantikum (6000 – 3400 v. Chr.), führte und eine Anhebung

der Baumgrenze zur Folge hatte. Die Verwendung neuer Werkzeuge und Ackerbaumethoden ermöglichte die Bewirtschaftung größerer Felder mit höherem Ernteertrag. Die Landschaft erhielt ein mosaikartiges Aussehen mit kultivierten, beweideten sowie auch von Wald durchsetzten, kaum genutzten Anteilen. Dieser Typus der halboffenen Landschaft prägte den Alpenraum bis zum Frühmittelalter.

Mit dem Beginn der Metallurgie und dem Abbau von Kupfer (im Alpenraum ab dem Ende des 4. Jahrtausends v. Chr.) zur Verarbeitung zu Dolchen, Beilen und Schmuck wurden Handelswege über Pässe für den Warenaustausch notwendig. Die Berufsstände der Schmiede, Bergleute und Händler entstanden und mit ihnen unterschiedliche Eigentumsverhältnisse und soziale Hierarchien. (vgl. MÄRTIN & RANSMAYR, 2017, S. 16ff) Mit Bronze und damit einer Legierung aus Kupfer und Zinn etablierte sich ein härteres Metall, das der Epoche der Bronzezeit (2200 - 800 v. Chr.) ihren Namen gab und Steinwerkzeuge immer mehr verschwinden ließ. Da Kupfer und Zinn geologisch nicht am gleichen Ort auftreten, entstand ein weitgespannter Fernhandel, der die Zinnlagerstätten in Spanien, Südengland, den deutschen Mittelgebirgen, in der Bretagne und in Kroatien mit den Kupfervorkommen in den Alpen vor allem im Unterinntal, Kitzbühel und Bischofshofen verband. Neben dem Kupfer war das Salz ein wesentliches alpines Bergbauprodukt, das seit der Jungsteinzeit gefördert und unter anderem als Würz- und Zahlungsmittel, zur Steigerung der Milchleistung, in der Heilkunst und als Konservierungsmittel verwendet wurde. (vgl. MÄRTIN & RANSMAYR, 2017, S. 33ff)

Dworsky verweist auf die Ausbildung eines etwa 600 v. Chr. entstandenen, hallstattzeitlichen Bauernhauses in Haufenlage aus Goldberg bei Nördlingen (Deutschland). Dieses ist als ein in Bohlenständerbauweise errichtetes Familienwohnhaus mit dreiteiligem Grundriss und allseitig abgewalmtem, strohgedecktem Steildach ausgebildet. (vgl. DWORSKY, 1984, S. 19)

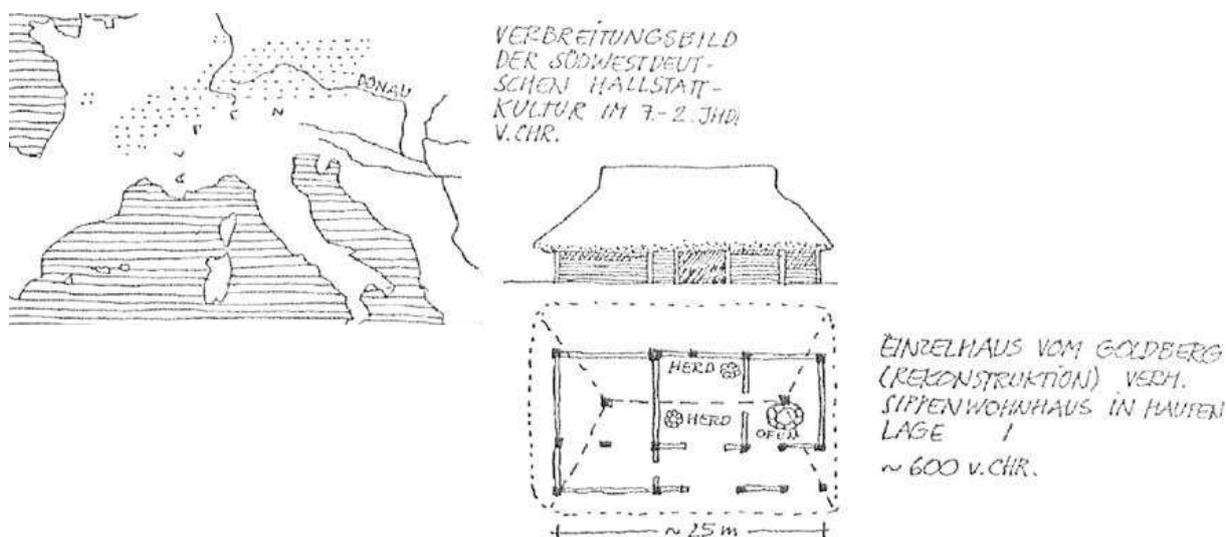


Abbildung 6: Verbreitungsgebiet der Hallstattkultur und Rekonstruktionsskizze eines hallstattzeitlichen Einzelhauses (Dworsky, 1984, S. 20)

Um die Mitte des 2. Jahrtausends v. Chr. kam in Anatolien Eisen in Gebrauch. Kenntnisse über seine Gewinnung gelangten im 9. und 8. Jahrhundert bis an die obere Donau und in den Alpenraum. Der Einsatz des neuen Metalls führte in der Landwirtschaft durch die Verwendung von Pflügen und eisernen Ackergeräten zu intensiver Bodenbearbeitung, wobei sich im abgekühlten Klima der Eisenzeit die anspruchsloseren Kulturpflanzen Hafer und Roggen gegen die primären Getreidearten aus der Bronzezeit mit ihren wärmeren Temperaturen durchsetzten. Die Nutzung von Stroh führte zu Stallhaltung der Tiere und Düngerproduktion. Zwar wurden zum Schmelzen des Erzes große Mengen

an Holzkohle benötigt, Eisen war jedoch härter und elastischer als Bronze und ließ sich mit geringerem Aufwand gewinnen und verarbeiten. Als Rohstoff war es in den Alpen weit verbreitet, Eisenadern reichten vor allem in der Steiermark, in Kärnten und Slowenien bis dicht unter die Erdoberfläche. Da Eisen überall gewonnen werden konnte, verlor das bronzezeitliche Fernhandelssystem zum Erwerb und Austausch von Zinn und Kupfer an Bedeutung. (vgl. MÄRTIN & RANSMAYR, 2017, S. 41ff)

Auch unter römischer Herrschaft rückentwickelte sich der Eisenbergbau in den Alpen. Gefördert wurden einfacher erschließbare und besser nutzbare Bergbaureviere in Spanien, Rumänien oder Britannien. (vgl. MÄRTIN & RANSMAYR, 2017, S. 47) Rom kontrollierte jedoch frühzeitig die Zugangswege über die Alpen in die oberitalienische Tiefebene, erschloss die großen Alpenübergänge und knüpfte ein dichtes Verkehrsnetz mit insgesamt 14 Hauptstrecken, um Handel und Transport zu fördern und den Alpenraum an die Geldwirtschaft des Imperiums anzuschließen. Im Austausch dafür lieferten die Alpen besondere Erze vor allem das hochwertige Ferrum Noricum, Gold, Silber und Salz sowie landwirtschaftliche Produkte wie Honig, rätischen Wein und Käse. (MÄRTIN & RANSMAYR, 2017, S. 119f) Zudem führte die Romanisierung des Alpenraumes zur Übernahme des römischen Hausbaues. (vgl. MÄRTIN & RANSMAYR, 2017, S. 130f) Der provinzialrömische Gutshof trägt dabei alle Merkmale einer landwirtschaftlich-gewerblichen Großwirtschaft mit unfreiem Gesinde. (vgl. DWORSKY, 1984, S. 19)

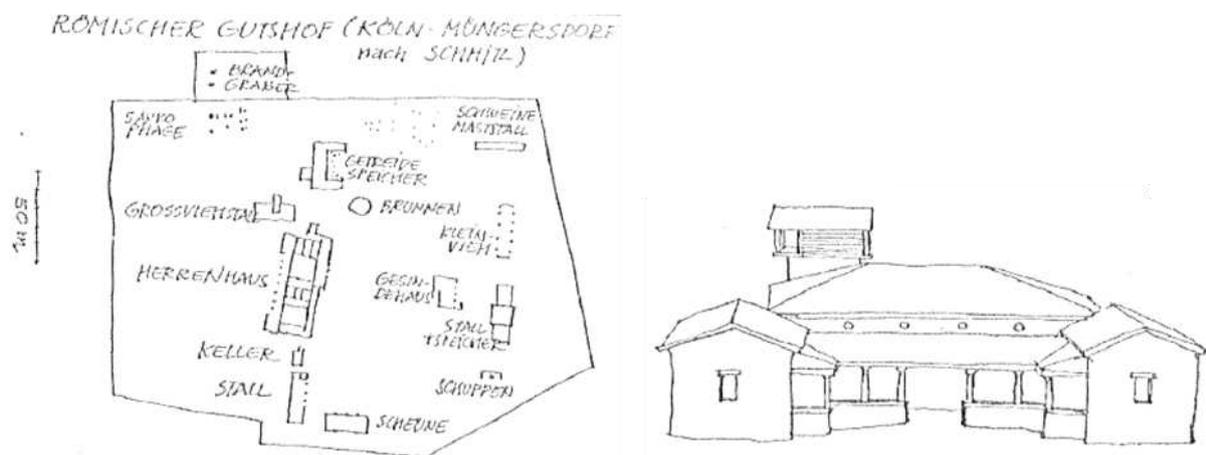


Abbildung 7: Römischer Gutshof (Dworsky, 1984, S. 20)

Durch die systematische Anlage von Etappenstationen, Garnisonen und Märkte entlang der Transitstraßen entstanden die ersten Städte. Da diese mit Lebensmittel aus der direkten Umgebung versorgt werden mussten, wurde durch sie eine erste regionale Arbeitsteilung und Spezialisierung ausgelöst. Die feuchten Nordalpen und der östliche Teil der Ostalpen sind von diesen Entwicklungen aufgrund ihrer ungünstigen naturräumlichen Bedingungen nur teilweise betroffen, die mediterran geprägte Alpensüdseite und die inneralpiner Trockenzonen erreichen hingegen in der Römerzeit eine hohe Siedlungsdichte.



Abbildung 8: Römische Alpenstraßen und Passverbindungen (MÄRTIN & RANSMAYR, 2017, S. 127)

Durch und nach dem Zerfall des Römischen Reiches 476 n. Chr. und das Eindringen von Germanen aus dem Norden und Nordosten, Hunnen und Awaren aus dem Osten, Slawen aus dem Süden, Sarazenen aus dem Südwesten, die den Römerstraßen folgten, verlor die römische Kultur an Einfluss. (vgl. BÄTZING, 2015, S. 55ff) Gleichzeitig kam es im Zeitraum zwischen 500 und 1000 n. Chr. zu einem Bevölkerungsrückgang, damit einhergehend die Zunahme von Wald- und der Verlust von Ackerflächen sowie die Verarmung der Städte. Die Bevölkerung zog sich indes in abgelegene und sichere Seitentäler zurück, die dadurch als Siedlungsstandorte aufgewertet wurden. (vgl. MÄRTIN & RANSMAYR, 2017, S. 149ff)

1.2.2 Mittelalterliche Landbesiedlung

Durch die Einwanderung und allmähliche Sesshaftwerdung der germanischen Alemannen im Nordwesten, Bajuwaren im Nordosten und der südslawischen Slowenen im Südosten der Alpen wurden die Voraussetzungen für eine neue Entwicklung der Alpenregionen geschaffen. Um das Jahr 1000 n. Chr. setzte der sogenannte Hochmittelalterliche Siedlungsbau ein, der die Besiedlung des gesamten Alpenraumes stark veränderte. Vor dem Hintergrund militärischer Siege über die Ungarn (955 n. Chr.) und Sarazenen (980 n. Chr.) und der damit verbundenen politischen Konsolidierung Europas sowie einer signifikanten Klimaerwärmung wurden die landwirtschaftlichen Nutzflächen dezentral-flächenhaft ausgeweitet, die Nutzung intensiviert und Siedlungen vergrößert bzw. neu angelegt. Dieser agrarische Ausbau wurde durch das Aufblühen des Bergbaues, des Handwerks und der Gewerbe sowie des Handels und der Marktorte und Städte begleitet, was zur Entwicklung einer arbeitsteiligen Wirtschaft mit räumlichen und funktionalen Spezialisierungen führte. In dieser Zeit entsteht jene traditionelle Welt im Alpenraum, die bis in das 20. Jahrhundert Bestand haben wird. (vgl. BÄTZING, 2015, S. 59f)

Tallagen wurden mit befestigten Kirchensiedlungen, gerodete Restflächen mit unregelmäßigen Weilern und Haufendörfern, Naturlandschaften in engen Flusstälern mit alpinen Streusiedlungen und dazugehörigen Zentren in Sammelsiedlungen besiedelt. (vgl. DWORSKY, 1984, S. 31) Mit den Zisterziensern wurde im 12. Jahrhundert ein Orden gegründet, der sich auf die Kultivierung des Landes und des Handwerks in ländlichen Gegenden spezialisierte. Wälder, die sich im Frühmittelalter gebildet hatten, wurden weitgehend beseitigt. Schätzungen zufolge schrumpfte die Waldfläche in Mitteleuropa von 90 % der Landfläche auf 20 %, der heutige Waldanteil entspricht etwa 30 % der Landfläche. In den Gebirgen wurden Hochalmen erschlossen, denn die Erwärmung ermöglichte das Auftreiben des Viehs

und seine längere Verweildauer in den Bergen. (vgl. BEHRINGER, 2012, S. 110f) Um das Jahr 1300 erreichte die Ausdehnung des Siedlungsraumes einen Höhepunkt. (vgl. DWORSKY, 1984, S. 35)

Die überwiegende Mehrheit der Ortsanlagen stammt aus der Besiedlungsperiode zwischen dem 9. und 13. Jahrhundert. Auch wenn sich Ortsbilder im Lauf der Zeit änderten, wurden Grundsätze des zuerst angelegten Planschemas selbst nach völligen Zerstörungen in der Regel immer wieder beibehalten. Spätere, neuzeitliche Ausbauten durch bereits nachbäuerliche Schichten haben im Vergleich zur mittelalterlichen Besiedelung nur noch wenige Siedlungslandschaften gebildet. (vgl. TOMASI, 1977b, S. 5ff)

1.2.3 Demographische Entwicklungen

Die Einwohnerzahl Europas betrug zu Beginn des Hochmittelalters um das Jahr 1050 n. Chr. etwa 46 Millionen Menschen. Hundert Jahre später waren es bereits 50 Millionen und um das Jahr 1200 war die Bevölkerung bereits auf 61 Millionen Menschen angewachsen. Am Ende einer Expansionsphase um 1300 und zu einer Hochzeit von Stadt- und Siedlungsgründungen umfasste die Einwohnerzahl Europas etwa 73 Millionen Menschen. Die Bevölkerungsanzahl war demnach innerhalb von 250 Jahren um ein Drittel gestiegen. (vgl. BEHRINGER, 2012, S. 110f) Vor der großen Pestepidemie in den Jahren 1348/1349 betrug die gesamteuropäische Bevölkerung Schätzungen zufolge etwa 80 Millionen Menschen. Dieser Pestwelle vielen vermutlich 25 Millionen Menschen zum Opfer, wobei sich die städtische Bevölkerung um ein Viertel bis zur Hälfte dezimierte. Um das Jahr 1500 lebten etwa 80 Millionen Menschen in Europa, bei einer Weltbevölkerungsanzahl von 425 Millionen. Damit entsprach die Einwohnerzahl wieder jener, die vor der Pestwelle angenommen wird. Bis Anfang des 17. Jahrhunderts stieg die Bevölkerungszahl auf 100 Millionen, bis Anfang des 18. Jahrhunderts auf 110 Millionen, und erreichte Mitte des 18. Jahrhunderts einen Wert von 150 Millionen Menschen. (vgl. VOCELKA, 2010, S. 97)

Die frühneuzeitliche Bevölkerungszunahme beeinflusste vor allem den Landausbau sowie die Neulandgewinnung. Böden, die einst Kulturland waren und im Spätmittelalter verwilderten, wurden wieder bearbeitet. Die Rekultivierung reichte jedoch zur Ernährung der wachsenden Bevölkerung nicht aus, was die Erschließung von Neuland in Wald- und Berglandschaften, Marschgebieten und Flüssen notwendig machte. Die besonders im 16. und in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts erkennbare Bevölkerungszunahme beruht auf der Kontrolle des Gesundheitswesens und der vor allem in den Städten verbesserten Wasserversorgung. Im ländlichen Raum spielten ein Wandel der Ernährungslage und verbesserte Nahrungsmittelversorgung eine wesentliche Rolle. Während des 17. Jahrhunderts führten seuchenartige Krankheiten, aber auch eine Klimaverschlechterung zu Versorgungsschwierigkeiten. Durch sie kam es zu einer Stagnation des natürlichen Zuwachses in mehreren Ländern Europas. Doch stärker als klimatischen Faktoren beeinflussten Kriege und Epidemien die Bevölkerungsentwicklung. (vgl. RÖSENER, 1993, S. 163ff) So haben etwa Klimaverschlechterungen und Pestwellen in den Jahren von 1560 bis 1630 zu Bevölkerungsrückgängen geführt. Durch den Dreißigjährigen Krieg (1618 - 1648) wurde die Population Deutschlands auf den Stand von 1520 zurückgeworfen, wobei die Gesamtverluste mit lokalen Unterschieden schätzungsweise 40 % betragen.

Ab 1750 setzte in Europa von West nach Ost ein Bevölkerungswachstum ein, das auf die Zunahme der innerehelichen Fruchtbarkeit zurückgeführt wird. Vor allem die landwirtschaftlichen Produktionsfortschritte und die verbesserte Nahrungsmittelverfügbarkeit etwa aufgrund von Kartoffelanbau und erhöhter Milchproduktion ermöglichten im 18. Jahrhundert eine Verdoppelung der Bevölkerungswachstumsrate. So erreichte die Einwohnerzahl Europas im Jahr 1800 die Marke von 200 Millionen Menschen, bei einer geschätzten Gesamtweltbevölkerung von 900 Millionen. Das 19. Jahrhundert brachte einen Anstieg der Einwohnerzahl Europas zwischen den Jahren 1850 und 1910 von

267 Millionen auf 448 Millionen. Die Bevölkerung Österreich-Ungarns erhöhte sich im gleichen Zeitraum von 27 auf 51 Millionen Menschen. Erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts kam es in Europa zu fallenden Geburtenraten, die mit dem Wunsch vieler Familien nach einer sozialen Besserstellung begründet werden. (vgl. VOCELKA, 2010, S. 97ff)

Lebenserwartung

Die vormoderne Gesellschaft war eine junge Gesellschaft. Der Anteil der Altersgruppe der Null- bis 14-Jährigen war mit 30 % bis 40 % sehr hoch, jener von Menschen über 65 Jahre mit zehn Prozent sehr gering. Mitte des 16. Jahrhunderts lag die durchschnittliche Lebenserwartung bei 18 bis 21 Jahren, im 17. Jahrhundert bei 23 bis 25 Jahren, und stieg im 18. Jahrhundert auf 32 Jahre. Im 19. Jahrhundert lag sie bei 35 bis 38 Jahren. Durch die hohe Kindersterblichkeit war die Lebenserwartung bei der Geburt sehr gering. Ein Drittel der Kinder starb zwischen der Geburt und dem ersten, mehr als ein weiteres Viertel zwischen dem ersten und fünften Lebensjahr. (vgl. VOCELKA, 2010, S. 101)

Körpergrößen

Bezogen auf das Jahr 1850 ergeben Untersuchungen der Körpergrößen von (männlichen) Menschen im Alter von 19 Jahren aus 17 europäischen Ländern einen Durchschnittswert von 164,1 cm (vertikale Entfernung vom Scheitel zum Boden). Im Jahr 1900 beträgt die mittlere Körpergröße 167 cm und Mitte des 20. Jahrhunderts 171,4 cm. Der durchschnittliche Größenzuwachs bei jungen Männern beträgt zwischen 1850 und 1950 demnach 7,3 cm. (vgl. KENNTNER, 1963, S. 177f) Ende des 20. Jahrhunderts liegt die durchschnittliche Körpergröße von Männern in Deutschland bei 179,9 cm, und ist damit im Betrachtungszeitraum des 20. Jahrhunderts um 12,72 cm angewachsen. (vgl. NCD RISK FACTOR COLLABORATION (NCD-RISC), 2015)

1.3 Bildung von Orts- und Flurformen

Das traditionelle europäische Raummodell ist von einer bipolaren Stadt-Land Struktur geprägt. Die Stadt als punktuell verarbeitendes Zentrum ist dabei vom flächenhaft produzierenden ländlichen Raum umgeben. Auf dieser Basis konnten sich unterschiedliche städtische und ländliche Siedlungstypologien entwickeln. (vgl. DWORSKY, 2014, S. 6) Der ländliche Siedlungsraum als Ausdruck der Siedlungstätigkeit einer bäuerlichen Bevölkerungsgruppe steht in engem Bezug zu deren Lebensweise und ihren sozioökonomischen Lebensverhältnissen. Seine auf mittelalterlichen Siedlungstätigkeiten basierenden und geplanten Strukturen zeigen sich etwa in regelhaft anmutenden Siedlungen des östlichen Flachlandes aber auch im Bereich von Haufendörfern und Weilern innerhalb von alpinen Streusiedlungen. (vgl. TOMASI, 1977b, S. 2)

1.3.1 Ortsentwicklungen

Die starke Bevölkerungszunahme im Hochmittelalter führte zur intensiven Bewirtschaftung von Landressourcen. Die verbesserte Nutzung der vorhandenen Landflächen und die Ausweitung des Getreideanbaus zwangen dazu, die Ackerflächen im Umkreis von Dörfern in Großfelder einzuteilen, die hauptsächlich nach dem System der Dreifelderwirtschaft genutzt wurden. Dieser Übergang vollzog sich in vielen Gebieten Westeuropas vom 11. bis zum 14. Jahrhundert. Dort, wo dieses System Einzug fand, wurde es zur beherrschenden Norm, und zwang Bauern zu verstärkter Kooperation. Dadurch entwickelten sich aus einer Art des lockeren Miteinanderwohnens Formen intensiver Nachbarschaftsbeziehungen als Hauptelement des bäuerlichen Gemeinschaftslebens. (vgl. RÖSENER, 1993, S. 205)

Naturräumliche Gegebenheiten

Die Verteilung der verschiedenen Siedlungsformen wird primär mit naturräumlichen Rahmenbedingungen wie den Terrain- und lokalen Klimaverhältnissen in Zusammenhang gebracht. (vgl. TOMASI, 1977b, S. 6f) Die idealsten Siedlungsstandorte in alpinen Tallagen liegen auf den Schwemmkegeln der in große Alpentäler mündenden Seitenbäche. Sie sind dadurch vor Überschwemmungen großer Alpenflüsse geschützt, und ihre Höhenlage ist für den Ackerbau günstig. Bei der Herausbildung von Kulturlandschaften in der Talstufe wurden Eingriffe kleinräumig auf bestehende naturräumliche Umgebungen ausgerichtet, wobei Flächen mit ausreichender Bodenmächtigkeit und geeigneter Sonneneinstrahlung, geringer Beeinträchtigung durch kalte Lokalwinde und nicht zu steilem Relief in Kulturland umgewandelt wurden. (vgl. BÄTZING, 2015, S. 92ff) Neben dem Landschaftsrelief hat die Wasserverfügbarkeit eine formbildende Kraft auf Ortsformen. Vor allem in den trockenen Gebieten ist die Orientierung von Siedlungen an Bachläufen auffallend, die entweder direkt in die jeweiligen Ortsformen eingebunden sind oder an diesen vorbeiführen. Im alpinen Raum sind Dorflagen abseits von Flüssen zu beobachten, da diese Vermurungen auslösen können.

Politische, soziokulturelle und ökonomische Rahmenbedingungen

Das Maß der obrigkeitlichen Einflussnahme beeinflusste den Charakter von Besiedelungen indem sich diese mehr oder weniger un gelenkt organisch ausweiteten oder deren Standorte und Ortsgrößen gelenkt bzw. geplant festgelegt wurden. Bei geplanten Besiedlungen wurden darüber hinaus geometrische Oststrukturen und damit in sich weitgehend abgeschlossene Formen angestrebt. Die einzelnen Siedlungen wurden dabei nicht als für sich alleinstehende Orte geplant, sondern unterlagen dem Besiedelungskonzept einer mehr oder weniger großen Region, das nur nach den jeweiligen örtlichen Verhältnissen entsprechend abgewandelt wurde. Neben Alter und Lenkungsgrad beeinflusste die Dynamik des Siedlungsgeschehens die Ortgestaltung. So trugen historische Ereignisse zu Vergrößerungen, Verkleinerungen oder Verdichtungen von Besiedelungen bei. (vgl. TOMASI, 1977b, S. 8f)

Soziale und wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Der Einfluß ökonomischer Rahmenbedingungen auf die Gestaltung von Siedlungen zeigt sich in ihrer an die jeweiligen arbeitstechnischen Erfordernisse angepassten Standortauswahl aber auch in der Anlage von Straßen- und Wegenetzen als Verbindungen zu den Flurgebieten. Gleichzeitig stehen Siedlungsformen in Wechselwirkung mit dem Gemeinleben, das individuelle, genossenschaftliche oder kollektive Züge aufweisen kann. So unterscheiden sich Streusiedlungen, Reihen- oder geschlossene Dörfer vor allem durch die Stärke des Gruppencharakters der Siedler, der wiederum in Zusammenhang mit der obrigkeitlichen Lenkung zu sehen ist. Für Uneinheitlichkeit oder Regelmäßigkeit einer Siedlungsanlage sind auch der Grad der sozialen Differenzierung bzw. Gleichheit und damit rechtliche Fragestellungen maßgeblich. Zudem lassen sich Einflussfaktoren auf den spezifischen Ausdruck von Standorten und Ortsformen erkennen, die über landwirtschaftliche Nutzungsaspekte hinausgehen. Vor allem im Osten und Südosten Österreichs war der Schutz vor kriegerischen Ereignissen maßgeblich. Die dichte Gebäudeanordnung verleiht etwa Angerdörfern eine burgartige Geschlossenheit, wobei durch das enge Zusammenrücken der Gehöfte eine zunehmende Erschwernis in der Verbindung zu den zugehörigen Äckern in Kauf genommen wurde, während bei Streckung der Dorfanlage die Schutzfunktion schwand. In Einzelfällen kam es sogar zur Übernahme von militärischen Aufgaben wie zum Beispiel bei Grenzdörfern in der Burgenländischen Wart. (vgl. TOMASI, 1977b, S. 9ff) Ortsnamen mit der Endung –wart (Oberwart, Unterwart, Siget in der Wart) weisen auf die Siedlungsräume der Grenzwarthe hin.

1.3.2 Flurformen

Unter dem Begriff Flur ist das agrarwirtschaftlich genutzte, nicht fest umgrenzte Kulturland einer ländlichen Siedlung zusammengefasst. Das begrenzte Gebiet eines Siedlungsverbandes, das in agrarischer Dauernutzung steht, wird hingegen als Gemarkung bezeichnet. Flurformen sind Systeme von Flurparzellierungen, die auf den Zuteilungen von Fluren einer Gemarkung zu einzelnen Wirtschaftseinheiten beruhen. Als Grundlage für ihre Bestimmung dienen die Besitzzugehörigkeiten einzelner Parzellen bzw. die Lage des Grundbesitzes zum einzelnen Betrieb in geschlossener oder in Streulage sowie die Parzellenform etwa als Block oder Streifen. Im Fall von Streifenparzellen in Streulage kommt als weiteres Kriterium die Bestimmung nach Art der Lage zu den benachbarten Grundstücken hinzu, die mehr oder weniger lose oder in Verbänden organisiert sein können. Bei der Erfassung des Erscheinungsbildes von Flurformen ist also auch die besitzrechtliche Struktur miteinzubeziehen. (vgl. TOMASI, 1977a, S. 2f)

Einflussfaktoren auf das Flurgefüge

Insbesondere naturräumliche Bedingungen beeinflussten die Entstehung des historischen Flurbildes, das heute in weiten Teilen einer großräumigen Parzellierung gewichen ist. Dazu kamen obrigkeitliche Einflussnahmen und Lenkungsmaßnahmen sowie sozioökonomische Rahmenbedingungen wie die Stärke des Gruppencharakters der Siedler und die Wirtschaftsweise bzw. die grundsätzliche Ausrichtung der Betriebe. Einen wichtigen Einflussfaktor auf Konstanz und Veränderung von Flurteilungen stellte das Erbrecht dar, in dem die geschlossene oder aufgeteilte Weitergabe des Besitzes geregelt wurde. Darüber hinaus gaben Bodennutzungssysteme wie zum Beispiel unregelmäßige Wechselwirtschaft und grünlandbetonte Viehwirtschaft, Getreideanbau bei flurzwanggebundener Dreifelderwirtschaft Tendenzen für die Flurbildung vor. Technische Entwicklungen spielten dabei eine zusätzliche Rolle, da für die Bewirtschaftung verschiedener Flurformen unterschiedliche Geräte zur Feldbearbeitung zur Anwendung kamen. Historische Ereignisse und demographische Entwicklungen führten nicht nur zu Parzellierungs- und Intensivierungsmaßnahmen, sondern auch zur Schaffung von Ausbaufuren und Neulandgewinnungen durch Rodungen. Mit zeitlichen und regionalen Unterschieden nahmen auch Gutsbildungen und sogenannte Vergüterungen des ursprünglich von Bauern bewirtschafteten Landes Einfluss auf das historische Flurbild. (vgl. TOMASI, 1977a, S. 3f)

In den frühen Phasen der Flurforschung war die Altersbestimmung einzelner Flurformen von vordergründiger Bedeutung. Danach bestand die Tendenz, die Ausprägungen von Flurformen als Resultat rechtlicher und wirtschaftlicher Umstände aufzufassen und sie im Zusammenhang mit unterschiedlichen bäuerlichen Sozialstrukturen und Besitzverhältnissen zu sehen. (vgl. TOMASI, 1977a, S. 10)



Abbildung 9: Illustration ländlicher Ortsformen und Gegenüberstellung von Bildaufnahmen vom 1. August 2017 (oben, Google Earth) mit Luftbildaufnahmen aus den Jahren 1965 – 1973 (unten, Kretschmer und Tomasi, 1977, Blatt 93): Weiler und Streusiedlung in St. Veit im Defreggental, unplanmäßiger Weiler Pilgersham im Hausruckviertel, Straßendorf Oberloisdorf im Burgenland

1.3.3 Zusammenschau von Orts- Flur und Gehöftformen

Auf die enge Verflechtung von Orts-, Flur- und Gehöftformen wird durch die vom Siedlungsforscher Adalbert Klaar (1900 – 1981) in den 1930er Jahren erarbeiteten und 1942 publizierten Siedlungsformenkarte der Ostmark [sic!] hingewiesen, die als Ergebnis technischer Forschung verstanden werden sollte. In einer synoptischen Karte der österreichischen Bundesländer (Reichsgaue) sind Parzellierungen (Flurformen), Orts- und Gehöftformen im Maßstab 1:200 000 teilweise objektscharf eingetragen. (vgl. DWORSKY, 2014, S. 7) Klaar selbst bezeichnet die Siedlungsformenkarte als „(...) ersten Versuch, ein größeres Gebiet des Deutschen Reiches zusammenhängend und nach einheitlich ausgerichteten siedlungstechnischen Gesichtspunkten darzustellen. (...)“. Die Zusammenschau und gleichzeitige Betrachtung von Flur-, Orts- und Gehöftformen sollte dabei der Beobachtung, Erklärung und Weiterentwicklung von Bauernsiedlungen dienen. (vgl. KLAAR, 1942, S. 7) Die Notwendigkeit der zusammenhängenden Untersuchung dieser Hauptelemente ländlicher Siedlungen ist auch im Österreichischen Volkskundeatlas (6. Lieferung / 1. Teil / (1977)) festgeschrieben, da der trotz aller Veränderungen bis heute in seinen wesentlichen Zügen auf der mittelalterlichen Siedlungstätigkeit basierende bäuerliche Lebensraum auch für die aktuelle Raumplanung und Landschaftsgestaltung von Interesse ist. (vgl. TOMASI, 1977b, S. 2) Klaar's Siedlungsformenkarte bildet eine Quelle und Arbeitsunterlage für den Kartenentwurf zu historischen ländlichen Ortsformen des Österreichischen Volkskundeatlas' (Maßstab 1 : 1 000 000), dessen Hauptaufgabe in der Herausarbeitung von Grenzen und Grenzbereichen der Grundtypen ländlicher Siedlungen (Sammel-, Weiler- und Streusiedlungen) bestand. (vgl. TOMASI, 1977b, S. 14) Auch hinsichtlich der Bearbeitung von Flurformen wird auf die Siedlungsformenkarte der Ostmark verwiesen (vgl. TOMASI, 1977a, S. 8), deren Grundlage wiederum die Katastralmappe des Franziszeischen

Katasters darstellte. Flurformen sind als Farbflächen und Orte bzw. Gehöfte als Zeichen eingetragen. Dadurch ergibt sich eine Darstellungsart, die in Verbindung mit dem Gewässernetz und den Grenzen der Katastralgemeinden das siedlungstechnische Gefüge der Landschaft veranschaulicht. Die Karte stellt einen geschichtlichen Zustand dar, der die Charakteristik der Siedlungslandschaft zu einem bestimmten Zeitpunkt zum Ausdruck bringt. Sie sollte nicht als Endergebnis, sondern als Anfang einer vergleichenden Siedlungsforschung verstanden werden. (vgl. KLAAR, 1942, S. 6)

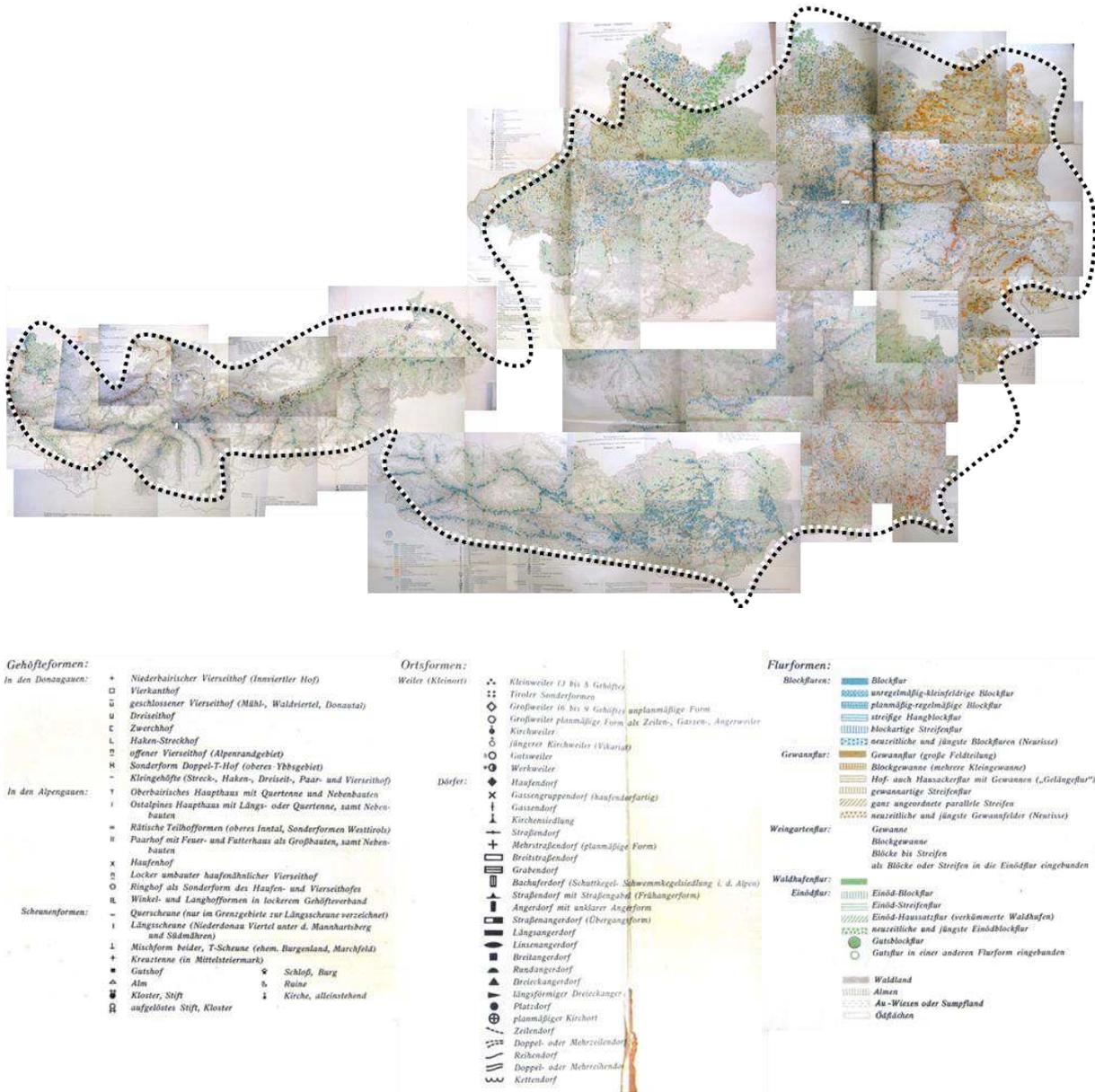


Abbildung 10: Klaar'sche Siedlungsformenkarte mit Umriss des österreichischen Bundesgebietes und Legenden (Klaar, 1942, Bildmontage einzelner Kartenfotographien, vergrößerte Legende siehe Anhang)

1.4 Agrarhistorische Entwicklungen

Das Frankenreich der Karolinger bildet die Entwicklungsgrundlage für die Ausbildung des europäischen Bauerntums im Frühmittelalter, und war für die Geschichte der europäischen Staaten in wirtschaftlicher und sozialer Hinsicht prägend. (vgl. RÖSENER, 1993, S. 46) Gegenüber dem in der Antike dominierenden mediterranen Raum erlangte der Nordwesten Europas bzw. der Kernraum des

Karolinger Reiches zwischen Seine und Rhein an Bedeutung. Tiefgreifende Verlagerungen in der Bevölkerungsverteilung und einen Bevölkerungsanstieg setzten ab dem 7. Jahrhundert in West- und Mitteleuropa landwirtschaftliche Entwicklungen in Gang, die den verstärkten Rückgriff auf Pflanzenkost voraussetzten. (vgl. MITTERAUER, 2008, S. 152ff)

1.4.1 Mittelalter

Basis der agrarischen Umwälzungen nördlich der Alpen ist die hochentwickelte Landwirtschaft in den mediterranen Regionen des Römischen Imperiums. Sie umfasste die aus dem sogenannten Fruchtbaren Halbmond übernommenen Getreidearten vor allem Weizen und Gerste sowie die mediterranen Fruchtbaumkulturen. (Anm.: Als Fruchtbarer Halbmond werden die noch ohne künstliche Bewässerung landwirtschaftlich nutzbaren Steppengebiete in Jordanien, Israel, Libanon, Syrien, der Türkei, dem Irak und Iran bezeichnet. Diese Regionen reihen sich halbkreisförmig um die Wüsten- und Halbwüstengebiete der arabischen Halbinsel.²) Durch die Etablierung dieser neuen Getreidearten konnte unter den klimatischen Verhältnissen der feuchteren und kühleren Zone der Ackerbau gegenüber der Viehzucht mehr und mehr an Bedeutung gewinnen. Weitere Getreidearten waren Roggen (die in Nordeuropa wichtigste Zivilisationspflanze) und Hafer. Schon davor hatte sich Dinkel als neue Kulturpflanze durchgesetzt. Dieser trat in nachkarolingischer Zeit jedoch rasch in den Hintergrund.

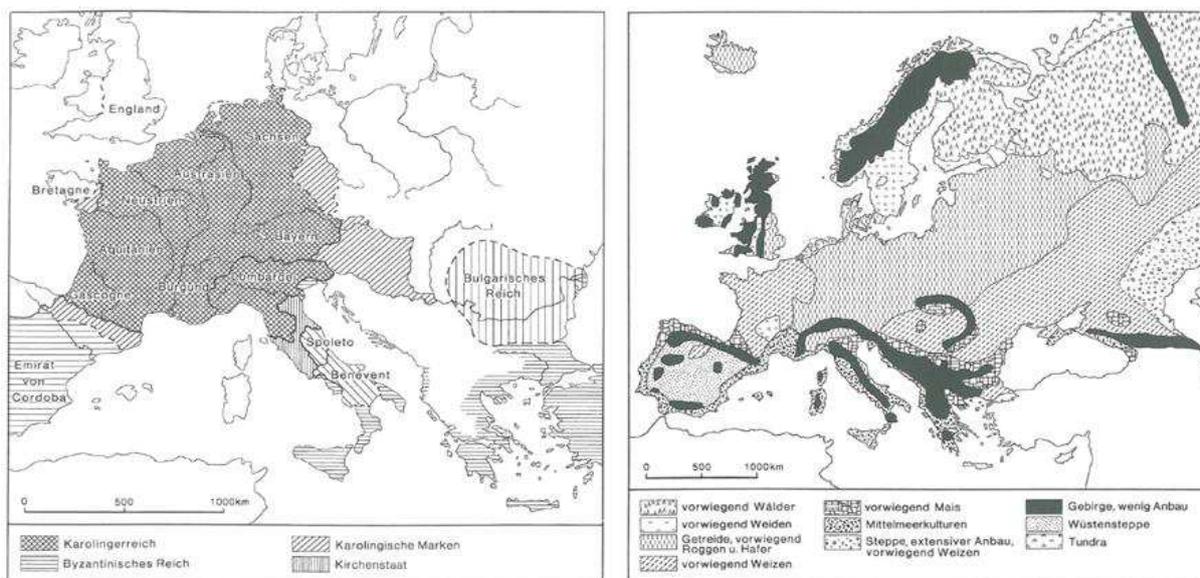


Abbildung 11: Das Karolinger Reich im 9. Jahrhundert (Rösener, 1993, S. 48)

Abbildung 12: Frühneuzeitliche Anbauzonen in Europa (Rösener, 1993, S. 173)

Die Bedeutung des Hafers war für die Ernährung der Menschen zwar eher gering, umso wichtiger wurde er jedoch für die Viehzucht. Für seinen Anbau wurden vielfach neue Böden erschlossen bzw. neue und alte Kulturpflanzen gekreuzt. Durch die Einführung der Dreifelderwirtschaft und die Kombination von Sommer- und Winterfrüchten konnte eine maßgebliche Steigerung der Agrarproduktion erzielt werden. (vgl. MITTERAUER, 2008, S. 156f) (Die Dreifelderwirtschaft entwickelte sich etwa seit dem 8. Jahrhundert und prägte den Ackerbau mehr als tausend Jahre lang bis ins 19. Jahrhundert. Der dreijährige Kreislauf von Sommerfeld, Winterfeld und Brache war per Anordnung vorgeschrieben. Alle Äcker eines Bauern durchliefen den Kreislauf von Sommerfeld, Winterfeld und Brache derart, dass stets je ein Drittel seiner gesamten Feldfläche als Winterfeld,

² <http://www.wissen.de/lexikon/fruchtbarer-halbmond>, 26.10.2015

Sommerfeld oder Brache genutzt wurde. Auf dem Brachfeld wurde im Herbst Winterfrucht vor allem Winterroggen, in tieferen Lagen auch Winterweizen ausgesät. Der größte Teil des Sommerfeldes wurde mit Hafer und Lein (Flachs) bestellt. Das Brachfeld bestand normalerweise aus Schwarzbrache, also gänzlich unbepflanztem Land, auf dem das Vieh geweidet wurde.³⁾

Eine Besonderheit der europäischen Agrarrevolution (Anm.: eine Bezeichnung für besonders tiefgreifende Umwälzungen bei landwirtschaftlichen Entwicklungsvorgängen) bestand in der Integration von Großvieh wie Rindern und Pferden in die Landwirtschaft. Hafer diente dabei primär als Futterpflanze für Pferde. Heuwirtschaft und Beweidung von Brachflächen waren für die Rinderhaltung bedeutend. Der durch Winterstallhaltung der Tiere produzierte Dünger bedeutete eine Rückkoppelung der Viehzucht an den Ackerbau. (vgl. MITTERAUER, 2008, S. 162)

Agrarwirtschaftlichen Neuerungen im Süden Europas standen vor allem ökologische Probleme entgegen. Die Anbauzonen der neuen Kulturpflanzen, die kühl-humides Klima bevorzugen und auf Trockenheit empfindlich reagieren, blieben im Wesentlichen auf den nordalpinen Raum beschränkt. Auch Heuwirtschaft konnte aufgrund der geringen Niederschläge im Mittelmeerraum vielfach nicht praktiziert werden. Dementsprechend erfolgte die vom Kernraum des Franken- bzw. Karolingerreiches im Frühmittelalter ausgehende landwirtschaftliche Kolonisation vor allem in östliche Richtung.

Neben der Feldflur gehört der Wald in vielen Regionen Europas zum bäuerlichen Arbeitsbereich. Ein Symbol des landwirtschaftlichen Fortschritts im Mittelalter ist daher die Axt. Sie steht für Rodung zur Erweiterung des bebauten Kulturlandes und damit für Binnenkolonisation. Sowohl Binnen- als auch Außenkolonisation waren in Europa nördlich der Alpen langanhaltende Prozesse, die sich bis ins ausgehende Mittelalter und weit in die Neuzeit hinein erstreckten. (vgl. MITTERAUER, 2008, S. 162ff)

Die für das nordalpine Europa seit dem Frühmittelalter typische Kombination von Ackerbau, Viehzucht und Waldwirtschaft hat zu einem breiten Spektrum an gewerblichen Prozessen geführt und technische Innovationen vor allem bei landwirtschaftlichen Folgegewerben begünstigt. Besonders folgenreich war die durch die Weiterentwicklung der Wassermühle möglich gewordene Verwendung der Wasserkraft für die Entstehung der Montanindustrie. Die Erfindung der Nockenwelle schuf die Voraussetzung für den Bau von Stampfen und Hammerwerken und damit für eine völlig neue Nutzungsform, von der besonders Eisenschmiede und Stampfmühlen profitierten. (vgl. CZYSZ, 2013, S. 181) Der Fortschritt des europäischen Montanwesens im Hoch- und Spätmittelalter erscheint somit an die Agrarrevolution gekoppelt. (vgl. MITTERAUER, 2008, S. 166f) Die Entwicklungen in Gewerbe, Handel und Verkehr fanden auch im Siedlungswesen Niederschlag, das im Mittelalter durch eine Vielzahl mittlerer und kleiner Zentren charakterisiert war, die mit dem agrarischen Umland eng verbunden waren. (vgl. RÖSENER, 1993, S. 205)

Im Jahr 1348 trat die Pest erstmals in Europa auf, und stürzte das gesamte europäische Wirtschafts- und Gesellschaftssystem in eine fundamentale Krise. Die Bevölkerungszahlen nahmen ab, regionale Arbeitsteilung wurde reduziert, und die Bedeutung der Selbstversorgung nahm wieder zu. (vgl. BÄTZING, 2015, S. 69f) Neben hohen Sterblichkeitsraten in den Städten war die bäuerliche Bevölkerung, die nicht auf derart engem Raum zusammenlebten, weniger betroffen. Im Wesentlichen konnten die gleichen landwirtschaftlichen Flächen bebaut werden. Es schwand jedoch die Anzahl an Konsumenten in den Städten. So verfiel der Getreidepreis, während sich gewerbliche Produkte verteuerten, was zu der für das ausgehende Mittelalter prägenden Agrarkrise führte. Eine zusätzliche Belastung für die Landwirtschaft stellten die sich verschlechternden klimatische Bedingungen dar, die einer hochmittelalterlichen Gunst- und Warmperiode folgten. (vgl. VOCELKA, 2010, S. 64f)

³ http://www.feldflora-taunus.de/?page_id=41, 26.10.2015

1.4.2 Neuzeit

Zentrale Herausforderung für die stark am Pflanzenbau orientierte Landwirtschaft der frühen Neuzeit war die ausreichende Versorgung einer erneut anwachsenden Bevölkerung. Der Pflanzenbau machte zwei Drittel der landwirtschaftlichen Gesamtproduktion aus, ein Drittel wurde von der Viehzucht abgedeckt, die sich vor allem auf Zugtierhaltung und Rinderzucht beschränkte, wobei die Tiere durch die brachliegenden Felder und die gemeinschaftlich genutzten Flächen ernährt wurden. Kühe hatten ein Gewicht von 100 kg bis 220 kg, und erbrachten eine Milchleistung von 1000 Liter pro Jahr. Heute wiegt ein durchschnittliches Rind etwa 650 kg Kilogramm, und produziert circa 6000 Liter Milch. Ständig erhöhte sich der Druck, höhere Erträge zu erwirtschaften. Gleichzeitig standen aber mehr Arbeitskräfte zur Verfügung, um neue Bewirtschaftungsformen zu entwickeln. So konnten Flächen, die durch den Bevölkerungsrückgang des späten Mittelalters aufgegeben wurden, erneut bebaut und bisher ungenutztes Land intensiver bestellt werden. (vgl. VOCELKA, 2010, S. 65f)

Durch Ratgeberschriften wie der sogenannten Hausväterliteratur aus dem 16. - 18. Jahrhundert fanden Anleitungen zur Hofführung Verbreitung. Die darin enthaltenen Empfehlungen beispielsweise zur Viehhaltung und Düngerproduktion sollten zur Steigerung der landwirtschaftlichen Erträge beitragen. Bei einem Großteil der Bauern war Selbstversorgung vorherrschend, die kaum mehr als einen prekären Lebensunterhalt ermöglichte. Eine drohende Verelendung konnte nur durch zusätzliche nichtlandwirtschaftliche Produktion, Handwerk und Dienstleistungen kompensiert werden. (vgl. VOCELKA, 2010, S. 67f) In zahlreichen Alpenregionen entwickelten sich aus diesen bäuerlichen Nebenbeschäftigungen eng mit der Landwirtschaft verflochtene Spezialisten-Tätigkeiten, deren Endprodukte aus einheimischen Rohstoffen nicht nur in der eigenen Region, sondern durch Wanderhändler auch in weiter entfernten Städten abgesetzt wurden. Beispiele dafür sind die Textilindustrie im Bodenseeraum und die Sensenwerke in der Eisenwurzen. (vgl. BÄTZING, 2015, S. 78) Wesentlichen Anteil am agrarischen Fortschritt in der frühen Neuzeit hatten Pflanzensorten, die aus der neuen Welt nach Europa gelangten. Mais fand um 1500 seinen Weg aus Mittelamerika nach Spanien. In Mitteleuropa tritt er ab der Mitte des 16. Jahrhunderts auf. Im Jahr 1539 stießen die Spanier erstmals auf die Kartoffel, die 1588 nach Wien kam und zunächst als Zierpflanze angebaut wurde. Allmählich gab die Kartoffel aufgrund ihrer Effizienz und ihres hohen Ertrages Anstoß zu einer breiten landwirtschaftlichen Umstrukturierung, da ihr Anbau keine teuren Geräte erforderte und sie ohne aufwendige Bearbeitung verzehrt werden konnte. (vgl. PFAFFENBICHLER, 2013, S. 174f) Zudem brachte die Kartoffel um 50 % mehr Flächenertrag als Getreide. (vgl. VOCELKA, 2010, S. 71) Eine Hungersnot in den Jahren 1771/1772 verhalf der Pflanze zu noch größerer Verbreitung. Zum Massennahrungsmittel wurde sie jedoch erst im 19. Jahrhundert.

Das 17. Jahrhundert stellt im langfristigen Agrargeschichtsverlauf eine Zwischenperiode dar. Es unterbrach eine Entwicklung, die im 16. Jahrhundert mit einem Aufschwung in der Agrarwirtschaft begonnen hatte und sich im 18. Jahrhundert aufgrund einer erheblichen Bevölkerungszunahme regional unterschiedlich fortsetzte. Die Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion wurde einerseits durch Ausdehnung der Anbauflächen andererseits durch Mehraufwand von Arbeit und Kapital pro gegebener Fläche erzielt. Dabei etablierte sich die Praxis, die Dreifelderwirtschaft durch Bepflanzung des Brachfeldes zu verbessern. Als Hauptpflanze bot sich dabei Klee an, wodurch die Viehhaltung gesteigert und der Getreideanbau durch den vermehrten Düngereinsatz intensiviert werden konnte. Trotz Steigerung der Agrarerzeugung und der verbesserten Agrartechnik konnten die schwierigen Ernährungsprobleme, die sich durch den starken Bevölkerungsanstieg ergaben, nur teilweise gelöst werden. Für die Masse der Bevölkerung war eine ausreichende Lebensmittelversorgung nur bei guten Ernteerträgen gesichert. (vgl. RÖSENER, 1993, S. 190ff)

Unter dem Druck von Kriegen und Hungersnöten um die Wende zum 18. Jahrhundert aber auch aufgrund von klimatischen Veränderungen wurden landwirtschaftliche Innovationen forciert. Die Einführung neuer Getreidearten und Gemüse wie Kartoffel und Mais diversifizierte die Nahrungsmittelproduktion, effektivere landwirtschaftliche Praktiken und intensivere Düngung steigerten die Ernteerträge um mehr als 20 %. Mehr und mehr landwirtschaftliche Betriebe produzierten nicht primär für den eigenen Bedarf, sondern für den Markt. Der Nordosten Europas war die Kornkammer des Kontinents und exportierte Getreide über Amsterdam bis in den Mittelmeerraum. Internationaler Handel trug dazu bei, schlechte Ernten auszugleichen. Das System des Merkantilismus schuf den theoretischen Unterbau dafür, den Staat wie ein Geschäft zu verwalten und auf ein möglichst hohes Einkommen hin zu orientieren. Die heimische Wirtschaft sollte durch gezielten Bevölkerungszuwachs, selektive Immigration, Steuerprivilegien und Investitionen in die Infrastruktur wachsen. (vgl. BLOM, 2017, S. 215)

1.4.3 Industrialisierung

Um 1800 konnte die wachsende Bevölkerung nur durch Steigerung der landwirtschaftlichen Erträge ernährt werden, was Änderung von Produktions-Rahmenbedingungen für die traditionellen Wirtschaftsweisen der vorindustriellen Agrargesellschaft voraussetzte. Die Reformen waren mit weitreichenden wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen verbunden, und wurden durch den Prozess der Industrialisierung in vielen Regionen zusätzlich beschleunigt. (vgl. RÖSENER, 1997, S. 78f)

Durch die Agrarreform, die in Europa vor allem in der Zeit von 1770 bis 1870 stattfand, wird vor allem die Lösung der Bauern aus vielfältigen herrschaftlichen Abhängigkeiten beschrieben. Bedingt durch das Bevölkerungswachstum reichten die Bestände an Ackerflächen und Vieh kaum mehr für eine gesicherte Ernährung der Menschen aus. Zudem hatten die aufblühenden Agrarwissenschaften Ziele formuliert, deren Kerngedanke die Steigerung der Agrarproduktion und damit die Stimulierung der individuellen Landwirtschaft war. Dies führte zur Aufteilung des Gemeindelandes, zur Flurbereinigung, Anbau der Brache und Stallfütterung. (vgl. RÖSENER, 1993, S. 223f)

Mit dem Konzept der sogenannten rationellen Landwirtschaft definiert der deutsche Agrarwissenschaftler Albrecht Daniel Thaer (1752 - 1828) die Landwirtschaft als Gewerbe, dessen Zweck es ist „(...) durch Produktion zuweilen auch durch fernere Bearbeitung vegetabilischer und tierischer Substanzen Gewinn zu erzeugen. Je höher dieser Gewinn nachhaltig ist, desto vollständiger wird dieser Zweck erfüllt. Nicht die möglichst höchste Produktion, sondern der höchste reine Gewinn, nach Abzug der Kosten, welches beides in entgegengesetzten Verhältnissen stehen kann, ist Zweck des Landwirts und muss es sein, selbst in Hinsicht auf das allgemein Beste.“ (vgl. RÜRUP, 1992, S. 35)

Ein wesentliches Resultat der Agrarreform besteht in der Eingliederung der ländlichen Bevölkerung und der Agrarwirtschaft in eine neue Staats- und Gesellschaftsordnung. Das frühere, auf ständische Differenzen beruhende Gesellschaftssystem wurde durch eine Ordnung der allgemeinen rechtlichen und politischen Gleichheit in einem liberalen Verfassungsstaat ersetzt. Die Landwirtschaft als Erwerbszweig wurde jetzt in die liberale Marktwirtschaft eingebaut, die Behinderung im Umgang mit Bodenbesitz grundsätzlich beseitigt. (vgl. RÖSENER, 1993, S. 234f)

Die industrielle Revolution veränderte sowohl alle wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Strukturen als auch den Umwelt- und Raumbezug der Menschen. Zentrales Kennzeichen ist der Anstieg der menschlichen Arbeitsproduktivität. Die Nutzung der natürlichen Ressourcen wird dabei so effizient, dass man die dezentral-flächenhafte Naturnutzung einstellt und sich auf die Bewirtschaftung der produktivsten Teilflächen konzentriert. Wurden in der Agrargesellschaft noch alle landwirtschaftlich nutzbaren Flächen bewirtschaftet, so gibt es in der Industriegesellschaft nur noch sehr intensive oder gar keine Nutzung. (vgl. BÄTZING, 2015, S. 131f) Seit etwa 1800 setzt wissenschaftliche Grundlagen- und

Anwendungsforschung für die Landwirtschaft ein. Ab den 60er Jahren des 19. Jahrhunderts wurden landwirtschaftliche Praktikanten-, Fach- und Hochschulen gegründet wie zum Beispiel 1872 die Hochschule für Bodenkultur in Wien. Die neu entwickelten Technologien setzten sich zunächst in den kapitalstarken, oft von innovationsfreudigen und von wissenschaftlich geschulten Verwaltern geleiteten Gutshöfen des nordöstlichen Flach- und Hügellandes durch, wo lohnintensive Bewirtschaftungsformen rationalisiert und Erträge gesteigert wurden. (vgl. DWORSKY, 1984, S. 72)

Mit dem Anstieg der Produktivität vermindert sich der Anteil der landwirtschaftlichen Erwerbstätigen an der Gesamtbevölkerung. Waren etwa in Deutschland um 1800 noch mehr als 60 % der Bevölkerung im Agrarsektor beschäftigt, sank dieser Anteil bis zum Jahr 1950 auf 25 %. Im Jahr 1990 betrug er nur noch fünf Prozent. Die landwirtschaftliche Produktion wurde im 19. Jahrhundert bereits mehr als verdoppelt. Vor allem die tierische Produktion und hier vor allem die Schweinezucht gewann ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts an Bedeutung, und wuchs stärker als die Pflanzenproduktion. Diese Steigerung ist im Wesentlichen auf Änderungen in der Bodennutzung, Verbesserung des Futterpflanzenbaus, Ausdehnung der Viehhaltung und fortschrittliche Landtechnik zurückzuführen. Im Landbau wurde die Dreifelderwirtschaft zugunsten einer Fruchtwechselwirtschaft zurückgedrängt. Dies bedeutete, dass die Brache allmählich verschwand, was einen markanten Zuwachs der Pflanzenproduktion zur Folge hatte. Die intensivere Bodennutzung erforderte jetzt eine bessere Düngung. Dafür stand bisher nur Stallmist zur Verfügung, der nur über eine vermehrte Viehhaltung erzeugt werden konnte. Dies aber hatte eine Ausdehnung der Viehfutterflächen auf Kosten der für die menschliche Ernährung genutzten Flächen zur Voraussetzung. Durch die Forschungsergebnisse des Chemikers Justus von Liebig (1803 - 1873) gelang es, die Abhängigkeit vom natürlichen Dünger zu lösen und ihn durch mineralische Düngemittel auf der Basis von Kali-, Stickstoff- und Phosphatprodukten zu ersetzen. Als Abfallprodukt der Eisenverhüttung wurde das Thomasmehl für die Phosphatgewinnung bedeutend. (vgl. RÖSENER, 1993, S. 242ff)

Phänomene wie Großflächenbebauung und Massentierhaltung änderten das Bild der traditionellen Landwirtschaft radikal. Dieser tiefgreifende Strukturwandel bringt einerseits aufgrund der konsequenten Nutzung des technischen Fortschritts Vorteile, andererseits wird auf soziale und ökologische Negativwirkungen hingewiesen. Eng verknüpft mit agrartechnischen Innovationen ist der starke Bedeutungsverlust der traditionellen Produktionsfaktoren Boden und menschliche Arbeitskraft. (vgl. RÖSENER, 1993, S. 248f) Es setzte ein Schrumpfungsprozess des Bauernstandes ein, dessen Anteil an der Gesamtbevölkerung um 1880 nur noch 46 Prozent betrug. Die Landwirtschaft musste sich einer Umschichtung unterziehen, um ihren Aufgaben Ernährungssicherheit und Pflege eines biologisch gesunden Lebens- und Erholungsraumes entsprechen zu können. Verschiedene Faktoren führten zu einem radikalen Wandel in Richtung einer Produktionssteigerung. Auch Betriebsorganisation, Arbeitsmethodik und Baustruktur änderten sich fundamental. So wurden etwa größere Scheunenbauten notwendig, die man unter Steildächern vorsah. Seit der Anwendung des Mähdeschers mit seinem Sofortdrusch stehen sie jedoch leer. Die Abhängigkeit von der Technik ließ Flach- und industrielles Sheddach als besonders geeignet erscheinen, und beeinflusste das gewachsene Dorfbild. Neuartige Bauten wie Getreidespeicher, Gemüselager, Hochbehälter für Silofutter veränderten das gewohnte Erscheinungsbild ganzer Landschaften. Erhöhte hygienische Anforderungen bedingten die Trennung von Haus- und Stallgebäude, und auch die Haltung der Tiere änderte sich markant. Die Arbeitsmechanik stellte neue Anforderungen an den Bestand von Baulichkeiten, die zu 60 % vor dem Jahr 1900 errichtet und auf Selbstversorgungswirtschaft und Handarbeit ausgerichtet wurden. Somit hängt die Existenz eines beträchtlichen Teiles der Landwirtschaftsbetriebe von der Sanierung oder Erneuerung der Gebäude ab, und stellt die Frage, wie Landwirtschaft in Bauten von gestern mit Praktiken von morgen funktionieren kann. (vgl. MARTISCHNIG, 1973, S. 209ff)

1.5 Rechtsverhältnisse

Rechtsverhältnisse und ihre oft unterschiedlichen Handhabungen durch die Grundherrschaft beeinflussten den Wechsel von Prosperität und Verelendung sowie die soziale Rangordnung des Bauernstandes. Neben baurelevanten Verordnungen und Verfügungen wurde die Entwicklung von Gehöftformen auch durch die Arten der grundherrschaftlichen Beziehungen beeinflusst. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 68) In der spätantiken Landwirtschaft des zentralen und östlichen Alpenraums und im nördlichen Alpenvorland koexistierten Nachfahren der bäuerlichen, vorrömischen Hallstattkultur mit punktweise angesiedelten römischen Gutshöfen der Provinzialverwaltung bzw. Veteranenschenkungen. Ausgegangen wird von einer Sozialstruktur, in der eine autokratisch, patriachalisch agierende Oberschicht bemüht war, möglichst viele Bauern in Klientenverhältnisse zu bringen. (vgl. DWORSKY, 1984, S. 19f)

Ein entscheidender Veränderungsprozess im Agrarbereich und eine klare Zäsur zwischen Antike und Frühmittelalter zeigte sich im 5. und 6. Jahrhundert n. Chr. durch die Entstehung und Verfestigung von Grundherrschaften. In dieser frühen Periode der Agrargeschichte geriet der überwiegende Teil der bäuerlichen Bevölkerung in eine mehr oder weniger ausgeprägte rechtliche und ökonomische Abhängigkeit. Das Grundherrschaftssystem wurde seit der Karolingerzeit von den Grundherren dazu genutzt, von Bauern umfangreiche Leistungen zu fordern und die Abhängigkeitsverhältnisse der Freien an die der Unfreien und Halbfreien anzugleichen. (vgl. RÖSENER, 1997, S. 79f) Freie waren sowohl mit ihrer Person als auch mit ihrem Grundbesitz frei, mussten aber gegenüber Herzögen und Grafen als Träger der öffentlichen Gewalt neben Abgaben auch Dienste für das Gerichts- und Heerwesen leisten. Das Gros der Bevölkerung bestand aus Unfreien, die auf übertragenen Gründen wirtschafteten und Knechtdienste und Zins an die Obrigkeit ablieferten. (vgl. NICOLAI, 2010, S. 14)

1.5.1 Mittelalter

Im durch Grundherrschaft geprägten bäuerlichen Rechtsleben des Mittelalters war der Herr aufgrund der ihm durch göttliche Ordnung verliehenen Gewalt dem Bauern zum Schutz verpflichtet. Dessen Gegenleistung für Schutz und Bodenüberlassung bestand aus Zinsen (Abgaben) und Robot (Frondienste, persönliche Dienstleistungen). Im 13. Jahrhundert wurde es üblich, dass der Grundherr nur noch einen kleinen Teil seiner Ländereien selbst bewirtschaftete und der Großteil als sogenannte *Meierhöfe* verpachtet wurde. Die Bearbeitung erfolgte durch schlecht bezahlte, eigene Dienstleute und die zum Robot verpflichteten Untertanen, die zusätzlich Zins- und Naturalabgaben leisten mussten. Als sich Städte und Märkte das sogenannte „Anfeilrecht“ sicherten, konnten die Bauern nur noch über einen kleinen Warenanteil selbst verfügen: Hohe Abgaben waren zunächst an die Grundherren zu entrichten und Waren den Städten feil zu bieten. Damit konnten die Städte bäuerliche Erzeugnisse billig einkaufen und damit gewinnbringenden Handel treiben. Das neu eingeführte Römische Recht, anerkannt in Form des „Corpus Iuris Civilis“, schloss viele Bauern vom Gemeinbesitz von Wald und Weide aus, und brachte eine willkürliche Erhöhung der Zinszahlungen. (vgl. NICOLAI, 2010, S. 20f)

In feudalen vormodernen Gesellschaften war das Ziel der wirtschaftlichen Aktivität nicht Reichtum und sozialer Aufstieg, sondern Statuserhalt. Bauern wurden in ihre Höfe und Dorfgemeinschaften hineingeboren, und blieben dort, wenn sie nicht durch Kriege und andere Katastrophen zur Flucht gezwungen wurden. Bewirtschaftbares Land konnte von Bauern und Bürgern nicht besessen werden. Es war kein Handelsgut, sondern die Grundlage der feudalen Ordnung und blieb „extra commercium“. (vgl. BLOM, 2017, S. 95f)

1.5.2 Neuzeit

In der frühen Neuzeit begannen Grundherren, Eigengüter kommerziell zu bewirtschaften. Es wurden Unternehmungen wie Brauereien, Schnapsbrennereien, Mautmühlen (Anm.: Mühlen zur entgeltlichen Vermahlung) Sägewerke, Glashütten und Kalkbrennereien gegründet. Arbeitsintensive landwirtschaftliche Produktionsformen führten zur weiteren Ausdehnung der Fronarbeit. Hopfenanbau und die Anlage von Fischteichen ermöglichten weitere Einkommensquellen. (vgl. VOCELKA, 2010, S. 66f) Forderungen der Bauern nach einer Abkehr von Leibeigenschaft und dem Recht zur Benützung von Gemeinschaftsbesitz standen am Beginn von Bauernerhebungen Anfang des 16. Jahrhunderts. (vgl. NICOLAI, 2010, S. 20f)

Zu überregionalen Aufständen kam es ausgehend vom Bodenseeraum unter anderem in Südwestdeutschland, Südtirol, Tirol, Bayern, Steiermark und Salzburg. In zwölf Artikeln, die in der schwäbischen Reichsstadt Memmingen beschlossen wurden, formulierten die Bauern Ansprüche, die die Abschaffung der Leibeigenschaft und die Erlaubnis zur Nutzung von Allgemeingut für Jagd oder Fischerei etc. vorsahen. Der südtiroler Bauernführer Michael Gaismair (1490 - 1532) stellte im Jahr 1525 radikale Forderungen: die Errichtung einer Bauern- und Knappenrepublik, die Abschaffung aller Sonderrechte des Adels und prinzipiell die Gleichstellung aller Menschen. Als Reaktion auf die Bauernkriege des Jahres 1525 wurde vonseiten der Adeligen versucht, rechtliche Konfliktlösungsmöglichkeiten zu schaffen. Dennoch flammten die Aufstände zwei Generationen später erneut auf. Aufgrund der Türkenkriege erhöhte sich ab 1593 zudem die Steuerlast für die ohnehin vielfach zwangsrekrutierten Bauern. Das Einsetzen der Gegenreformation führte zu erneuten Unruhen besonders im heutigen Oberösterreich, die 1625 einen Höhepunkt erreichten. Dabei ging es auch um die durch Verpfändung herbeigeführte bayrische Fremdherrschaft. (vgl. WINKELBAUER, 2017) Nach einem letzten Aufstand in der Steiermark im Jahr 1635 musste die Vision von einer Bauernfreiheit aufgegeben werden. Die vollständige Niederschlagung der aufständischen Bauern führte zu noch restriktiverer Knechtschaft, die durch die Wirren des Dreißigjährigen Krieges und die weithin einfallenden Türken zusätzlich verschärft wurde. Die Konsequenz war eine Verelendung des Bauernstandes, verschlimmert durch die Folgen des gleichzeitig aufkommenden Merkantilismus. (vgl. NICOLAI, 2010, S. 20f)

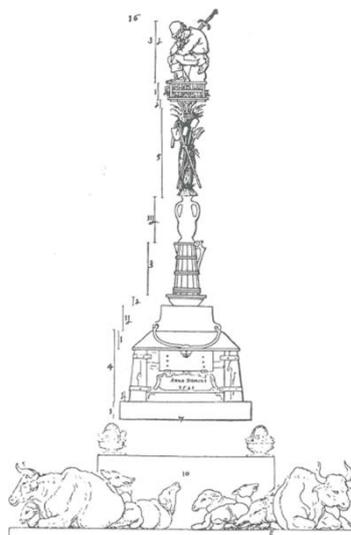


Abbildung 13: Bauerndenkmal von Albrecht Dürer (1471 – 1528) zum Gedenken an den Bauernaufstand von 1525 (Rösener, 1993, S. 131)

Im 16. Jahrhundert spielten religiöse Auseinandersetzungen in die Machtkämpfe mit hinein. Obwohl politisch inopportun glaubte sich etwa das Erzbistum Salzburg aus wirtschaftlichen Zwängen dazu veranlasst, die Waldnutzung restriktiv zu regeln, und beschränkte die Verwendungsrechte von frei

nutzbarem, ungerodetem Kulturland. Da der Holzbedarf für Monopolbetriebe wie dem Bergbau und der Salzsiederei nicht mehr zu decken war, wurden bisher brauchwürdig geregelte Holzbezüge in zweckgebundene Deputate umgewandelt. Um den nunmehr beschränkten Bauholzeinschlag weiter zu reduzieren, wurde beim Häuserbau der reine Holzbau untersagt, und bestimmte Gebäudeteile mussten in Steinbauweise errichtet werden. (vgl. DWORSKY, 1984, S. 41)

Durch den „Tractatus de iuribus incorporalibus“, einer bauernfreundlichen Verordnung Kaiser Leopolds I. (1640 - 1705) aus dem Jahre 1679, sollte das Los der Bauern durch die Kodifikation des für die Beziehungen zwischen Grundherren und Untertanen geltenden Rechts verbessert werden. Die treibende Kraft für den Bauernschutz von staatlicher Seite war jedoch weniger sozialer Natur, vielmehr war es das Wohl des Staates an sich. Rekrutierungen und ein den Staatsbestand sicherndes Steueraufkommen waren mit einer ausgehungerten und kranken Landbevölkerung nicht möglich. Produktivitätssteigerung und eine Steuerreform, in der die bäuerlichen Lasten reguliert und der Anteil der Grundherren geschmälert wurden, führten einen Großteil der Grundrente den staatlichen Kassen zu, und waren ein wesentliches Instrument des Staates im Kampf gegen die Grundherrschaft. (vgl. NICOLAI, 2010, S. 22f) Die privilegierte Stellung der Grundherren wurde zwar prinzipiell nicht angezweifelt, regionale Unterschiede der Rechtstellungen sollten jedoch aufgehoben werden. Vor allem die sich auf die wirtschaftliche Nachhaltigkeit und Schaffensfreude negativ auswirkende, jederzeit widerrufbare „Freistiftleihe“ wurde in Frage gestellt. Man erkannte, dass die willkürliche Weitergabe an Fremde vor oder nach dem Tode des Freistifters für die Steigerung von Produktivität und Ertrag offensichtlich als hinderlich waren. Zum Schutz der Untertanen bei Streitigkeiten mit der Grundherrschaft wurden 1748 erstmals Schlichtungsstellen eingesetzt. Ab 1751 wurden die Steuerabgaben nach Wert und Ertrag des Grundes auf Basis der Auflistung des Gesamtvermögens berechnet. Bekannt wurde diese Auflistung unter dem Namen „Maria-Theresianische Fassion“. Dies und die Einführung von Abgabebüchern hatten zur Folge, dass die Versuche zur Neueinführung oder willkürlichen Erhöhung der Abgaben von Seiten der Grundherrschaft unterbunden wurden. Die wichtigste Reform war die Abschaffung der Robot. Im „Raab'schen System“, benannt nach dem Hofbeamten Franz Anton von Raab (1722 - 1783), war die Abschaffung der Frondienste gegen Zins vorgesehen. Dies hatte die Zerschlagung des Herrenlandes in Bauernstellen zur Folge. Der Zins war in den ersten zehn Jahren in Form von Geld, danach durch Getreideabgaben zu begleichen. Durch Übernahme dieser Leistung wurde der Grund dem Untertanen in Erbpacht überlassen, und er wurde von der Leibeigenschaft für frei erklärt. Die Stelle konnten nunmehr verkauft, getauscht oder belastet werden. Dem Grundherrn blieben jedoch sehr wohl das Obereigentum das „Dominium Directum“ sowie das Recht, bei Nichtleistung, Überschuldung oder Untauglichkeit abzustiften.

Durch das „Josephinische Erbfolgepatent“ aus dem Jahr 1786 wurde eine allgemeingültige gesetzliche geregelte Erbfolge für frei vererbliches Vermögen eingeführt. Bei Vorhandensein mehrerer gleich naher Verwandter kam dem Grundherrn das Recht zu, eine ausgewählte Einzelperson als Übernehmer zu bestimmen, welcher die ausscheidenden Erben in sogenannten „Laidentlichen Fristengeldern“ auszubezahlen hatte. 1787 folgte ein Gesetz, das beim Vorhandensein mehrerer Geschwister den ältesten Sohn zum Erben berief. Dadurch wurde den Grundobrigkeiten die Einflussnahme auf die bäuerliche Erbfolge genommen. Diese Josephinische Gesetzgebung schaffte ein echtes Anerbenrecht, und zielte auf einen wirtschaftlich leistungsfähigen Bauernstand ab. Die Zeit nach dem Tod des Kaisers und die Folgezeit bis 1848 war zwar wiederum geprägt von Konservierung und Stagnation der Sozialreformen, durch Maria Theresia und Joseph II wurde jedoch das Verhältnis zwischen Grundherren und Untertanen verändert, indem ein Beamtenapparat zwischengeschaltet wurde. Auch wenn dieser grundsätzlich nicht bauernfreundlich eingestellt war, schränkte sein Bestehen, mit dem die landesfürstlichen Zielsetzungen verfolgt wurden, die Macht der Grundherrschaft ein. (vgl.

NICOLAI, 2010, S. 24) Im Zuge der Josephinischen Reformen wurde nicht nur die Leibeigenschaft abgeschafft, sondern auch ein allgemeiner Steuerkataster und ein topographisches Verzeichnis aller steuerpflichtigen Flächen und Durchschnittserträge angelegt. Mit der Abschaffung aller Standesprivilegien, Adel, Geistlichkeit, Bürgerliche und Bauern wurden mit gleichen Steuersätzen belastet, kam das Ende der feudalen Epoche. (vgl. DWORSKY, 1984, S. 56)

Im Jahr 1795 wurde die „Allgemeine Verordnung in Bausachen der Unterthanen“ verlaublich, in deren Präambel die Waldrodungen und ihre Bedeutung für den Erhalt des Waldbestandes in Erinnerung gerufen und deren nachlässige Administration beklagt wurde. Für Bauführungen wurde eine Bewilligungspflicht eingeführt, bei der Grundherrschaft und Bauwerber gleichermaßen Parteienstellung beim sogenannten Waldmeisteramt zukam. Letzteres war mit der Vollziehung der Bauordnung betraut. Sie erlaubte die Verwendung von Bauholz nur noch für Decken- und Dachkonstruktionen, und führte taxativ Umstände an, unter denen ausnahmsweise auch konstruktive Holzbauten zu bewilligen waren. Befohlen wurde auch eine Katastralbeschreibung, die den gesamten Baubestand zu erfassen hatte. Diese Liste enthielt einen Auszug aus dem Hofurbar (Anm.: einem Hof zugehöriges Gut, zur Leihe ausgetanenes Gut und das an solchem Gut bestehende Leiherecht), die Gebäudebeschreibung nach einer standardisierten, funktionellen und konstruktiven Typologie sowie die Anzahl der Feuerstätten. In einem erläuternden, begriffsbestimmenden Beiblatt werden 20 Konstruktionstypen skizziert. (vgl. DWORSKY, 1984, S. 57f)

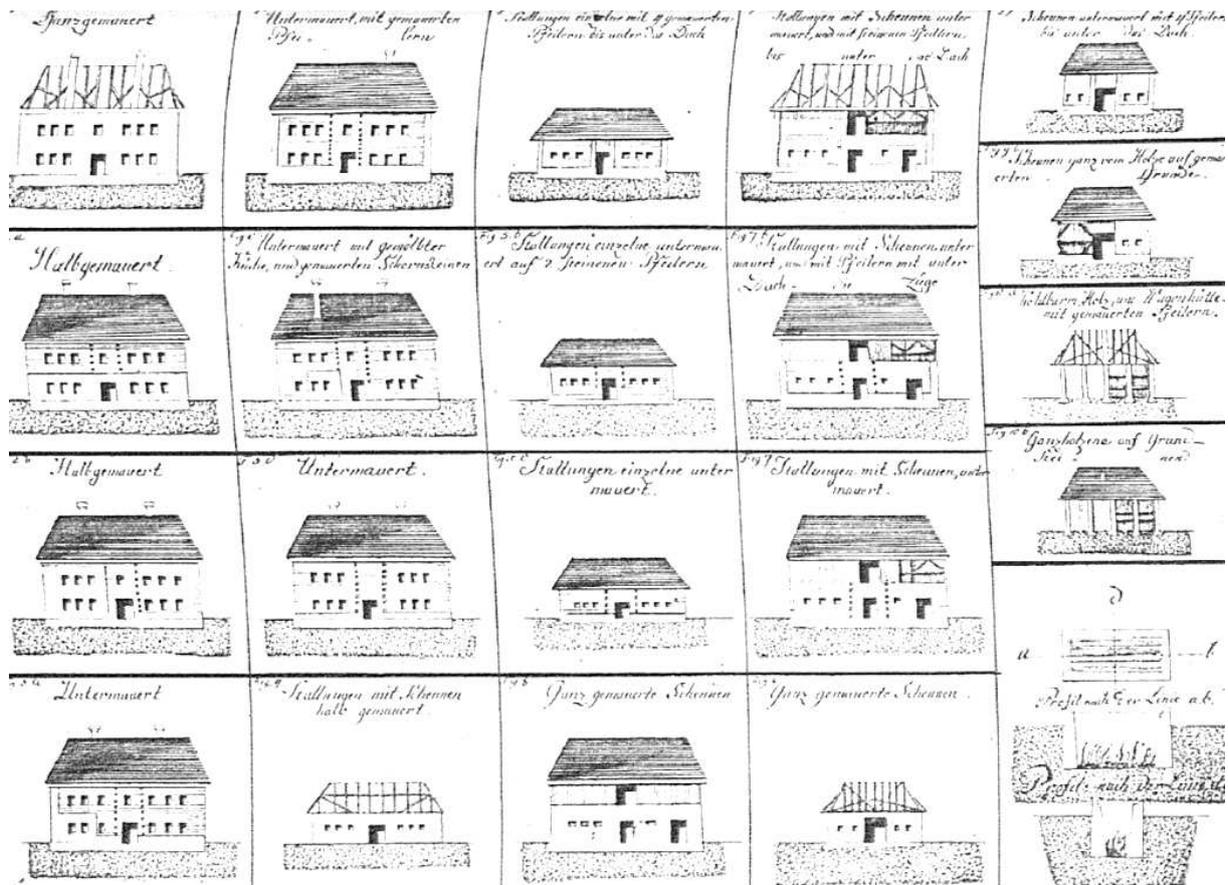


Abbildung 14: Begriffsbestimmendes Beiblatt mit 20 Konstruktionstypen, gez. Aloys Wegscheider 1805 (Dworsky, 1984, S. 58, vergrößerte Darstellung siehe Anhang)

1.5.3 Bauernbefreiung

Bis 1848 verfügte nicht der Bauer über den Hof den er bewirtschaftete, sondern ein meist adeliger oder geistlicher Grundherr. Der Bauer besaß also nur das Nutzungsrecht, und hatte dafür Dienste in Form von Natural- und Geldabgaben bzw. Arbeit zu leisten. Sein Eigentum beschränkte sich auf das bewegliche Vermögen (*Fahrnisse*). Die Beziehung zwischen Grundherr (*Holde*) und Untertanen (*Hintersassen*) war nicht nur ökonomischer Natur. Die Menschen auf einem Anwesen standen auch in persönlicher Abhängigkeit zu ihren Herren. Diese kam in Beschränkungen bei der Freizügigkeit, der Heiratsfähigkeit und anderen Diensten zum Ausdruck. (vgl. MITTERMÜLLER, 2001, S. 83)

Das Jahr 1848 brachte die agrarpolitische Veränderung der Grundentlastung mit sich, die unter dem Begriff der „Bauernbefreiung“ Eingang in die Geschichte fand und die Eigentumsverhältnisse für die bäuerliche Bevölkerung entscheidend veränderte. Die grundherrschaftlichen Lasten, Rechte und Pflichten sowie Privilegien der Grundherren wurden abgeschafft. Die Bauern wurden nun zu Eigentümern ihrer Höfe und bald freie Staatsbürger. Eine bedingungslose Entlastung war jedoch nicht vorgesehen. Ein Drittel der aus dem stabilen Grundsteuerkataster (heute Kataster) ermittelten Geldwerte musste in Geld abgelöst werden. Die übrigen zwei Drittel übernahmen Grundherr und Staat. Kaum ein Bauer konnte diesen Betrag sofort in erforderlicher Höhe aufbringen, hatte jedoch 20 Jahre Zeit, die Schuld abzutragen. War dies schließlich so weit, wurde der Entlastungsausspruch im Grundbuch angemerkt. (vgl. MITTERMÜLLER, 2001, S. 111f) Dies wiederum führte zur Abhängigkeit der Bauern gegenüber ihren Geldgebern. Industrialisierung, wirtschaftlicher Liberalismus und der damit einhergehende Kapitalismus brachten die bäuerliche Bevölkerung vielerorts in Notsituationen. Zudem war die bäuerliche Wirtschaft ausgesprochen rückständig, und die Konkurrenz des Großgrundbesitzes mit seinen billigen Produkten erdrückend. Die Abschaffung der Robot ermöglichte es dem Großgrundbesitzer, das durch die Grundentlastung zugekommene Kapital in die Einführung verbesserter Geräte zu investieren, die für kleine und mittlere Bauern unerschwinglich blieben. Die Agrarkrise und die Landflucht führten zur Forderung, die Schulbildung des Bauernstandes zu heben und kaufmännische Fähigkeiten zu erwerben. Genossenschaften sollten billigere Kredite ermöglichen, Steuern und Gebühren ebenso reformiert werden wie das Grundeigentums-, Erb- und Kreditrecht. Auch der Zollschatz sollte neu gestaltet werden. Am dringendsten empfand man jedoch die Einführung eines Anerben- und Höferechts“. (vgl. NICOLAI, 2010, S. 29ff)

Allgemein wurde eine negative Wirkung der freien Teilbarkeit von Höfen festgestellt. Um bäuerliche Besitztümer auch nach erfolgter Übernahme präsentationsfähig zu halten, wurde eine Übernahme von Grund und Boden als ungeteiltes Ganzes angestrebt, wofür das „Reichsrahmengesetz“ (RRG) aus dem Jahr 1889 als rechtliche Grundlage dienen sollte. (vgl. NICOLAI, 2010, S. 32f)

Da die Grundentlastung von keiner Bodenreform etwa durch eine Aufteilung der gutsherrschaftlichen Domänegründe zugunsten der ehemals fronpflichtigen Bauern begleitet war, sondern nur das Rustikalland (die in Eigenregie betriebenen Kleinwirtschaften) in das Eigentum der Nutzer übertrug, differenzierte sich die agrarische Besitzstruktur: Hatten die alpinen Bauern auf an sich gut lebensfähigen Hofgrößen nur eine Zinslast abzuschütteln und das Entschädigungsdrittel abzuzahlen, um ein wohlausgestatteter Vollerwerbsbetrieb zu werden, gewannen die Bauern des nordöstlichen Flach- und Hügellandes nur kleine Rustikalgründe. Sie mussten sich beim ehemaligen Gutsherren als Landarbeiter verdingen oder Arbeit in Industriebetrieben annehmen. Diese sogenannte konservative Revolution lag durchaus im liberalen Konzept, und legte die Besitzgrößenstrukturen in der Landwirtschaft im Wesentlichen bis heute fest. (vgl. DWORSKY, 1984, S. 71f)

1.6 Soziokulturelle Betrachtungen

Eine der zentralen Aufgabe von Bauerngesellschaften ist der sorgsame Umgang mit der Natur als materielle Lebensbasis zur Stabilisierung und Sicherung der Produktivität von Kulturlandschaften. Da der Gewalt von Naturprozessen nur gemeinschaftlich entgegengetreten werden kann, müssen Sozialstrukturen von jedem einzelnen Menschen gestützt und gestärkt werden. (vgl. BÄTZING, 2015, S. 118) Zur ökologischen Sicherung der bäuerlichen Lebensgrundlage haben sich im Alpenraum zwei unterschiedliche Gesellschaftssysteme gebildet: ein einfaches, mit dem Hof im Interessensfokus und ein komplexeres mit der Gemeinde im Mittelpunkt. In alpinen Streusiedlungen stellte der Hof das wirtschaftliche, soziale und kulturelle Zentrum dar. Der einzelne Bauer konnte zwar mehr oder weniger autark handeln, und wurde kaum von einer Instanz direkt kontrolliert, sein Verhalten war jedoch von seinen Verpflichtungen gegenüber dem Hof geprägt, der an den Sohn übergeben werden musste. Der Sohn seinerseits wurde auf die verantwortungsvollen Aufgaben der Hofführung von Kind an vorbereitet. Dies oblag vor allem dem Bauern und der Bäuerin. Die übrigen Familienmitglieder sowie Mägde und Knechte hatten an diesen Vorgängen nur wenig Anteil bzw. waren davon völlig ausgeschlossen. Nichterbbauberechtigten Kinder verschmolzen mit der unterbäuerlichen Gesindeschicht, die einer je nach Anzahl des Gesindes mitunter strengen hierarchischen Gesellschaftsstruktur unterlagen, an deren Spitze der Bauernknecht, der sogenannte *Moar*, stand. Er war der Vermittler zwischen dem Bauern und den unterstellten Knechten, und teilte diesen die Arbeit zu. (vgl. BOZSING, 2017, S. 30ff)

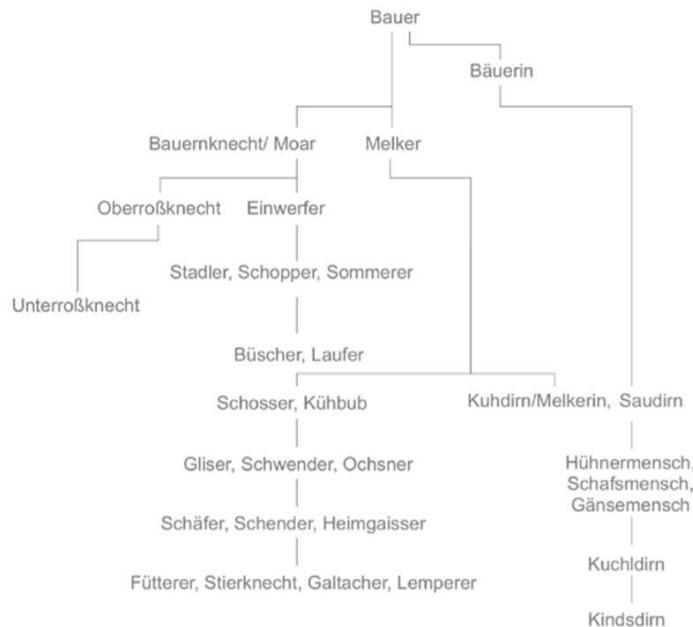


Abbildung 15: Gesindehierarchie auf einem pinzgauer Hof des 18. Jahrhunderts (Bozsing, 2017, S. 30, nach MITTERAUER, 1986)

In alpinen Dorfsiedlungen, in denen die Familien auf kommunale Flächen angewiesen waren, spielten die Statuten von Gemeinden eine ökologische Schlüsselrolle. Hier wurden Nutzungsgrenzen für die kommunalen Flächen detailliert und verbindlich festgesetzt. Weil in diesem System eine Familie durch Übernutzung der kommunalen Flächen einen privaten Vorteil zu Lasten der Allgemeinheit erzielen konnte, bekam die gesellschaftliche Kontrolle einen zentralen Stellenwert. (vgl. BÄTZING, 2015, S. 118ff) In Bauerngesellschaften, die durch kollektive Abhängigkeit charakterisiert waren, wie etwa die Kolonistendörfer der Jahrtausendwende im nordöstlichen Flach- und Hügelland, war die

Hofgemeinschaft mit der biologischen Familie identisch und alle Familienmitglieder relativ gleichberechtigt in den agrargenossenschaftlichen Arbeitsprozess eingebunden. Dementsprechend flach war das Profil der sozialen Differenzierung in der Familie ausgeprägt. (vgl. DWORSKY, undatiert, S. 11f)

1.6.1 Arbeit

Vor der landwirtschaftlichen Technisierung und Automatisierung, die grundlegend erst Mitte des 20. Jahrhunderts begonnen hatte, mussten Bauern eine große Palette verschiedenartiger Tätigkeiten beherrschen, um Hof, Stall und Feld instand zu halten. Der Bauer war also auch Handwerker und stellte Gerätschaften, Hilfsmittel und Werkzeuge zumeist selbst her. Nur wenige Dinge wurden an Spezialisten vergeben. (vgl. GRIESER, 1992, S. 10f) Auch die Errichtung von Bauernhäusern erfolgte ursprünglich durch die Bewohner selbst, was neben der Verrichtung der üblichen Arbeit nicht ohne Nachbarschaftshilfe möglich war. Da jedoch die Verwendung bezahlter Arbeitskräfte ausgeschlossen war, hatte der Bauende für die Helfer Lebensmittel bereitzustellen. Diese Beihilfen waren in Dorfverfassungen und sogenannten Nachbarschaftsartikeln vor allem in Nordosten der ehemaligen Monarchie verankert, gesetzlich jedoch nicht bindend. Wer sich solchen Arbeiten jedoch entzog, war von den Vorteilen dieser Gemeinsamkeit wie zum Beispiel der Lieferung und Zufuhr von Baustoffen im Brandfall ausgeschlossen. Begabung, Geschick und Arbeitswilligkeit von einzelnen Baubeteiligten brachten es mit sich, dass sie sich bei der Ausführung und Leitung schwieriger Arbeiten auszeichnen konnten und bei anderen Gelegenheiten in ähnlicher Weise eingesetzt wurden. Die so entstehende Arbeitsteilung führte zu handwerksmäßigen Ausbildungen. (vgl. DACHLER, 1906, S. 90ff)

Körperliche Arbeit war im Agrarbereich die zentrale Voraussetzung der materiellen Existenzsicherung. Kraft, Leistungsfähigkeit, Fertigkeiten und handwerkliche Geschicklichkeit waren grundlegend für die Stall- und Feldarbeit, und bestimmten den Erfolg oder Misserfolg des Hofes. Im bäuerlichen Sozialisationsprozess gewann die Gewöhnung an schwere körperliche Arbeit und die Aneignung von bestimmten Fähigkeiten und Erfahrungen eine zentrale Bedeutung. Die Körperlichkeit der Arbeit wurde als wichtiges Differenzierungsmerkmal gegenüber anderen Gesellschaftsschichten interpretiert. Schließlich gründete sich auf der körperlichen Arbeit ein Leistungsbewusstsein, mit dem sich ein bäuerliches Selbstverständnis verband. (vgl. FLIEGE, 1998, S. 245f) Das Arbeitspensum von Bauern ist hoch und bis heute auf hohem Niveau konstant geblieben. Noch im Jahr 1988 betrug die Wochenarbeitszeit selbständiger Landwirte 64 Stunden.

Der Zeitrhythmus der bäuerlichen Arbeit wird von der Naturabhängigkeit geprägt, wobei die Produktionsprozesse eng mit dem organischen Lebenszyklus der Natur verbunden sind. Manche zeitlichen Festlegungen sind jedoch nicht beeinflussbar. So erfolgt das Mähen bei schönem Wetter und zu einem bestimmten Zeitpunkt die Aussaat ebenso wie die Kühe zu bestimmter Zeit gemolken werden müssen. (vgl. FLIEGE, 1998, S. 212ff) Zweifellos gehörte die Ernteperiode des Sommers zu den arbeitsreichsten Zeiten des Jahres, da sie alle Arbeitsreserven der Betriebe für Heu- und Getreideernte voll beanspruchte. Im Winter erforderten vor allem der Getreidedrusch und die Versorgung des Viehs einen großen Zeitaufwand, sodass die moderne Vorstellung von einer winterlichen Arbeitspause der Bauern nicht zutrifft. Beginn und Ende der Vegetationsperiode markieren jedoch die wichtigsten Abschnitte des Jahres, und der Ablauf der Vegetation im Jahreszyklus duldet keinen Arbeitsaufschub. (vgl. RÖSENER, 1997, S. 171f)



Abbildung 16: Mittelalterliche Darstellung landwirtschaftlicher Arbeiten im Monatszyklus (Rösener, 1993, S. 59)

Geschlechtsspezifische Arbeitsrollen

Arbeitsteilung und Geschlechterrollen waren in vorindustrieller Zeit nicht voneinander zu trennen, mit aller Vorsicht lässt sich ein geschlechtsspezifisches Grundmuster der Arbeitsteilung festhalten: Der Schwerpunkt der Männerarbeit lag bei der Feldarbeit. Zum Aufgabenfeld der Frau gehörte trotz aller regionalen und sozialen Unterschiede die Kindererziehung, die Haus-, Milch- und Viehwirtschaft sowie die Bearbeitung des Gartens sowie die Vorratshaltung. Neben dem alltäglichen Kochen, Reinigen und Wäschewaschen erforderte vor allem die Aufbereitung der Lebensmittel einen hohen Zeitaufwand. Textilarbeiten wurden zumeist im Winter verrichtet. Diese Befunde entsprechen im Wesentlichen dem Idealbild, das die sogenannte Hausväterliteratur des 17. und 18. Jahrhundert entworfen hatte. Starre, geschlechtsspezifische Differenzierungen waren vorrangig in Großbetrieben stark ausgeprägt und in Kleinbetrieben eher unüblich. (vgl. FLIEGE, 1998, S. 223ff) Im Zuge der Monetarisierung und Kommerzialisierung übernahmen Männer auch Frauenarbeiten. Je mehr ein Arbeitsbereich im Mittelpunkt des ökonomischen Interesses stand und je mehr er auf den überregionalen Handel ausgerichtet war, desto stärker war der Anteil der Männer an den Hauptarbeiten. Bei längerem Fernbleiben des Gatten (aus beruflichen oder privaten Gründen oder in Krisenzeiten) übernahmen Frauen Männerarbeit. Die Arbeitssphäre der Frau expandierte daher je mobiler der Mann aufgrund seines Tätigkeitsbereiches war. Das gemeinsame Verrichten und die Übernahme von Arbeiten des anderen Geschlechts erfolgte (ohne dass diese verhöhnt wurde) etwa bei Textil- oder Webarbeiten. (vgl. BOZSING, 2017, S. 22f)

1.6.2 Ernährung

Im Spätmittelalter bildete vor allem Fleisch eine wichtige Ernährungsgrundlage. Betrag der Fleischkonsum bis zu 60 kg pro Person und Jahr, wies er vom 15. bis zum 19. Jahrhundert eine stark rückläufige Tendenz auf. Infolge der veränderten Angebots- und Nachfragesituation stiegen die Vieh- und Fleischpreise im 16. Jahrhundert außergewöhnlich stark an. Für einen Großteil der ländlichen und städtischen Unterschichten wurde der Konsum von Fleisch- und Viehprodukten, sofern man nicht auf Vieh aus dem eigenen Stall zurückgreifen konnte, unerschwinglich. Daher ging der Fleischkonsum bedeutend zurück, sodass er um 1800 nur noch 15 kg pro Person und Jahr betrug.

Für die meisten Menschen der frühen Neuzeit bildete ein Brei aus Getreide die wesentlichste Ernährungsgrundlage. Anstelle des Fleischkonsums traten zunehmend Gemüse, Rüben, Erbsen, Kraut, Suppen und seit dem 18. Jahrhundert die Kartoffel. Als typische Speise der Nebenmahlzeiten kam auch Brot hinzu. (vgl. RÖSENER, 1993, S. 193ff)

Fortschritte in der Landwirtschaft am Übergang vom 18. zum 19. Jahrhundert, der Wechsel von Dreifelder- zur Fruchtwechselwirtschaft, der Anbau von Hackfrüchten, die vermehrte Sommerstallfütterung, der Einsatz von Dünger und eine erweiterte Getreide- und Gemüseproduktion trugen zur Verbreitung des Nahrungsspielraums bei. Futtermittelanbau und die ganzjährige Viehstallhaltung steigerten die Herstellung von Fleisch- und Milchprodukten. Zudem war das Nahrungsmittelangebot durch den Ausbau der Transportmöglichkeiten wesentlich reichhaltiger und billiger geworden. Die Ausdehnung der Brotnahrung sowie die Aufbesserung des Speisezettels mit Kartoffeln und Fleischprodukten werden als wesentliche Kennzeichen der Verköstigung im 18. und 19. Jahrhundert angesehen. (vgl. FLIEGE, 1998, S. 310f)

Die Nahrungsaufnahme selbst unterliegt gesellschaftlichen Vorschriften, und ist eine Form des sozialen Handelns, die Menschen miteinander verbindet. Bis ins 20. Jahrhundert wurde in der ländlichen Bevölkerung an alten Nahrungsbräuchen festgehalten: Die Mahlzeit war wenig formalisiert, gegessen wurde meist mit Löffeln aus einer gemeinsamen Schüssel, Familie und Gesinde aßen mitunter an getrennten Tischen oder getrennten Stuben. Die soziale Organisation des Hofes wurde in der Tischordnung des ganzen Hauses symbolisch bekräftigt. Im 19. Jahrhundert wurden nach und nach bürgerliche Tischsitten und die damit verbundenen Verhaltensregeln übernommen. (vgl. FLIEGE, 1998, S. 321f)

1.6.3 Wohnen

Im bäuerlichen Haushalt hat sich bis heute die Struktur eines gemeinsamen Wohnens und Arbeitens unter einem Dach erhalten. Wohn- und Arbeitsstätte gehen dabei ineinander über. Arbeit und Freizeit sind keine deutlich voneinander abgrenzbaren Sphären. Dieses Spezifikum unterscheidet bäuerliche Familien maßgeblich von anderen Berufsgruppen. (vgl. FLIEGE, 1998, S. 289) In der vorbürgerlichen Zeit lebte die gesamte Hofgemeinschaft unter einem Dach. Inventare zeigen, dass bis in das 19. Jahrhundert die meisten Räume der Bauernhäuser noch multifunktional genutzt wurden. Selbst wenn im Haus mehrere Kammern zur Verfügung standen, spielte sich das Leben vor allem in der (Rauch)stube ab. Diese war ein Allzweckraum und zumeist als einziger Raum beheizbar. Dort wurde gearbeitet, gekocht, kommuniziert, gegessen und geschlafen. Am Gestänge über dem Ofen wurde die Wäsche getrocknet und die Ofenwärme unter Umständen auch zur Viehaufzucht (vor allem von Federvieh) genutzt. Hier wurden die Kranken gepflegt, die winterliche Heimarbeit verrichtet und die Freizeit verbracht. In der Rauchstube konnte keine Form von Privatheit oder sozialer und räumlicher Intimsphäre entstehen. Tisch, Bank, Bett und Truhe waren bei aller regionaler Unterschiedlichkeit meist die einzigen Möbel. Bewegliche Stühle als Raumausstattungs-elemente wurden ab dem 18. Jahrhundert in das bäuerliche Mobiliar aufgenommen. Aus Inventarlisten lässt sich das typische Mobiliar der bäuerlichen Mittelschicht im 19. Jahrhundert, variierend nach Region und Vermögensumstände, ungefähr bestimmen. Kammern sind mit Betten, Kleiderschrank, Truhe und Wiege ausgestattet. Stuben sind mit Tisch, Bänken, Hockern, Stühlen und eventuell Betten möbliert. In der Küche finden sich Wirtschaftsschrank, Geschirrboard, dazu eine Uhr und kleine Hangschränke sowie eine Sitzbank. (vgl. FLIEGE, 1998, S. 282f) An exponierter Stelle im Stubenbereich befand sich ein Herrgottswinkel. In diagonalen Anordnung schräg gegenüber dem Ofen gelegen, stellt der Herrgottswinkel einen wesentlichen Kultbereich des Bauernhauses dar. In diese besondere, mit Kreuzifix, Heiligenbildern, manchmal mit einer holzgeschnitzten Heiligengeist-Taube an der Decke geschmückten Stubenecke ist auch der Esstisch als zentraler Ort des Familienlebens miteinbezogen. (vgl. DWORSKY, 2017)

Nachfolgende in-situ-Abbildungen aus den 1960er Jahren verdeutlichen exemplarisch bäuerliche Wohnsituationen, wie sie sich in unterschiedlichen Regionen bis in jüngerer Vergangenheit erhalten haben. (Die Aufnahmen sind in Gebäuden entstanden, die zur Übertragung in das Österreichisches Freilichtmuseum in Stübing vorgesehen waren und kurz darauf transloziert wurden.)



Abbildung 17: Wohnstube eines Unterinntaler Einhofes (Hanslerhof) im Jahr 1966 (Archiv ÖFLM Stübing, 1966)

Abbildung 18: Wohnstube eines Vierkanthofes (Schwarzmayrhof) im Jahr 1967 (Archiv ÖFLM Stübing, 1966)

Abbildung 19: Blick in die ehemalige Rauchstube eines Ennstaler Paarhofes (Laarerhofes) im Jahr 1964 (Archiv ÖFLM Stübing, 1964)

Im Zuge der Industrialisierung entwickelte sich der bürgerliche Haushalt zu einer zur Arbeitswelt komplementären Sphäre. Anhand der räumlichen Aufteilung sind Funktionstrennungen und Abgrenzungen von Heim und Arbeit bzw. privater und weniger privater Räume ablesbar. Ehe und Familie wurden intimisiert und die Erziehung der Kinder zur zentralen Aufgabe. Haushalt und Heim waren Einflussosphäre der Frau und Ort von Intimität und Kindererziehung. Die Haushaltsgruppe wurde auf eine blutsverwandte Kleinfamilie reduziert. (vgl. DANGSCHAT, 2016, Fol. 10f)

Auch im Bauernhaus begann zwischen dem 17. und 19. Jahrhundert eine Ausdifferenzierung der Räume. Anstelle der Allzweckstube wurden getrennte Wohn-, Koch- und Schlafbereiche geschaffen, wobei sich zuerst aus der Rauchstube die Küche herausbildete und der Prozess des Kochens vom öffentlichen Geschehen abgetrennt wurde. Die Geschichte der Küche ist mit der Konzentration ihrer Wärmequellen verbunden. Bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts wurde in Rauchstuben oder Rauchküchen vorwiegend über brennender Flamme oder offener Glut gekocht. Erste Schritte, das Feuer unter einer Herdplatte zu versenken, waren Ende des 18. Jahrhunderts dem wohlhabenden Bürgertum oder exklusiven Großküchen vorbehalten. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts fanden eiserne Herde mit bedeckter Feuerung, die sogenannten Sparherde, Eingang in bäuerliche Küchen.

Eine deutliche Tendenz zur Privatisierung des Wohnens zeigt sich anhand des Aufkommens von Schlafkammern. Schliefen alle Hausbewohner zunächst gemeinsam in einem großen, beheizbaren Mehrzweckraum, lässt sich seit dem 18. Jahrhundert eine Auslagerung der Schlafräume erkennen, zunächst unter Wärmeverzicht in der kalten Jahreszeit. Die Stube blieb weiterhin Zentrum des Hauses und wichtigster Aufenthalts- und Kommunikationsraum. (vgl. FLIEGE, 1998, S. 285ff)

Künstliche Beleuchtung und ökonomische Optimierung von Tages- bzw. Produktionsabläufen haben im 19. Jahrhundert zur Erforschung des Schlafes und zur wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit Schlafbereichen geführt. Dabei erfolgten differenzierte Betrachtungen von privaten, abschließbaren Rückzugsräumen in bürgerlichen Wohnverhältnissen, gemeinsames Schlafen mehrerer Personen in einem Raum und auch das Schlafen im Schichtbetrieb bei sozial benachteiligten Gesellschaftsgruppen. Anhand von Schlafgewohnheiten sind demnach gesellschaftliche Organisationsformen ablesbar. (vgl. ALHEIM, 2018)

Das am günstigsten gelegene Zimmer des Bauernhauses neben oder oberhalb der Stube war meist dem Bauernehepaar vorbehalten, die übrigen Kammern waren mehr oder weniger unregelmäßig im Haus verteilt. Die Trennung von Familie und Bediensteten war strikte Regel, da Standesunterschiede erkennbar sein mussten. (vgl. BOZSING, 2017, S. 38) War es zunächst üblich, dass Bauernkinder und Bedienstete in einem Raum schliefen, erhielten diese in mittel- und großbäuerlichen Höfen eigene Schlafkammern. Mägde und Knechte schliefen daraufhin in den sogenannten *Menscherkammern* bzw. den *Buamerkammerln*, die mitunter auch in Nebengebäuden untergebracht waren. Vielfach wurde auch bei den Tieren im Stall geschlafen. (vgl. BOZSING, 2017, S. 26ff) Dworsky benennt den für jedes Familien- bzw. Gruppenmitglied abschließbaren Schlafbereich als komplexeste Form des Raumgefüges. Mit der offiziellen Auszeichnung eines Elternschlafzimmers und der geschlechterweisen Sortierung der Mitbewohner ist dabei auch die stringente Reproduktionsregelung mit allen ökonomischen Folgen baulich denotiert. (vgl. DWORSKY, undatiert, S. 10)

Wenn die Hofführung an Erben übergeben wurde und noch beide Elternteile bzw. Altbauer oder Altbäuerin am Leben waren, wohnten diese entweder weiterhin im Kreise der Bauernfamilie oder in einer Altenteilstube mit eigenem Herd und dazugehöriger Stubenkammer. Zudem konnte ein Ausgedinge in der Nähe des Haupthauses bezogen werden. Insgesamt gesehen aber dürfte das Zusammenleben ehemaliger Gutsinhaber mit ihren Kindern und Enkelkindern keine charakteristische Erscheinung gewesen sein, da Bauern ihren Hof vielfach bis ins hohe Alter selbst bewirtschafteten und den Beruf bis zum Lebensende ausübten. (vgl. BOZSING, 2017, S. 18)

2 Klima

Die baulichen Merkmale vernakulärer Architektur werden vielfach als Resultate des Beobachtens von Klimaverhältnissen begriffen. Rudofsky identifizierte in der dahingehenden Gebäudebetrachtung auch eine für die Architektur des Industriezeitaltes geltende Wissens- und Inspirationsquelle (vgl. Vorwort RUDOFSKY u. a., 1989), und Bruno Taut bemerkte: „Überall auf der ganzen Erde, in allen Zonen und Ländern hat das Klima die grundlegende, technische Anordnung diktiert, nicht nur in den Fenstern, sondern in allen Teilen der Bauten. Das Technische folgte mild und behutsam den Forderungen der Natur und gab die Grundlage des Stils.“ (vgl. ROESLER, 2013, S. 18 nach Taut), (TAUT, 1937/1977 S. 73)

Die Analysen von Gebäuden haben demnach auch im Kontext standortbezogener Klimaverhältnisse zur erfolgen, die wiederum vor dem Hintergrund klimageschichtlicher Entwicklungen zu interpretieren sind. Je nach Alter der zu untersuchenden Objekte und der zum Zeitpunkt ihres Entstehens angewendeten Methoden der Klima- und Wetterdokumentation liefern deskriptive (qualitative) Beschreibungen, Messdaten (einzel- oder synoptische Aufzeichnungen) aber auch indirekte Klimaanzeiger (natürliche Archive, Aufzeichnungen über die Reifung von Feldfrüchten und Weinentwicklungen, etc.) Informationen über Kalt- und Warmphasen sowie feuchte bzw. trockene Zeitabschnitte. Um die dahingehenden Charakteristika ausgesuchter Fallbeispiele traditioneller und anonymer Gebäude im Kontext ihrer jeweiligen klimatischen Umgebung und Entstehungszeit interpretieren und vergleichen zu können, werden im folgenden Kapitel die unterschiedlichen Klimaregionen in Österreich sowie klimahistorische Entwicklungen in Europa und Methoden ihrer Rekonstruktion vorgestellt.

2.1 Klimadisposition

Die Klimatologie beschäftigt sich mit dem komplexen Klimasystem der Geo- bzw. Biosphäre und deren vorhersagbaren und nicht-vorhersagbaren Parametern. (vgl. STEINACKER, 2015a) Das Wort Klima leitet sich vom altgriechischen Verb *klínein* ab, das mit Krümmung oder Neigung übersetzt werden kann. Es soll damit auf die Kugelkrümmung der Erde hingewiesen werden, durch die sich meteorologische Bedingungen in Abhängigkeit von der geographischen Breite verändern. (vgl. HÄCKEL, 2012, S. 316) In Abgrenzung vom Wetter kennzeichnet das Klima einen statistisch ermittelten Zustand der Erdatmosphäre an einem Ort mit den über einen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten möglichen Wetterzuständen mit ihren typischen Aufeinanderfolgen und tages- und jahreszeitlichen Schwankungen. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2012, S. 12) Die World Meteorological Organization (WMO) das meteorologische Fachorgan der UNO hat dafür einen mindestens 30-jährigen Zeitraum vorgeschrieben und die Periode von 1971 - 2000 als Normperiode deklariert. (vgl. HÄCKEL, 2012, S. 317)

2.1.1 Räumliche Gliederung unterschiedlicher Klimata

Das Klima und seine Beschreibung beziehen sich stets nur auf einen einzelnen Punkt. Vergleicht man Klimata benachbarter Punkte, stellt man fest, dass die Zusammenfassung mehr oder weniger großer Areale zu klimatologischen Einheiten sinnvoll ist. Für deren Beschreibung wird je nach räumlicher Betrachtungsebene zwischen Makro-, Meso- und Mikroklima unterschieden. Das Makroklima umfasst die Betrachtung von relevanten Faktoren im Rahmen einer geographischen Ausdehnung bis etwa 30 Millionen km². Auch das Klima einer landschaftlichen Region oder eines großen Gebietes wie zum Beispiel den Alpen wird als Makroklima subsummiert. (vgl. HÄCKEL, 2012, S. 318f) Als

Einordnungsmerkmale dienen die Verteilung der Solarstrahlung, die Geländehöhe, die Land-Meer-Verteilung und die atmosphärischen Zirkulationssysteme. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2012, S. 12) Das Makroklima der Erde ist in Gebiete eingeteilt, in denen ähnliche klimatische Bedingungen vorherrschen. Dabei wird zwischen sieben Klimazonen unterschieden: tropischer Regenwald, Savannenklima, Steppenklima, Wüstenklima, gemäßigtes Klima, Schneewaldklima und das Klima der Tundra. (vgl. HEGGER u. a., 2012, S. 24)

Ab einer Ausdehnung von wenigen tausend Quadratkilometern spricht man vom Mesoklima. (vgl. HÄCKEL, 2012, S. 320) Dieses wird vor allem von natur- und kulturräumlichen Elementen bestimmt. Dazu gehören Geländeformen wie Berge, Täler, Küsten, Inseln aber auch Waldgebiete, Städte und Dörfer. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2012, S. 12) Lokale Parameter wie Vegetation und Oberflächenbedeckung, Oberflächenform, regionale Niederschlagsmengen sowie menschliche Aktivität beeinflussen das Mesoklima einer Region. Vielfach entwickeln sich daraus Bautypologien, welche die Gestaltung der Gebäude prägen und Stadtbilder vereinheitlichen. (vgl. HEGGER u. a., 2012, S. 28) Das Mikroklima beschreibt das Klima auf kleinstem Raum wie etwa einer Ausdehnung zwischen 1 km² und 1 m² (vgl. HÄCKEL, 2012, S. 320), in bodennaher Luftschicht und innerhalb kurzer Zeitintervalle. Es wird durch das Gelände, den jeweiligen Abstand zur Bodenoberfläche und deren Beschaffenheit sowie der Bepflanzung geprägt. In Städten wird es maßgeblich durch Baumaterialien, Bebauungsdichte, Vegetation, Horizontalüberhöhungen und Luftströmungen bestimmt. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2012, S. 12) Das Mikroklima umfasst somit das Klima eines lokal eng begrenzten Bereichs zum Beispiel eines Straßenzuges. Es hat direkten Einfluss auf die thermischen Bedingungen der dort angesiedelten Gebäude. (vgl. HEGGER u. a., 2012, S. 30)

2.1.2 Klimafaktoren und Klimaelemente

Das Klima eines Ortes wird durch Klimafaktoren und Klimaelemente bestimmt. Zu den ersteren gehören die Solarstrahlung, Seehöhe, Kontinentalität bzw. Meeresnähe aber auch anthropogene Einflüsse wie Emissionen oder Rodungsaktivitäten, welche die Entstehung und Variabilität von Klimata beeinflussen. Klimaelemente sind hingegen meteorologische Größen, die durch ihr Zusammenwirken das an einem Ort vorherrschende Klima kennzeichnen. Dazu gehören Lufttemperatur, Luftfeuchte, Bewölkungsgrad, Sonnenscheindauer, Niederschläge und Wind. (vgl. HEGGER u. a., 2012, S. 24)

Solarstrahlung

Strahlung ist der Transport von Energie mit Hilfe elektromagnetischer Wellen. Da diese kein materielles Trägermedium benötigen, kann Strahlung den luftleeren Raum durchdringen und so Energie von einem Himmelkörper zum anderen befördern. Die Erde erhält auf diesem Weg große Energiemengen aus den Kernfusionsprozessen der Sonne, die unter anderem die meteorologischen Prozesse in Gang halten. (vgl. HÄCKEL, 2012, S. 164f) In Ableitung des sogenannten Planck'schen Gesetzes, benannt nach dem deutschen Physiker Max Planck (1859 – 1947), wonach jede Materie Strahlung in Form von elektromagnetischen Wellen emittiert, deren Wellenlängen in Abhängigkeit von der Temperatur des Strahlers stehen, entspricht die solare Strahlung jener Strahlung, die von einem etwa 5800 K heißen schwarzen Körper ausgesendet wird. (vgl. HÄCKEL, 2012, S. 175) Das emittierte solare Spektrum wird üblicherweise in drei Wellenlängenbereiche eingeteilt: Die ultraviolette Strahlung (UV) im spektralen Wellenlängenbereich zwischen 100 nm und 380 nm transportiert ca. 7 % der gesamtsolaren Energie. Der sichtbare Spektralbereich (VS, Licht) im Wellenlängenbereich zwischen 380 nm und 780 nm umfasst etwa 46 %, und der infrarote Spektralbereich (IR) im Wellenlängenbereich über 780 nm weist einen Energieanteil von ca. 47 % der Sonnenenergie auf. (vgl. HÄCKEL, 2012, S. 178) Die Strahlungsleistung bzw. der Strahlungsfluss der Sonne (W_s) beträgt $3,85 \cdot 10^{14}$ TW. Durch die Solarkonstante (S) wird die Strahlungsflussdichte der Sonne im Erdabstand von etwa 150 Millionen

km angegeben, $S = E_e = 1368 \text{ W/m}^2$ (STEINACKER, 2015a) Damit wird der außerhalb der Erdatmosphäre gemessene Strahlungsstrom bzw. die extraterrestrische Strahlung definiert, die jedoch nicht immer für jeden Punkt der Erde gleich ist. Da sich der Planet im Lauf eines Jahres in einer elliptischen Bahn um die Sonne bewegt, wobei die Erde in einem der beiden Brennpunkte steht, unterliegt der Abstand der beiden Himmelskörper zueinander einem jährlichen Gang. Im Jänner ist der Abstand am kleinsten und im Juli am größten. Als Folge davon zeigt die Höhe der Solarkonstante eine Schwankungsbreite etwa zwischen 1310 W/m^2 und 1400 W/m^2 und damit von circa 7 %. (vgl. HÄCKEL, 2012, S. 178f) Dies hat zur Folge, dass die Nordhalbkugel weniger starken jahreszeitlichen Temperaturschwankungen ausgesetzt ist wie die Südhalbkugel.

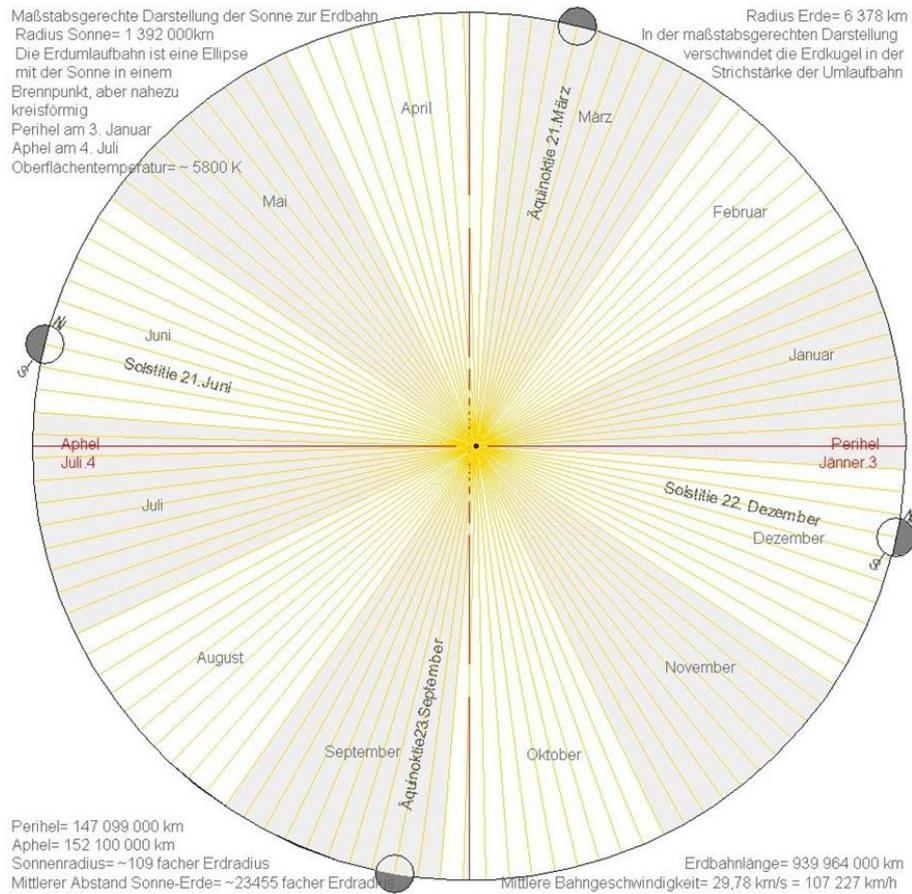


Abbildung 20: Sonne-Erde-Konstellation: Erdbahn, Jahreszeiten, Solstitien (Sonnenwenden) und Äquinoktien (Tagundnachtgleiche), Perihel (sonnennächster Punkt) und Aphel (sonnenfernster Punkt) (SVEHLA, 2014, S. 13)

Entscheidend für die Strahlungsintensität auf einer Fläche ist der Strahlungseinfallswinkel. Der Zusammenhang zwischen Strahlungsstrom und Einfallswinkel wird durch das Lambert'sche Gesetz, benannt nach dem Astronomen, Philosophen und Physiker Johann H. Lambert (1728 – 1777), folgendermaßen beschrieben: (vgl. HÄCKEL, 2012, S. 164f)

$$J = J_0 \cdot \sin\beta$$

Strahlungsstrom (J)

Vertikal einfallender Strahlungsstrom (J_0)

Einfallswinkel β

Formel 1: Lambert'sches Gesetz zur Berechnung der einfallswinkel-abhängigen Strahlungsintensität

Aufgrund der Neigung der Erdachse unterliegt der Strahlungsgenuss verschiedener Regionen der Erde teilweise erheblichen jahreszeitlichen Schwankungen. Am 50. Breitengrad steigt das tägliche solare Strahlungsangebot ab der Wintersonnenwende von etwa 2,3 kWh/m²d bis zur Sommersonnenwende auf knapp 12 kWh/m²d. Der sommerliche Maximalwert ist somit fast sechsmal so hoch wie der Tiefstwert im Winter. (vgl. HÄCKEL, 2012, S. 181) Polare Sonnenbahndiagramme sind zur Bestimmung der Sonnenposition am Himmel zu bestimmten Jahres- und Tageszeiten geeignet. Durch die darin aufgetragenen, konzentrischen Ringe wird die Höhe der Sonne (Anm.: Sonnehöhe γ ; Winkel, der vom Betrachter aus gesehen zwischen dem Sonnenmittelpunkt und dem Horizont eingeschlossen wird) über dem Horizont angegeben. Die Himmelsrichtungen (Anm.: Sonnenrichtung, Azimut α ; Winkel zwischen der geographischen Nordrichtung und dem Vertikalkreis durch den Sonnenmittelpunkt) findet man am Rand der Diagramme, die Kurven in Innenfeld beschreiben die scheinbare Bahn der Sonne am Himmel für die verschiedenen Tage des Jahres. Die quer dazu verlaufenden Linien repräsentieren die Uhrzeit, die jeweils an den Bahnkurven der Tag- und Nachtgleichen angegeben ist. (vgl. HÄCKEL, 2012, S. 182f), (vgl. DIN 5034-2 (idF. v. 1985) 3)

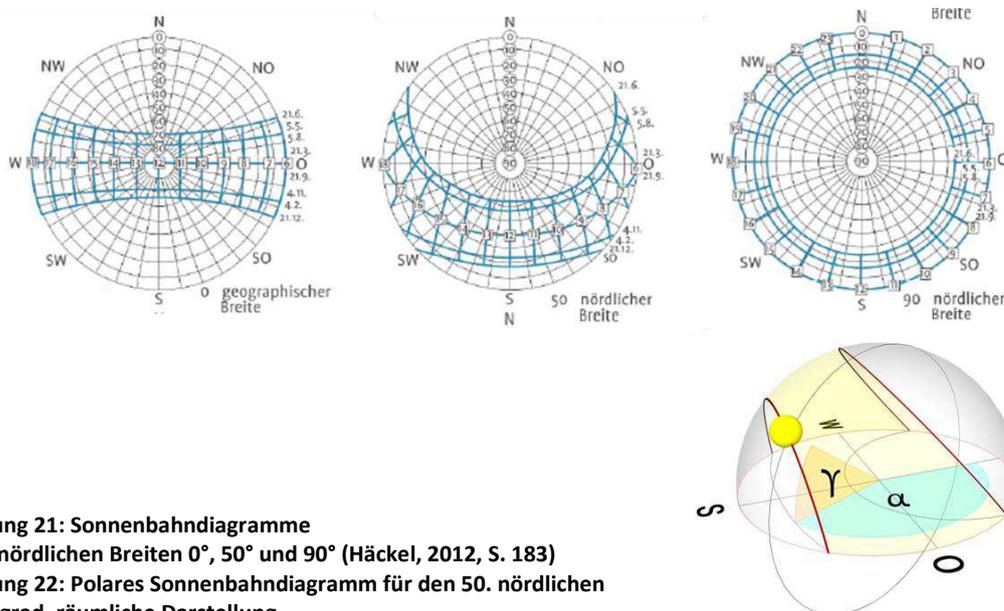
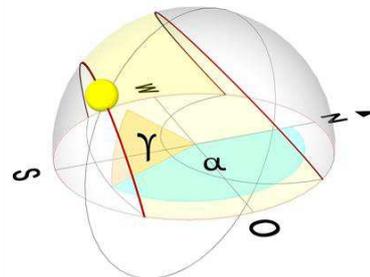


Abbildung 21: Sonnenbahndiagramme für die nördlichen Breiten 0°, 50° und 90° (Häckel, 2012, S. 183)
Abbildung 22: Polares Sonnenbahndiagramm für den 50. nördlichen Breitengrad, räumliche Darstellung



Rund 26 % der auf die Erdatmosphäre auftreffenden Strahlung durchdringt diese ohne Veränderung. Dieser Anteil wird als Direktstrahlung (D) bezeichnet. 16 % der extraterrestrischen Strahlung werden in der wolkenfreien Atmosphäre von Gasen wie Ozon absorbiert, Wolken absorbieren etwa 3 %. Durch Reflexion an den Oberflächen und Streuung innerhalb von Wolken wird ein weiterer Strahlungsstrom zur Erdoberfläche in Gang gesetzt, der sich mit etwa 24 % der extraterrestrischen Strahlung zu Buche schlägt. Die Reflexionen an und die Streuung in Wolken haben auch einen Strahlungsstrom nach oben zur Folge. Er verlässt die Atmosphäre in Richtung Weltraum, und erreicht 20 %. Durch Streuung an Luftteilchen werden 5 % der solaren Strahlung zur Erde geschickt und 6 % in Richtung Weltraum umgelenkt. Die von Wolken und Luftteilchen erzeugten Streu- bzw. Reflexstrahlung summiert sich zu etwa 29 % der extraterrestrischen Strahlung, und wird als diffuse Himmelsstrahlung (H) bezeichnet. Die beiden Strahlungsströme D und H werden zur Globalstrahlung (G) zusammengefasst, die weltweit und über alle Jahreszeiten gemittelt einen Wert von etwa 55 % des extraterrestrischen Strahlungsangebotes annimmt. (vgl. HÄCKEL, 2012, S. 197)

$$G = D + H$$

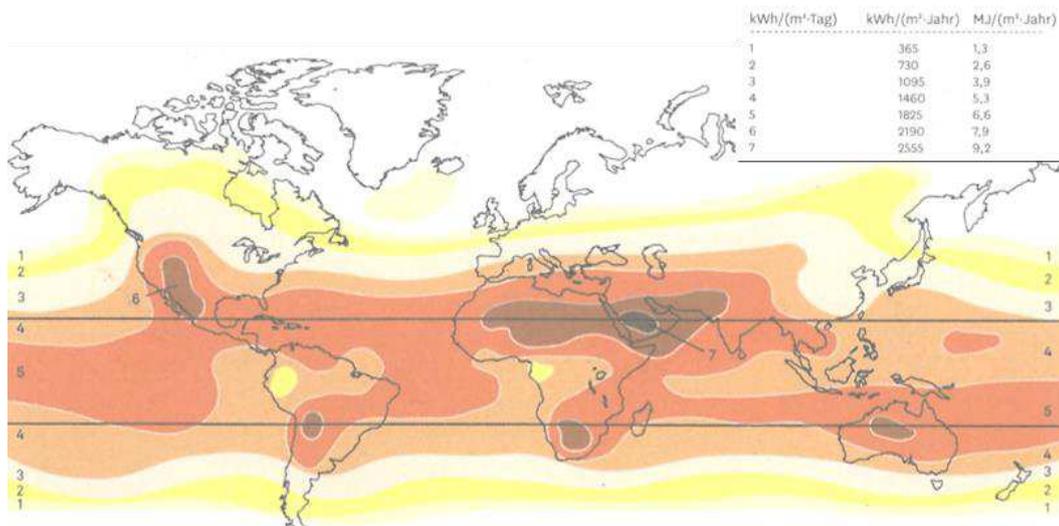
Globalstrahlung (G)

Direktstrahlung (D)

Himmelsstrahlung (H)

Formel 2: Globalstrahlungsberechnung aus Direkt- und Diffusstrahlung

In Mitteleuropa beträgt die Globalstrahlung an wolkenlosen Sommertagen etwa 900 W/m², bei leichter Bewölkung und größtenteils ungehinderter Direktstrahlung kann dieser Wert aufgrund der gestreuten Diffusstrahlung weißer Wolken auf über 1000 W/m² ansteigen. Bei starker Bewölkung können die Werte auf 100 W/m² absinken. Durch den größeren Einstrahlwinkel steigt die Globalstrahlung mit der Annäherung an den Erdäquator. (vgl. HEGGER u. a., 2012, S. 28) In den Alpen geht die Globalstrahlung im Sommerhalbjahr bis etwa 2000 m Höhe kontinuierlich zurück, und bleibt dann weitgehend konstant. Der Grund dafür ist, dass höhere Berggipfel während dieser Jahreszeit oft in Wolken sind und in Tälern die Sonne scheint. Im Winter ist es umgekehrt, und Gipfel ragen aus einer von Dunst und Nebel erfüllten Inversionsschicht heraus. Die Globalstrahlung nimmt somit mit der Höhe im Winter zu. (vgl. HÄCKEL, 2012, S. 196)

**Abbildung 23: Sonneneinstrahlung auf horizontaler Ebene im Jahresdurchschnitt (Roberts, 2009, S. 41)**

Topographie und Höhe des umgebenden Geländes, Exponiertheit und Oberflächenbeschaffenheit von Standorten sind Faktoren, die das Strahlungsangebot an unterschiedlichen Standorten innerhalb eines kleinräumigen Betrachtungsbereiches beeinflussen. Eine geländeklimatologische Differenzierung der Strahlungsbilanz findet sich vor allem an optimalen Strahlungstagen, da unter dem Einfluss dichter Bewölkung kleinräumige Unterschiede meist verwischt werden. Bevor solare Direktstrahlung die Erdoberfläche erreicht, wird sie auf ihrem Weg durch die Atmosphäre durch Extinktion (Strahlungsschwächung durch Absorption und Streuung) geschwächt. Je niedriger der Sonnenstand ist, desto größer ist die Weglänge durch die Atmosphäre. Eine Verdoppelung der Weglänge gegenüber senkrechtem Strahlungseinfall ergibt sich bei einem Einfallswinkel von $\beta = 30^\circ$. Gleichzeitig verkürzt sich der Strahlungspfad durch die Atmosphäre bei zunehmender Geländehöhe. Bei niedriger Sonnenhöhe in den Morgen- und Abendstunden hat vor allem die Umgebungstopographie einen großen Einfluss auf den Direktstrahlungseintrag an einem Ort, da Gebiete in der Nähe von exponierten Geländeerhebungen abgeschattet werden können. (vgl. BENDIX, 2004, S. 45ff)

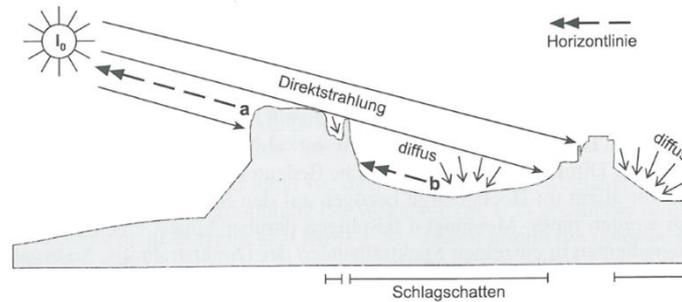


Abbildung 24: Einfluss der Topographie auf den Direktstrahlungseitrag unterschiedlicher Standorte (Bendix, 2004, S. 50)

Auch die Horizontüberhöhung bzw. der Grad der Himmelsichtbarkeit von einem bestimmten Punkt am Boden aus bzw. die Höhe und der Abstand von benachbarten Objekten zählen zu den wesentlichen Einflussfaktoren für die solaren Eigenschaften eines Standortes. Sie werden durch den Sky-View-Faktor (SVF) als einheitslose Zahl im Wertebereich von 0 bis 1 ausgedrückt. Unverbaute Gebiete und Freigelände weisen im Allgemeinen einen höheren SVF auf als etwa dicht bebautes Stadtgebiet. (vgl. FREY, 2014, S. 17)

Seehöhe

Die Höhenlage eines Standortes beeinflusst dessen lokales Klima in vielerlei Hinsicht: Gebirge wirken aufgrund ihrer Ausdehnung und Höhe häufig als Klimagrenze. Im Luv, der dem Wind zugewandten Seite eines Gebirges, bilden sich Wolken, die in weiterer Folge Niederschläge bedingen. Die Lee- bzw. wind-abgewandten Seite ist daher meist trockener. Mit zunehmender Höhe nimmt auch die Häufigkeit von höheren Windgeschwindigkeiten zu. Dazu ist der Solarstrahlungseintrag höher, da der Dunst der Atmosphäre abnimmt und nebelige Wetterlagen seltener werden. Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht sind größer. Da sich Gase bei Druckentlastung abkühlen und bei höherem Druck erwärmen, ist das Auf- und Absteigen der Luft mit Temperaturänderungen verbunden. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2012, S. 27ff)

Meeresnähe und Kontinentalität

Mehr als 70 % der Erdoberfläche sind von Meeren und Ozeanen bedeckt, deren durchschnittliche Temperatur $3,8\text{ °C}$ beträgt. Unter diesen Rahmenbedingungen kann das Klima zweier Standorte je nach Entfernung zum Meer trotz gleicher geographischer Breite sehr unterschiedlich sein. Hauptursache dafür ist die höhere spezifische Wärmekapazität von Wasser im Vergleich zum Land. Daher schwankt die bodennahe Lufttemperatur im Jahresverlauf in der Nähe von großen Wassermengen weniger stark. Im Zentrum großer Kontinente und bei hoher geographischer Breite sind jährliche Temperaturschwankungen hoch, zudem ist die Verdunstung in kontinentalen Lagen und damit der Feuchtigkeitsgehalt der Luft gering. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2012, S. 26) Als Maß für die thermische Kontinentalität eines Ortes wird eine Temperatur-Jahresamplitude (Anm.: Differenz aus den Temperatur-Mittelwerten der Monate Juli und Jänner) von mehr als 20 °C angenommen. Thermisch-ozeanisches Klima ist demnach in Gebieten mit geringeren Jahrestemperaturschwankungen vorherrschend. Ein zusätzlicher Kennwert zur Bestimmung der Kontinentalität eines Ortes errechnet sich aus dem Zusammenhang zwischen Niederschlag und Seehöhe.

$$\cot \alpha = \frac{\text{mm}}{\text{m}}$$

Niederschlag (mm)

Seehöhe (m)

Formel 3: Berechnung des Kontinentalität-Grades aus den Parametern Niederschlag und Seehöhe

Bei $\alpha \geq 45^\circ$ ist hygrisch kontinentales, bei $\alpha < 45^\circ$ hygrisch ozeanisches Klima vorherrschend. (vgl. NAGL, 1983, S. 213)

Ausgangspunkt für die Betrachtung von Klimatelementen bilden atmosphärische Vorgänge, die vor allem von Strahlung, geographischer Breite und Höhenschichtung beeinflusst sind. Der Druck der Erdatmosphäre beträgt auf Meeresniveau im Mittel etwa 1013 Millibar pro Quadratmeter. Er wird in höheren Lagen geringer, da mit zunehmender Höhe die darüber liegende Luftsäule schwindet. (HÄCKEL, 2012, S. 38f) Mit Veränderungen seines Volumens ändert sich auch die Temperatur von Luft: Kompression erhöht sie, Expansion senkt sie. Die Temperaturabnahme der Luft mit zunehmender Höhe ist also eine Konsequenz der Luftdruckabnahmen. Im Mittel sinkt die Temperatur innerhalb der unteren Atmosphärenschichten bis in eine Höhe von 12 km um etwa 0,65 K/100 m (gemäß US-Standardatmosphäre). Bleibt die Temperatur mit der Höhe konstant, spricht man von Isothermie, nimmt sie zu von Inversion. (vgl. HÄCKEL, 2012, S. 47)

Die Druckgebiete, die für die Wetterbildung verantwortlich sind, werden durch ihr Zusammenwirken als dynamische Hoch- und Tiefdruckgebiete bezeichnet. Durch die Kugelform der Erde nimmt die auf den Boden auftreffende Solarstrahlung gemäß Lambert'schem Gesetz im Mittel von den äquatornahen Gebieten zu den Polen kontinuierlich ab. Die Folge dieser Strahlungsabnahme ist, dass die Atmosphäre in den niederen Breiten wärmer ist als in den hohen. Bei Betrachtung der horizontalen Temperaturänderung in einer festen Höhe ergibt sich rechnerisch eine Differenz von circa 35 K pro 10.000 km (~ Entfernung Äquator – Pol) also 0,0035 K/km. Dieser Wert gilt allerdings nur als klimatologisches Mittel, da außer Acht gelassen wird, dass die Atmosphäre dazu neigt, Luftmassen bzw. einheitlich temperierte Luftvolumina zu bilden. Auf der Erde bilden sich zweierlei Luftmassen aus: eine warme in strahlungsreichen Zonen der niederen Breiten und eine kalte in den strahlungsarmen höheren Breiten. Entsprechend ihrer geographischen Lage bezeichnet man sie als tropische und polare Luftmasse. (vgl. HÄCKEL, 2012, S. 280f) Ein Beispiel für ein großräumiges Luftzirkulationsmuster ist die sogenannte Hadley-Zelle, benannt nach dem englischen Rechtsanwalt, Physiker und Meteorologen George Hadley 1685 – 1768: Erwärmt durch hohe solare Einstrahlung steigt feuchte Luft über dem Äquator auf. Am Boden bildet sich ein Tief, die sogenannte Äquatoriale Tiefdruckrinne oder Innertropische Konvergenzzone (ITC), und in großer Höhe ein Hoch. Während des Aufsteigens der Luft kondensiert Feuchtigkeit, und es entstehen Wolken. Wird der Wasserdampfsättigungsgrad überschritten, regnet es. Die abgetrockneten Luftmassen strömen in Richtung Pole und sinken im Bereich der Wendekreise wieder nach unten. Es entsteht ein Hochdruckgebiet mit geringer Luftbewegung, die sogenannten Rossbreiten. Die sich erwärmenden Luftmassen nehmen Feuchtigkeit auf, wodurch trockenen Wüstengebiete entstehen. In Bodennähe strömt die Luft in Form der Passatwinde wieder in Richtung Äquator, und die Luftzirkulation schließt sich. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2012, S. 13)

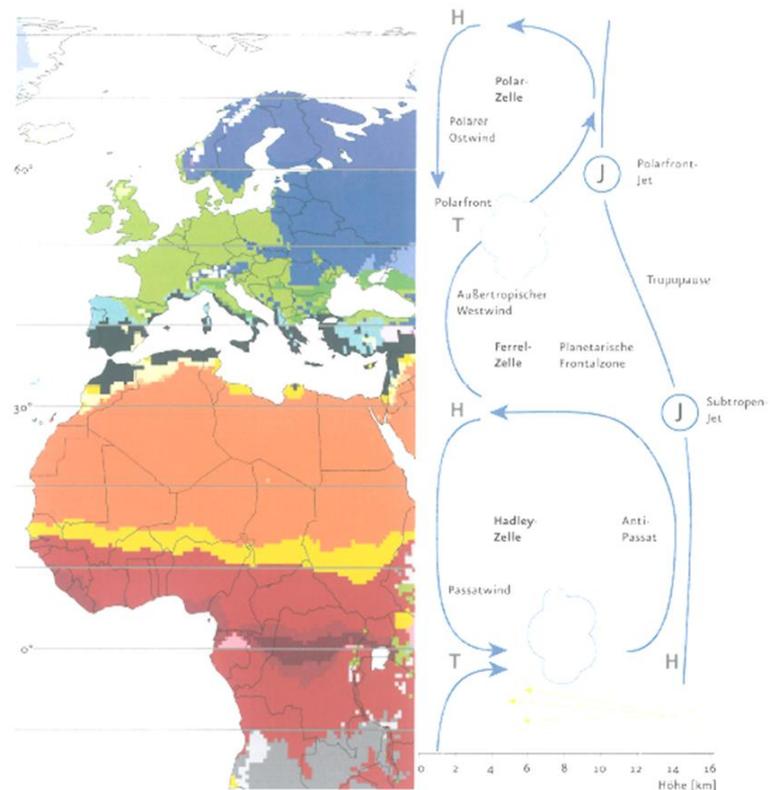


Abbildung 25: Schematische Darstellung zur Entstehung von Klimazonen (Hausladen, 2012, S.13)

Lufttemperatur

Die auf der Erde auftretenden bodennahen Lufttemperaturen bewegen sich innerhalb einer Spanne von etwa 150 K. Den Hitzerekord hält mit 58 °C aus dem Jahr 1922 die in der libyschen Wüste gelegene Station Al Aziziyah, gemessen zwei Meter über dem Boden. Der Kältepol liegt in der Antarktis. An der Forschungsstation Wostok wurde 1982 in einer Seehöhe von 3000 m eine Temperatur von -89,2 °C gemessen. (vgl. HÄCKEL, 2012, S. 246)

Die Temperaturdifferenzen innerhalb eines Jahres hängen primär von der geographischen Breite der Betrachtungsstandorte ab. Auf der nördlichen Hemisphäre liegen die jährlichen Temperaturextreme jedoch weiter auseinander als auf der Südhalbkugel, da dort die großen Ozeanflächen eine temperaturausgleichende Wirkung haben. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2012, S. 20) Die jahres- und tageszeitliche Entwicklung der Lufttemperatur in verschiedenen Höhenlagen folgt einem typischen Gang: Tagsüber führt die Erwärmung der Erdoberfläche vor allem durch Absorption von Solarstrahlung zu einem generellen Anstieg der Lufttemperatur. Je weiter man in der bodennahen Atmosphäre aufsteigt, desto später am Tag wird das tägliche Temperaturmaximum erreicht. Dies gilt vor allem für Strahlungstage mit ungehinderter Sonneneinstrahlung bzw. nächtlicher Ausstrahlung. Mit zunehmender Bewölkung werden die tageszeitlichen Gegensätze mehr und mehr abgeschwächt. In Bodennähe stellt sich aufgrund der überproportionalen Abkühlung kurz nach Sonnenuntergang eine Umkehr des vertikalen Temperaturgradienten ein. Die Temperatur nimmt nun mit der Höhe zu. Dieser Schichtungszustand wird als Inversion bezeichnet. Das tägliche Temperaturminimum wird an ungestörten Strahlungstagen in der Regel am Ende der Nacht etwa bei Sonnenaufgang erreicht. Im Winterhalbjahr in mittleren und höheren Breiten ist die Tagesamplitude der Lufttemperatur in allen Höhenniveaus deutlich schwächer ausgebildet als im Sommer, da die tägliche Einstrahlungsperiode kürzer ist. (vgl. BENDIX, 2004, S. 87f)

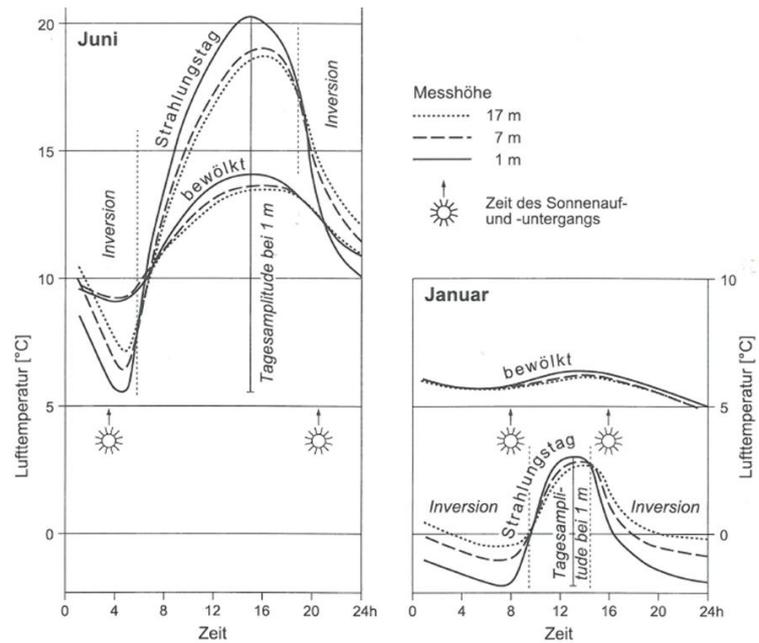


Abbildung 26: Jahreszeitliche Entwicklung der Lufttemperatur in verschiedenen Höhen an einem Strahlungstag bzw. bei Bewölkung (Bendix, 2004, S. 89)

Die Änderung der Oberflächentemperatur einer Landschaft im Tagesgang von Ein- und Ausstrahlung ist Grundlage für eine räumlich und zeitlich unterschiedliche Entwicklung der Lufttemperatur. Die Erwärmungs- und Abkühlungsrate verschiedener Oberflächen ist abhängig von ihren Eigenschaften wie dem Reflexions-, Absorptions-, Emissions- und Transmissionsvermögen von Solarstrahlung. (vgl. BENDIX, 2004, S. 95f)

Heiz- und Kühlgradtage

Die jährlichen Heizgradtage (HGT) eines Standortes können aus der Häufigkeitsverteilung der Außentemperaturen und einer angenommenen Heizgrenze berechnet werden. Sie sind relevant für die Berechnung des Heizwärmebedarfs (HWB). Heizgradtage errechnen sich aus der Summe der täglichen Differenzen zwischen der Raumtemperatur und der mittleren Außentemperatur während der gesamten Heizperiode. Heizgradtage sind meist auf eine Raumtemperatur von 20 °C und eine Heizgrenze von 12 °C bezogen. (vgl. AUER u. a., 2001, Kap. Glossar) Ein Beispiel: An einem Tag mit einer Durchschnittstemperatur von 7 °C wird ein HGT-Wert von 13 erreicht.

Luftfeuchte

Die solare Einstrahlung ist Energielieferant für Verdunstung und damit den Transport von Wasserdampf in die Atmosphäre. Dabei ist grundsätzlich die Verfügbarkeit von Wasser wichtig. Nur wenn dieses am Boden (in Bodenwasser oder in Pflanzen) ausreichend vorhanden ist, kann solare Energie zur Verdunstung eingesetzt werden. Der maximale Wasserdampfgehalt der Luft steht in Abhängigkeit zum Geländerelev. Nimmt die Temperatur in der der Höhe ab, verringert sich auch die maximale Wasserdampfmenge in der Luft. (vgl. BENDIX, 2004, S. 109f) Der Wasserdampfgehalt der Luft wird in Gramm pro Kubikmeter Luft angegeben und als absolute Luftfeuchtigkeit (a) bezeichnet. Die spezifische Luftfeuchtigkeit (s) gibt an, wieviel Gramm Wasserdampf in 1 kg feuchter Luft enthalten sind. Luft kann immer nur eine gewisse Höchstmenge an Wasserdampf enthalten, die als Sättigungsfeuchte (S) bezeichnet wird und in Wasserdampf pro Kilogramm feuchter Luft angegeben ist. S ist stark von der Lufttemperatur abhängig, bei tiefen Temperaturen ist sie niedrig, bei hohen hoch. (vgl. HÄCKEL, 2012, S. 63) Der Taupunkt markiert nun jene Temperatur, bei der die spezifische Feuchte der Sättigungsfeuchte entspricht. (vgl. HÄCKEL, 2012, S. 67) Die absolute Luftfeuchtigkeit ist standortspezifisch, und wird maßgeblich von der Höhenlage, der Nähe zum Meer und den Niederschlägen bestimmt. Während der absolute Gehalt an Wasserdampf im Lauf eines Tages nur

geringen Schwankungen unterworfen ist, verändert sich die relative Luftfeuchtigkeit mit der Temperatur. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2012, S. 16)

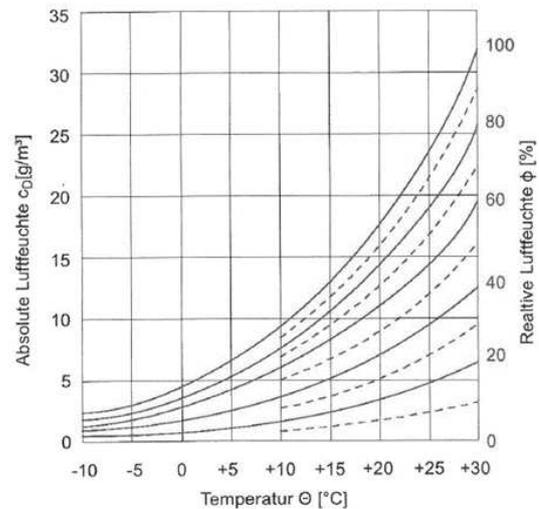


Abbildung 27: Wasserdampfgehalt der Luft als Funktion von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit (Weller, 2012, S. 190)

Bewölkung

Wolken und Nebel sind sogenannte schwebende Hydrometeore, die durch das unterschiedliche Streuverhalten von Wassertröpfchen und Eiskristallen sichtbar werden. (vgl. STEINACKER, 2015a) Ihre Bildung ist vom Wasserangebot und oberflächenspezifischen Verdunstungsverhalten von Landoberflächen abhängig. Wolkenbildung tritt durch Kondensation von aufsteigenden, wasserdampfgeladenen Luftpaketen ein. (vgl. BENDIX, 2004, S. 123) Die Bewölkungsverhältnisse während der nächtlichen Ausstrahlungsperiode sind in Bodennähe vor allem durch Nebelfelder charakterisiert, die sich besonders im Winterhalbjahr in mittleren und höheren Breiten ausbilden können. Nebel kann aber auch während der Einstrahlperiode tagsüber entstehen. Er wird als Sonderform einer Wolke angesehen, die auf dem Erdboden aufliegt und dann vorliegt, wenn die in Augenhöhe gemessene horizontale Sichtweite 1 km unterschreitet. (vgl. BENDIX, 2004, S. 128) Die raum-zeitlichen Muster von Wolkenbildung werden vor allem durch das Geländereief nachhaltig beeinflusst. Je nach Dimension eines Gebirges bzw. Einzelberges können dabei unterschiedliche Prozesse wirksam werden: Nächtlicher Kaltluftabfluss führt an Hängen und in Tälern durch absteigende Luftbewegung zur Unterbindung von Wolkenbildung. Tagsüber werden die Kaltluftabflüsse durch thermisch induzierte Hangaufwinde ersetzt. Im Oberhangbereich thermisch bevorzugter Hänge kann es am Nachmittag zur Bildung von Konvektionsbewölkung kommen. Die häufigste Auslösung von Wolken und Niederschlag an Gebirgen bei stabiler Schichtung stellen Staubbewölkungen bzw. Aufgleitniederschläge dar. Dabei werden feuchtigkeitsgeladene Luftpakete an das Gebirge herangeführt, dort zum Aufsteigen gezwungen und damit abgekühlt. Wird der Taupunkt erreicht, tritt Wolkenbildung ein. (vgl. BENDIX, 2004, S. 138f)

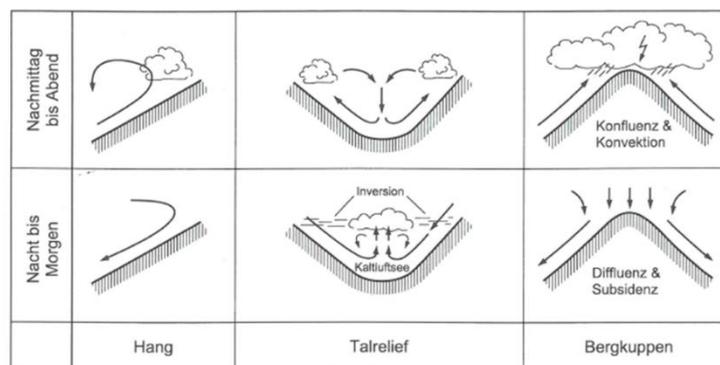


Abbildung 28: Grundtypen thermisch induzierter Wolken- und Niederschlagsbildung in komplexer Topographie (Bendix, 2004, S. 138)

Niederschlag

Häufigkeit, Menge und Ergiebigkeit von Niederschlägen hängen von Temperatur-, Feuchte- und Geländefaktoren ab. Besonders hohe Niederschlagswerte werden dann beobachtet, wenn feuchtwarme Luft an Geländeerhebungen herangeführt und zum Aufsteigen gezwungen wird. So wurde in Cherrapunji in Ostindien am Fuß des Himalaya unter Wirkung des Monsuns eine Jahresniederschlagsmenge von 26.461 mm/m² gemessen. (vgl. HÄCKEL, 2012, S. 128) Bezogen auf die Niederschlagsverteilung im Gelände wird häufig von niederschlagsarmen Talbereichen und niederschlagsreichen Hochlagen ausgegangen. Am Beispiel der Alpen zeigt sich, dass die Jahresniederschlagssumme staubedingt von den Abdachungen zu den inneralpinen Lagen abnimmt. Unabhängig von lokalen und regionalen Besonderheiten lassen sich je nach Wasserverfügbarkeit globale Prinzipien der Höhenverteilung von Niederschlägen ableiten: In den Polargebieten nimmt der Niederschlag mit der Höhe ab, in Mittelbreiten und Subtropen grundsätzlich mit der Höhe zu. In den Tropen kommt es bis zu 1,5 km Höhe zu einer Zu- darüber zu einer Abnahme der Niederschläge. (vgl. BENDIX, 2004, S. 147f)

Schneefall entsteht bei ausreichend tiefen Temperaturen innerhalb von Wolken. Frisch gefallener, lockerer Schnee weist eine Dichte von weniger als 0,1 g/cm³ auf. Wird trockener Lockerschnee durch Wind verfrachtet und an anderer Stelle wieder abgelagert, entsteht Packschnee. Dessen Schneekristalle sind dichter gepackt, weshalb seine Dichte auf 0,2 - 0,3 g/cm³ ansteigt. Bei steigenden Temperaturen schmelzen die obersten Schneeschichten, wodurch Schmelzwasser entsteht, das zwischen die Schneekristalle einsickert und festgehalten wird. Tritt nach einer Schmelzphase wieder Frost ein, entsteht Firn, der ein Gewicht von 0,4 - 0,8 g/cm³ aufweist. (vgl. HÄCKEL, 2012, S. 134)

Winde

Winde sind Ausgleichströmungen, die durch Luftdruckunterschiede hervorgerufen werden. Je größer diese sind, desto stärker werden die Winde. (vgl. HÄCKEL, 2012, S. 283) Sie bleiben solange aufrecht, bis sich die von der Sonne durch Lufterwärmung hervorgerufenen Gegensätze ausgeglichen haben. (vgl. HÄCKEL, 2012, S. 256) Während übergeordnete Windsysteme in Abhängigkeit von der Jahreszeit wiederkehren, sind regionale Winde stark von der Topographie des Geländes beeinflusst. Deren Rolle wird dann offensichtlich, wenn sich Orte, die geographisch einer Klimazone zugeordnet werden, in ihrem Lokalklima deutlich unterscheiden. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2012, S. 16) In komplexer Topographie können sich thermische Gegensätze etwa dann ausbilden, wenn sich die Erwärmungsraten des Geländes aufgrund von Hangneigungen oder -expositionen räumlich unterscheiden. Während des Tages erwärmen sich sonnenzugewandte Hänge stärker als horizontale Flächen. Daraus resultieren thermische Hangaufwinde, die auch als anabatische Windsysteme bezeichnet werden. (vgl. BENDIX, 2004, S. 160) Ein weiteres Beispiel für ein thermisches Windsystem ist die Land-Seewindzirkulation. Aufgrund der unterschiedlichen wärmespezifischen Eigenschaften von Land und Wasser ergibt sich bei der Temperatur über Land ein ausgeprägter Tagesgang. Über Wasserflächen hingegen bleibt die Temperatur während des gesamten Tages relativ konstant. Das Meer erwärmt sich infolge der höheren spezifischen Wärmekapazität langsamer als Landflächen, speichert die Wärme jedoch länger. Warme Luft über dem Land steigt tagsüber auf, und lässt kühlere Luft vom Meer nachströmen. Da nachts die Luft schneller als Wasser abkühlt, dreht sich diese Zirkulation um: Luft steigt über Wasser auf, sinkt über Land ab, und strömt vom Land wieder zum Wasser. In Küstenzonen von Meeren und großen Binnenseen erstreckt sich die Land-Seewindzirkulation über 10 km – 20 km entlang der Küsten. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2012, S. 26)

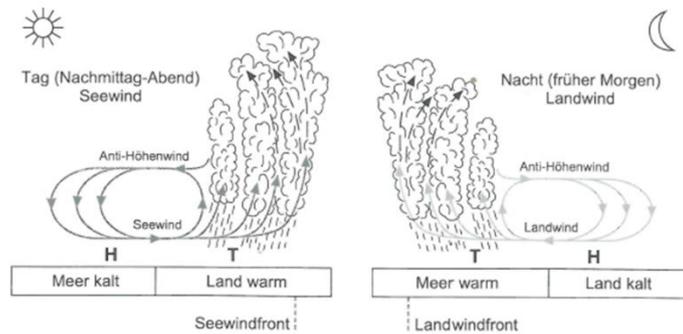


Abb. 8.2: Schema zur Land-Seewindzirkulation (Phase 5 in Abb. 8.1)

Abbildung 29: Schematische Darstellung von Land-Seewindzirkulationen (Bendix, 2004, S. 155)

2.1.3 Klimaklassifizierung

Das erste weltweit anerkannte Klima-Klassifizierungssystem wurde vom deutsch-russischen Geographen Wladimir Köppen (1846 – 1940) entwickelt und dem deutschen Meteorologen Rudolf Geiger (1894 – 1981) weitergeführt. In der sogenannten Köppen-Geiger-Klimaklassifikation wird jeder Klimaregion eine Klimaformel zugeordnet. Für die Bezeichnung der insgesamt fünf Klimazonen werden die Anfangsbuchstaben des Alphabets verwendet und folgende Bedingungen bzw. Temperaturschwellenwerte festgesetzt (vgl. STEINACKER, 2015a):

A (Tropical) Tropische Regenklimata: Alle Temperaturmonatsmittel liegen über 18 °C.

B (Arid) Trockene Klimata: Ein Klima wird als trocken (arid) bezeichnet, wenn der Wert der Jahresniederschlagsmenge N (cm/m^2) kleiner ist als r , der Wert der zweifachen mittleren Jahrestemperatur T (°C).

C (Temperate) Warmgemäßigte Klimata: Der kälteste Monatsmittelwert liegt im Bereich zwischen -3 °C und 18 °C.

D (Cold, continental) Boreale Klimata: Der kälteste Temperatur-Monatsmittelwert liegt unter -3 °C, der wärmste über 10 °C.

E (Polar) Kalte Klimata: Der höchste Temperatur-Monatsmittelwert liegt nicht über 10 °C.

Innerhalb dieser Klimazonen werden Klimatypen festgelegt, die folgendermaßen beschrieben werden.

w winter trocken: Der mittlere Niederschlag des trockensten Wintermonats beträgt weniger als ein Zehntel des Niederschlags des feuchtesten Sommermonats.

s sommertrocken: Der trockenste Sommermonat weist einen Niederschlagswert von weniger als 40 mm/m^2 und weniger als ein Drittel der Niederschlagssumme des feuchtesten Wintermonats auf.

m Mittelform zwischen winter- und sommertrocken: In einem oder mehreren Monaten bleiben die Niederschlagswerte unter 60 mm/m^2 , das Niederschlagsdefizit wird durch Niederschläge in anderen Monaten gedeckt.

f immerfeucht: Alle Monate sind feucht. Der trockenste Monat weist einen Niederschlagswert von zumindest 60 mm/m^2 auf.

Innerhalb dieser Klimazonen gibt es noch Klimatypen:

S Steppenklima: Trockengebiet, in dem die Niederschläge noch eine regelmäßige Vegetation zulassen.

W Wüstenklima: Trockenklima mit sehr geringen oder fehlenden Niederschlägen.

T Tundrenklima: In mindestens einem Monat liegt die Mitteltemperatur über 0 °C.

F Frostklima: Alle Temperatur-Monatsmittelwerte liegen unter 0 °C.

In einigen Klimazonen werden neben den Klimatypen auch Klimauntertypen festgelegt, die nachfolgend beschrieben werden:

h heiß: Die Jahrdurchschnittstemperatur liegt über 18 °C.

k kalt: Die Jahrdurchschnittstemperatur liegt unter 18 °C.

a Heißer Sommer: Der Temperatur-Mittelwert des wärmsten Monats liegt über 22 °C.

b Warmer Sommer

c: Kurzer Sommer

d: extrem kalter Winter

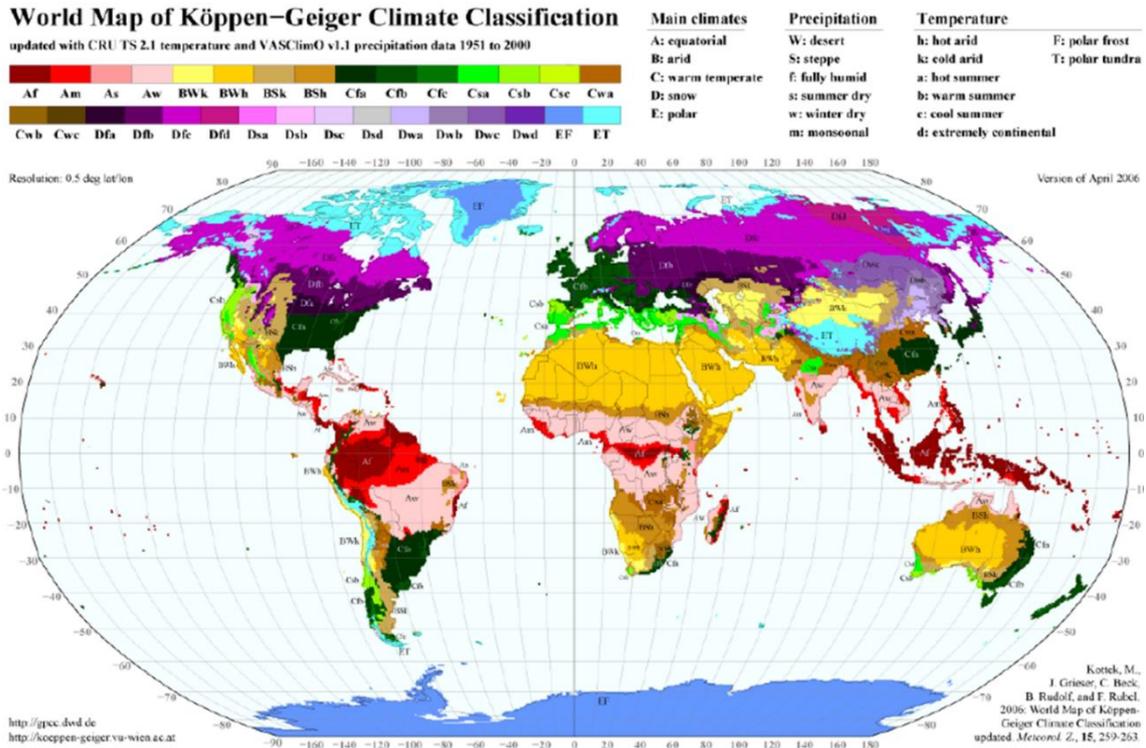


Abbildung 30: Köppen-Geiger'sche Klimaklassifikation (Steinacker, 2015)

2.2 Das Klima in Österreich

Gemäß seiner geographischen Lage hat Österreich Anteil am gemäßigten Makroklima, das durch warme Sommer und kühle bzw. kalte Winter, deutlich ausgeprägte Jahreszeiten mit Übergangszeiten sowie moderate Temperatur- und Feuchteextrema gekennzeichnet ist. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2012, S. 32) Sein Verbreitungsgebiet ist uneinheitlich. Es liegt in etwa zwischen dem 35. und 60. Breitengrad im Osten Nordamerikas und im Westen der Eurasischen Platte. Je nach Entfernung zum Meer sind die Gebiete ozeanisch oder kontinental geprägt. Mit zunehmender Meeresnähe werden Winter wärmer und Sommer kühler, gleichzeitig dauert die Vegetationsperiode länger an. In kontinentalen Lagen sind höhere Jahrestemperaturschwankungen zu erwarten. In Abhängigkeit von der geographischen Breite variieren die Tageslängen im Jahresverlauf etwa zwischen 8 Stunden und 16 Stunden. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2012, S. 62)

Nach der Köppen-Geiger'schen Klimaklassifikation ist in Österreich immerfeuchtes, boreales Klima (Df) vorherrschend. Klimauntertypen mit warmen Sommern (Dfb) finden sich in allen Bundesländern. Klimauntertypen mit kurzen Sommern (Dfc) sind für Regionen Niederösterreichs (Neuhaus, Innerneuwald, Fadental), Kärntens (Winkl, Schönberg, Oberpreitenegg, Apriach und Sankt

Oswald), Salzburgs (Obertauern, Katschberg, Wald, Tweng und Haiden), der Steiermark (Krakauhintermühlen, Stolzalpe, Hohentauern, St. Anna am Lavantegg sowie Pöllau am Greim), Tirols (Trins, Galtür, St. Veit im Defregental, Obertilliach) und Vorarlbergs (Lech, Damüls, Schröcken und Warth) bestimmend. In manchen Regionen Tirols wie z. B. im Kühltal herrscht kaltes Tundrenklima (ET).⁴

Der Westen und der Norden Österreichs sind vom mitteleuropäisch-ozeanischen Klima und feuchten Westwinden geprägt. Davon ausgenommen sind inneralpine Trockengebiete wie in Tirol südlich des Inns. Im Nordosten, Osten und Südosten überwiegt niederschlagsarmes, pannonisches Klima mit heißen Sommern und kalten Wintern. Die österreichischen Südalpen liegen im Einflussbereich von niederschlagsbringenden Tiefdruckgebieten mit Aktionszentren im Mittelmeerraum. Die durchschnittliche Lufttemperatur im Jänner liegt in den Flachlandschaften des Ostens zwischen 0 °C und 2 °C, sinkt in 500 m Höhe auf -2 °C bis -5 °C und beträgt in 1000 m Seehöhe zwischen -4 °C und -6 °C. Der tiefste Temperaturwert im Bereich der höchsten Gipfel liegt bei rund -15 °C. Im Juli schwanken die Mittelwerte im Osten zwischen 18 °C und 20 °C, in 500 m Seehöhe zwischen 16 °C und 18 °C und in 1000 m zwischen 13 °C und 15 °C. Am Großglockner wird im Monatsmittel die Nullgradgrenze auch im Hochsommer nicht überschritten. Die Kältepole Österreichs befinden sich häufig im Raum Lungau, im oberen Murtal, im mittleren Ennstal, in den Beckenlandschaften Ostkärntens sowie in Teilen des Waldviertels. Die höchsten Temperaturen werden an den meisten Tagen im Raum Wien, im Marchfeld und dem Tullnerfeld sowie im Burgenland gemessen. Nachfolgende Graphik zeigt die geographische Verteilung der jährlichen Durchschnittstemperaturen.

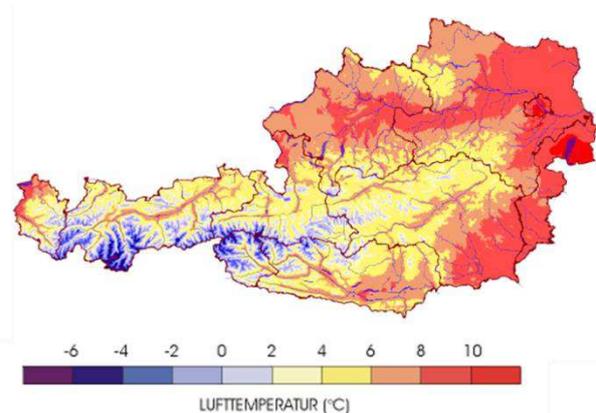


Abbildung 31: Verteilung des Jahresmittels der Lufttemperatur (Auer, 2001)

In abgeschlossenen Becken, Tälern und Mulden unterhalb von 800 m bis 1200 m Seehöhe treten im Winter häufig Inversionswetterlagen auf. Dieser Zeitraum ist oft durch zähe Hochnebeldecken gekennzeichnet. Über der Nebelobergrenze liegen die Orte mit der längsten Sonnenscheindauer wie zum Beispiel auf den Terrassen der Tiroler Mittelgebirge, in den Niederen Tauern, in den Eisenerzer Alpen sowie an der Südabdachung der Kärntner Mittelgebirge. Sie erhalten bis zu 2100 Sonnenstunden im Jahr einen hohen Anteil davon im Winter. Fast ebenso sonnenscheinreich jedoch mit günstigerer Besonnung im Sommerhalbjahr sind das Neusiedlersee-Gebiet, das Marchfeld, das Weinviertel und das zentrale Waldviertel mit 1850 bis 2000 jährlichen Sonnenstunden. Mit etwa 1500 Sonnenstunden pro Jahr ist die Sonnenscheindauer in weiten Teilen der Nordstaugebiete am geringsten. (vgl. NAGL, 1983, S. 212ff) Nachfolgende Darstellungen verdeutlichen die Verteilungen der relativen Sonnenscheindauer (Anm.: tatsächlich gemessene Sonnenscheindauer dividiert durch die effektiv mögliche Sonnenscheindauer) in den Monaten Juli und Jänner.

⁴ <https://de.climate-data.org/> (7.4.2019)

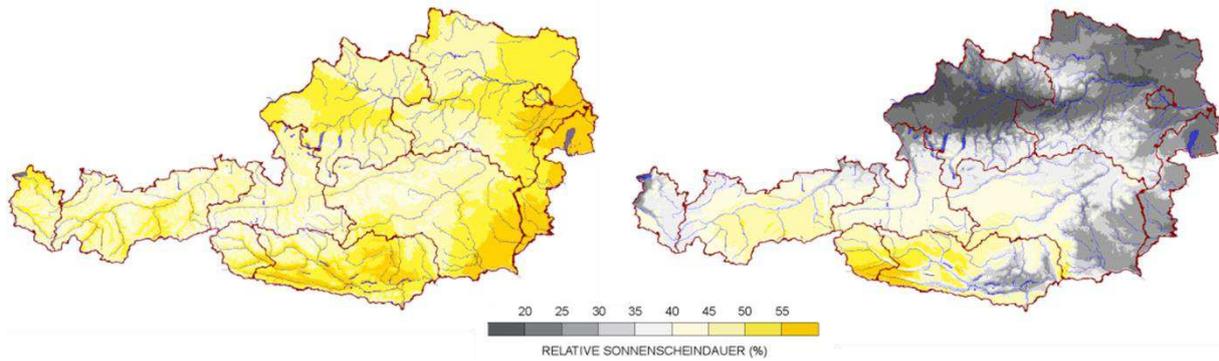


Abbildung 32: Verteilung der relativen Sonnenscheindauer im Juli (links) und Jänner (Quelle: Auer, 2001)

Die Alpen wirken als Wetterscheide vor allem im Verlauf von Nord nach Süd, weniger von West nach Ost. Die Niederschlagsmenge nimmt mit zunehmender Entfernung zum Atlantik durch das Abregnen der feuchten Luftmassen im Bereich der Gebirge von West nach Osten ab. Im Gebirge ist die Zunahme der Niederschlagsmenge mit der Höhe beträchtlich. Zu den niederschlagsreichsten Landschaften mit einem Jahresmittel von 2000 mm/m² bis 2500 mm/m² zählen die Außenrandgebiete der Gebirge sowie die Käme der Zentralalpen und der Hohen Tauern. (vgl. AUER u. a., 2001, Kap. Klima in Österreich) Auch die Hochlagen des Bregenzerwaldes und der nördlichen Kalkalpen bis zum Pyhrnpaß sowie die Koralpe weisen Niederschlagsmaxima auf. (vgl. SCHUBERT, 2007, S. 87) Zu den niederschlagsärmsten Teilen Österreichs zählen mit einem Jahresmittel von unter 600 mm/m² der Seewinkel im Burgenland, der nördliche Teil des Wiener Beckens mit dem Marchfeld, örtlich auch das Weinviertel sowie das zentrale und nördliche Waldviertel insbesondere das untere Kamptal.

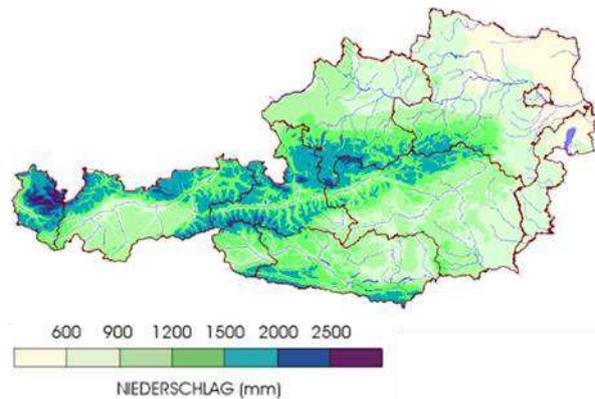


Abbildung 33: Verteilung der jährlichen Niederschlagssummen (Auer, 2001)

Die Größe der Schneemengen ist hauptsächlich von der Seehöhe und von der Lage des Gebietes relativ zu den Hauptströmungsrichtungen abhängig. Unter 1200 m Seehöhe fällt die größte Menge an Schnee im Jänner. In höheren Lagen verschiebt sich die Zeit mit den ergiebigsten Schneefällen aufgrund der dann milderen und wasserdampfreicheren Luftmassen auf März und April, in den höchsten Lagen auf Mai bis Anfang Juni. Die Grenze der ganzjährlichen Schneebedeckungen liegt in den nördlichen Kalkalpen bei 2700 m, in den Hohen Tauern bei 2900 m und in den Ötztaler Alpen bei 3000 m bis 3100 m Seehöhe.

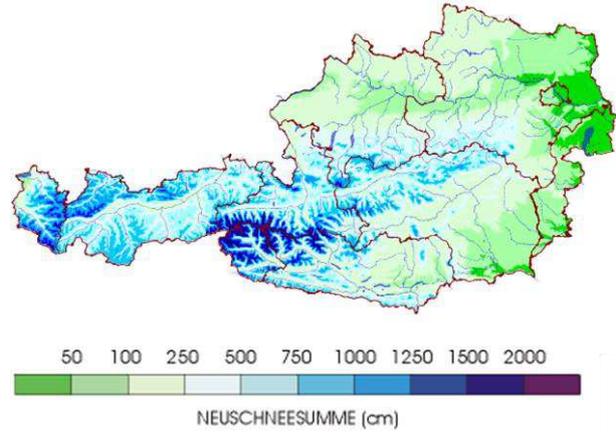


Abbildung 34: Verteilung der Neuschneemengen
(Auer, 2001)

Neben den großräumigen Windverhältnissen, die von den großwetterlagen-bedingten Störungsmustern und der Topographie abhängig sind, haben in Österreich lokale und regionale Windsysteme eine nahezu gleich große Bedeutung. Berg- und Talwindsysteme sind stark von der Landschaftsform und Lage des jeweiligen Gebietes abhängig. Unter den lokalen Winden ist vor allem der Föhn, ein dynamisch erzwungenes Absinken von potentiell warmer Luft im Lee der Alpen, bekannt. (vgl. AUER u. a., 2001, Kap. Klima in Österreich)

2.2.1 Klimaprovinzen

Je nach Temperatur und Niederschlagsmenge lassen sich innerhalb Österreichs vier Klimabereiche bzw. -provinzen voneinander unterscheiden: Alpines Klima, atlantisch geprägtes Klima, Pannonisches Klima und Illyrisches Klima.

Atlantisch geprägtes Klima

Atlantisch geprägtes Klima wie im Alpenvorland oder in der süddeutschen Klimaprovinz weist eine vergleichsweise geringe Temperatur-Jahresamplitude auf. Die Jahressumme der Niederschläge liegt bei durchschnittlich 1000 mm/m² bis 1600 mm/m².

Pannonisches Klima

Im Gegensatz zum atlantisch geprägten Klima weist das Pannonische Klima, dazu gehören das Weinviertel, das östliche Alpenvorland, das Wiener Becken und das Nordburgenland, eine hohe Temperatur-Jahresamplitude von bis zu 20 °C auf. Die Jahressumme der Niederschläge liegt zwischen 600 mm und 800 mm, am Rand der Böhmisches Masse bei unter 500 mm.

Illyrisches Klima

Illyrisches Klima ist im Südburgenland, im Steirischen Hügelland und in der Grazer Bucht vorherrschend. Die Gebiete weisen hohe thermische Kontinentalität und Temperatur-Jahresamplituden von bis zu 24 °C und darüber auf. Aufgrund von vordringenden Adriatiefs sind in den Herbstmonaten hohe Niederschlagsmengen zu erwarten. (vgl. NAGL, 1983, S. 219ff)

Alpines Klima

Die Eigenschaften von alpinen Klimata stehen in Abhängigkeit von der Seehöhe und von der Lage in Rand- und Innenzonen von Gebirgsmassiven. Allgemein sind Täler und Becken eher kontinental und Berge ozeanisch geprägt. In inneralpinen Trockengebieten herrscht meist hygrisch-kontinentales Klima mit geringen Jahresniederschlägen. Als Beispiele dafür dienen das Oberinntal, das Kaunertal, das Pitztal, das Ötztal, das untere Wipptal, das obere Möll- und Iseltal, der Lungau, das mittlere Murtal mit dem Knittelfelder Becken und der Neumarkter Sattel sowie das Metznitztal. Die Jahresniederschläge in der Ortschaft Vent in der Gemeinde Sölden auf fast 2000 m Seehöhe sind mit jenen in Wien vergleichbar. In Stauregengebieten wie den Nördlichen Kalkalpen und Südalpen verursacht Steigungsregen eine markante Erhöhung der Gebietsniederschläge wie zum Beispiel im Bödelegebiet im Bregenzerwald. Zonen mit besonders hoher Sonnenscheindauer liegen im Bereich des Südabfalls der Osttiroler und Kärntner Zentralalpen wie in Obervellach, Gerlitzten und Diex. Winterliche Inversion herrscht in abgeschlossenen Talbereichen und Becken wie dem Lungau, dem Klagenfurter Becken, dem Mürztal und dem unteren Mitternthal. In nord-süd-gerichteten Tälern können Föhngassen entstehen wie vor allem nördlich des Alpenhauptkamms. (vgl. NAGL, 1983, S. 219ff)

Die vielfältigen und komplexen Klimaverhältnisse in den Alpen werden durch vier zentrale Arten des Formenwandels dargestellt. Durch den hypsometrischen Formenwandel wird die Abnahme der Durchschnittstemperatur und der Vegetationszeit sowie der Anstieg der Niederschläge mit zunehmender Meereshöhe beschrieben. Aufgrund der dünner werdenden Lufthülle nehmen zugleich die Intensitäten der Sonneneinstrahlung und die kleinräumigen Temperaturunterschiede zu, was die Kontraste zwischen Licht und Schatten immer extremer werden lässt. Durch den peripher-zentralen Formenwandel sind Klimaverhältnisse am Alpenrand und in inneralpinen Lagen beschrieben. Als hochaufragendes Gebirge zwingen die Alpen die vom Atlantik und Mittelmeer anströmenden, feuchten Wolken zum Aufsteigen und Abregnen. Da der Alpenrand regenreich, kühl und sonnenscheinarm ist, führt dies zur Senkung der Schnee- und Vegetationsgrenzen für den Wald, Getreide und Weinbau. Im Alpeninneren sind hingegen hohe Sonnenscheindauer und geringe Niederschläge vorherrschend. Schnee- und Vegetationsgrenzen

liegen deutlich höher als am Alpenrand. Dieser klimatische Vorteil ist jedoch mit dem Nachteil sommerlicher Nachtfroste verbunden, die mit den starken Temperaturunterschieden zwischen Tag und Nacht einhergehen.

Der planetarische Formenwandel ist für den klimatischen Unterschied zwischen dem warmen Süden und kalten Norden verantwortlich. Die Alpen bilden eine Grenze zwischen einer mediterranen Klimazone mit sommerlicher Trockenheit und hohen Niederschlagswerten im Winter sowie einer kühl-gemäßigten Zone mit ganzjährigen Niederschlägen und ausgeprägter Winterkälte. Der planetarische Formenwandel kann auch kleinräumig auftreten, indem südexponierte Hänge eines Alpentals mehr Sonne und Wärme als nordexponierte erhalten. Die Vegetationsgrenze liegt dabei oft 200 – 300 Höhenmeter über der des schattigen Gegenhanges.

Der westöstliche Formenwandel ist durch die West-Ost-Ausdehnung der Alpen begründet. Diese haben damit Anteil an den klimatischen Veränderungen Europas vom feucht-ozeanisch geprägten Westen zum kontinentalen und trockenen Osten. Überlagert wird dieser Formenwandel vom Einfluss des Mittelmeeres, das durch Tiefdruckgebiete aus dem Raum östlich der Po-Ebene, der Regionen der Karnischen und Julischen Alpen bis zu den Hohen und Niederen Tauern ozeanisch beeinflusst ist. Erst im östlichen Teil der Ostalpen ab einer Linie Linz-Ljubljana setzt sich der kontinentale Klimateinfluss spürbar durch. (vgl. BÄTZING, 2015, S. 34ff)

2.3 Klimageschichtliche Forschung

Durch klimahistorische Forschung werden möglichst lange und aussagekräftige Zeitreihen wie zum Beispiel zu Temperatur- oder Niederschlagsverteilungen, die bis in die moderne Klimamessperiode hineinreichen, abgeleitet. Ziel ist es, Vergleiche mit aktuell vorherrschenden Klimabedingungen herzustellen. (vgl. GLASER, 2001, S. 57) Klimarekonstruktionen sind insbesondere für die Erforschung von Entwicklungen in der Landwirtschaft und ihrer Produktionsweisen von Interesse. So bewirkte etwa der Bevölkerungszuwachs des 18. Jahrhunderts die Ablösung der mittelalterlichen Dreifelderwirtschaft durch die modernere Fruchtwechselwirtschaft mit dem Anbau von Futterpflanzen auf der Brache. Die derart gesteigerten Erträge ermöglichten Stallfütterung auch im Sommer und damit zusätzliche Düngung der Felder mit Gülle und Mist. Den intensiv genutzten Böden wurde für das Pflanzenwachstum wichtige Mineralien entzogen. In Kombination mit einer nasskalten Klimaperiode führte dies in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts zu katastrophalen Missernten und Hungersnöten. (vgl. LUDWIG, 2007, S. 126f)

2.3.1 Erdgeschichtliche Analysen

Seit der Entdeckung der Radioaktivität haben sich naturwissenschaftliche Methoden zur Untersuchung von vergangenen Klimaveränderungen stark weiterentwickelt. Für klimageschichtliche Analysen ist insbesondere die 1947 erfundene Sauerstoffisotopenmethode bedeutsam. Durch sie kann die Meerestemperatur vergangener Zeiten anhand eines temperaturabhängigen Mengenverhältnisses von in Kalkschalen von Organismen oder in Gletschereis eingebauten Sauerstoffisotopen berechnet werden. Die Methode revolutionierte zunächst die Sedimentationsanalyse, und führte zur Ausweitung der Tiefseebohrtechnik zur Erbringung von wichtigen Ergebnissen für die Eiszeitforschung. Durch die Sedimentationsanalyse können Rückschlüsse über das Paläoklima gewonnen werden, da sie Zeugnisse über warme, kalte, feuchte oder trockene Vorzeitklimata, für Ablagerungen von Organismen oder Vulkanen, Höhen von Meeres- und Seespiegel, Flussterrassen und Rückstände von Gletschern abgibt. Die Tiefseebohrtechnik ermöglicht Einsichtnahme in die Genese von Wasser- und Bodenbeschaffenheiten. Die dadurch nachweisbaren Lebensformen liefern wiederum Indizien für klimageschichtliche Besonderheiten. Die Eiskernbohrtechnik ist eine Basismethode der Klimatologie, mit der Klimaentwicklungen sehr langer Zeiträume erforscht werden. Sie ermöglicht eine Rückschau

auf bis zu 800 000 Jahre und damit über die vergangenen acht großen Eiszeitzyklen und die Lebensbedingungen der Vormenschen. In den Eisbohrkernen können Ablagerungen anhand eines Wechsels unterschiedlicher Schichten abgelesen und Temperaturentwicklungen nach der Sauerstoffisotopenmethode ermittelt werden. Zusätzlich geben eingeschlossene Gasbläschen direkte Auskünfte über die Zusammensetzung der darin festgehaltenen Luft. Die in den 1940er Jahren entwickelte Radiokarbon-Methode (C14-Datierung) ermöglicht die Altersbestimmung organischer Überreste: In Pflanzen wird Kohlenstoff durch Photosynthese, in Tieren und Menschen durch Ernährung eingelagert. Mit dem Tod des Organismus kommt der Austauschprozess zum Erliegen und der Prozess des radioaktiven Zerfalls beginnt. Dieser Zeitpunkt wird mit Hilfe der C14-Analyse bestimmt, deren zeitliche Eingrenzung sich aus der Halbwertszeit des Elements C14 ergibt, diese liegt bei etwa 5730 ± 40 Jahre, und etwa 40 000 bis 50 000 Jahren beträgt. (vgl. BEHRINGER, 2012, S. 19ff)

Die Zählung und Analyse der Beschaffenheit der Jahresringe von Bäumen, die sogenannte Dendrochronologie, ist eine Methode der klimatologischen Forschung, die seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts angewendet wird. Sie liefert verlässliche Daten über lokale Klimaentwicklung der letzten Jahrhunderte und sogar Jahrtausende. (vgl. BLOM, 2017, S. 19)

Durch den Gang der Jahreszeiten weisen mitteleuropäische Bäume eine Rhythmik auf, die durch den Wechsel von Vegetationsruhe und Vegetationsperiode bestimmt ist. Ihre individuelle Prägung erhalten die Baumringsequenzen vom witterungsklimatischen Verlauf und den Umgebungsverhältnissen innerhalb der einzelnen Jahre. Das Frühholz wird im Frühling und Frühsommer angelegt, das Spätholz im Spätsommer. Es unterscheidet sich durch die Wuchsdichte, und kann damit separat betrachtet werden. Das Verhältnis von Früh- zu Spätholz beträgt etwa 7:1. Die Baumringe klima-moderater Standorte, wie sie für Mitteleuropa mit Ausnahme von Höhenstandorten in den Alpen und im Mittelgebirge typisch sind, zeigen in durchschnittlichen Jahren oft ein uneinheitliches Bild. In Jahren mit extremen Umweltverhältnissen sind die Baumringe auch auf moderaten Standorten eindeutig, und weisen gleichartige Wuchsentwicklungen auf. Diese Signaturen nennt man Weiserintervalle, sie werden zur genaueren Analyse weiterverwendet. (GLASER, 2001, S. 21ff) Ebenso prägend für die Vegetation wie die Temperatur ist der Wasserhaushalt eines Gebietes. Niederschläge in Form von Regen, Hagel, Schnee, Nebel und Tau sind stark wachstumsbestimmend. Heftige und permanente Winde reduzieren den radialen Zuwachs und das Höhenwachstum der Bäume. (vgl. STRÖMMER, 2003, S. 77f) Beginnend bei einem lebenden Baum, bis hin zu historischen Gebäuden und archäologischen Ausgrabungen werden Jahresringmuster aneinandergereiht, um die für ein bestimmtes Wuchsgebiet gültige Chronologie zu erhalten. Bei einer Holzprobe unbestimmten Alters wird die Jahrringkurve mit der Chronologie verglichen. Bei ausreichender Synchronlage (geprüft durch statistische Parameter und visuelle Kontrolle) kann so das Alter einer Holzprobe bestimmt werden. Ist auf einer Probe der letzte Jahresring unter der Rinde, die sogenannte Waldkante, vorhanden, kann das Fälldatum jahrgenau angegeben werden. (vgl. GRABNER, 2014, S. 8)



Abbildung 35: Baumscheibenausschnitt mit gekennzeichnetener Jahreszahl 1750 (Glaser, 2001, S. 23)

2.3.2 Deskriptive Aufzeichnungen

Die Interpretation schriftlicher Zeugnisse und Aussagen über vergangene Klimaverhältnisse ist ein wissenschaftliches Grenzgebiet der historischen Klimatologie, das auf der Untersuchung von Interaktionen zwischen Klima und Gesellschaft basiert. Der analysierbare Zeitraum ist an das Vorhandensein schriftlicher Zeugnisse und Überlieferungen gebunden, deren Verfügbarkeit regional stark variiert. (vgl. MAUELSHAGEN, 2010, S. 20) Zusätzlich zu naturwissenschaftlichen Daten ist in Europa ein großer Reichtum an historischen Dokumenten verfügbar. Tagebücher und Briefe, wissenschaftliche Aufzeichnungen, literarische Werke, Erntedaten für Wein, Packlisten von Kaufleuten, Schiffslogs und Predigten, Gemälde und Rechnungsbücher sind wesentliche Quellen für klimahistorische Betrachtungen. (vgl. BLOM, 2017, S. 19) Seit dem Mittelalter werden in vielen Städten, Staatsverwaltungen und religiösen Einrichtungen Chroniken geführt, in denen unter anderem Witterungsereignisse für die Nachwelt festgehalten sind. (vgl. BEHRINGER, 2012, S. 23) Meist handelt es sich um unsystematische und sporadisch eingeflochtene Passagen, die unter dem unmittelbaren Eindruck besonderer Witterungsereignisse und Anomalien wie extreme Sommer oder Winter niedergeschrieben wurden. Trotz dieser Restriktionen sind die Daten für historisch-klimatologische Aufzeichnungen unverzichtbar, denn es handelt sich oft um die einzigen direkten Informationen aus der jeweiligen Zeit. Fränkische, ursprünglich in Latein verfasste Witterungsaufzeichnungen aus dem Jahr 1331 lauten beispielsweise: „Überschwemmung, welche die Häuser in Berchem fortspülte“. Oftmals wurden unrealistische Vergleiche bemüht: „...war der Winter so kalt, dass die Vögel tot vom Himmel fielen“.

Abseits der exponierten und oft in Auftragsarbeit oder mit besonderer Intention erstellten Chroniken existiert eine Fülle von Familien- und Hauschroniken. Glaser benennt dies als Geschichtsschreibung von unten, durch die Umwelt- und Sozialaspekte beschrieben wurden. Neben diesen Belegen existieren Witterungshinweise in amtlichen Aufzeichnungen, Rechnungsbänden, Senatsprotokollen und Gerichtskarten. So kann etwa der Einsatz von Finanz- und Sachmittel bei Ernteausschlägen und Witterungsschäden durch Aufzeichnungen von Klimakatastrophen erklärt werden. (vgl. GLASER, 2001, S. 13f)

Ab dem 15. Jahrhundert etablierten sich Wetterjournale als neue Quellengattung. Diese enthalten tägliche, systematische Beobachtungen und Eintragungen in Kalendarien und Messjournalen. Damit ermöglichen sie weitreichende, über Jahre hinweg geführte Beobachtungen und klimatische Aussagen durch homogene, kontinuierliche, gleichartige und quantifizierbare Daten. Bis zum Beginn von eigentlichen Messreihen sind Wetterjournale die aufschlussreichsten schriftlichen Zeugnisse über den Witterungsverlauf der Vergangenheit. Zeitgeschichtliche Faktoren wie die Erfindung des Buchdrucks, die Renaissance der Naturwissenschaften und das Aufkommen humanistischen Gedankenguts in Mitteleuropa begünstigten diese neue Entwicklung. Früh verbreitete sich die Kenntnis und das Interesse über witterungsklimatische Belange in den Klöstern, die eine Reihe der aussagekräftigsten Wetterjournale des 16. und 17. Jahrhunderts erstellten. (vgl. GLASER, 2001, S. 15f) Mitunter sind die Angaben so präzise, dass sie in heute gängige Wettersymbole umgesetzt und in Tableaus zusammengefasst werden können. Damit erhält man übersichtliche Vorlagen, aus denen sich Wetterlage und Wettergang ablesen und wie eine Wetterrückschau präsentieren lassen. (vgl. GLASER, 2001, S. 38)

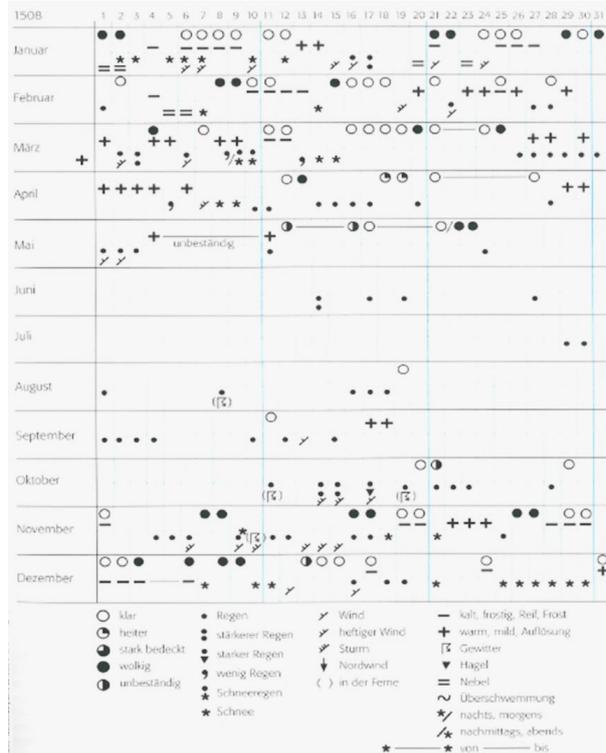


Abbildung 36: Wettertableau nach Wetteraufzeichnungen aus Tübingen im Jahr 1508 (Glaser 2001, S. 39)

Bei der Beschäftigung mit frühen schriftlichen Witterungsquellen ist zu bedenken, dass diese von subjektiven Komponenten, offensichtlichen Fehlern oder Manipulationen geprägt sein können. Wesentliche Informationen der aufgezeichneten Beobachtungen sind auch auf den Beobachter selbst zu beziehen und im Kontext mit seiner Persönlichkeit, von Beruf und Lebensumständen sowie der zugrunde gelegten Datierung und dem vorherrschenden Zeitgeist und Entwicklungsstand zu sehen. Fest steht, dass in allen Zeitabschnitten oder Perioden sachliche Informationen neben mythologischen oder weltanschaulichen Inhalten gestellt wurden. Klimabeobachtungen standen demnach unter dem Einfluss verschiedener Geisteshaltungen und Erklärungsansätze. Dieser jeweilige Zeitgeist ist bei den Interpretationen miteinzubeziehen. (vgl. GLASER, 2001, S. 29f)

Bauern- und Wetterregeln

Mangels präziser Wettervorhersagen mussten sich Menschen in vergangener Zeit auf eigene Beobachtungen verlassen, und achteten auf Wetterphänomene, um daraus Wetterprognosen herzuleiten. Auch in bestimmten Verhaltensweisen der Tiere wurden Wetterveränderungen gedeutet. So wurde etwa das sich kreisrunde Aufstellen der Schafe mit zueinander gekehrten Köpfen als Anzeige eines bevorstehenden Wetterumschwungs gedeutet. In Bauernkalendern wurden diese Beobachtungen gesammelt und Aufschlüsse über mögliche Wetterlagen vermerkt, wodurch gewisse Zeitabläufe, etwa für Aussaat, Mahd, Ernte etc. mitbestimmt wurden. Einige dieser arbeitsbestimmenden Ableitungen werden nachfolgend beschrieben:

„Um Fabian und Sebastian fängt der Saft zu treiben an.“ - Der 20. Jänner ist ein Stichtag für die Holzschlägerung und Baumpflege. „Pauli Bekehrung, halb’s hinu, halb’s heru.“ - Am 25. Jänner ist der Tiefpunkt des Winters erreicht. „Um Lichtmess, d’Suppn am Tag ess’n.“ - Am 2. Februar hat die Tageslänge bereits deutlich zugenommen, das Abendessen findet bereits bei Tageslicht statt. Um den 19. März, dem Josefitag, beginnt der eigentliche Frühling und mit ihm die Feldarbeit. „Um Georgi fangen die Wiesen zu grünen an.“ - Ab dem 23. April beginnt auch die Arbeit im Gemüsegarten. Der 12., 13. Und 14. Mai, die Tage der sogenannten Eismänner, markieren den Beginn der Heuernte, dabei sind Nachtfroste gefürchtet. Am 29. Juni, Peter und Paul, muss das Heu eingebracht sein. Um den 25.

Juli, dem Jakobitag, beginnt die Getreideernte. Ab dem 29. September, dem St. Michaelstag, beginnt die Mostproduktion. (vgl. REINTHALER, 2014, S. 137ff)

Auch in Sprichwörtern, die aus den tradierten Beobachtungen von Wetterphänomenen entstanden sind, wird Bezug auf mittelfristig bevorstehende Wetterereignisse genommen: „Matthias brichts Eis, hot a koans, sou mocht a ans.“ - Nach einem kalten Winter gab der 24. Februar, der Tag des heiligen Matthias, Hoffnung auf einen nahenden Frühling. Waren die Wintermonate jedoch mild, so war ein verspäteter Wintereinbruch zu befürchten. „Friara Vouglsgong mocht an Winta long.“ - Vogelgesang kündigt den Frühling an, bei allzu frühem Frühlingsbeginn wurde ein neuerlicher Wintereinbruch befürchtet. „Kimmt a wia a Sau, geht a wia a Frau.“ - Damit ist gemeint, dass bei kaltem Märzbeginn am Monatsende mit Wärme und Frühlingserwachen gerechnet werden darf, der Spruch hat auch umgekehrt Gültigkeit. „Wia as Wetta zu 40-Märtyrer, sou is as 40 Tog long.“ - So wie sich das Wetter am 10. März, dem 40-Märtyrertag, zeigt, so dauert es 40 Tage lang an. „Friara Dunna, spota Hunga.“ - Ein trockener Frühsommer war gefürchtet, da dadurch die Entwicklung der Frühjahrssaat gehemmt war. „Kiala Mai bringt vül Brot und Hei.“ - Ein kühler Mai versprach üppige Ernte. „Wia as Wetta zu Kathrein, wird da Winta sein.“ - Der Lostag, ein nach altem Volksglauben feststehendes Datum zur Vorhersage der Wetterverhältnisse der folgenden Wochen und Monate, für das Winterwetter war der 25. November. So wie sich das Wetter an diesem Tag der Heiligen Katharina zeigt, verhält es sich den ganzen Winter. Der Lostag für das Herbstwetter war der 1. September, der Gedenktag des Hl. Ägidius dem Vieh- und Bauernpatron. (vgl. REINISCH & BRUNNER, 2008, S. 112ff)

2.3.3 Messungen

Der Übergang von deskriptiven Wetteraufzeichnungen auf Instrumentenmessungen, die von vernetzten, amtlichen Messanordnungen erhoben wurden, war fließend, und stellt einen Brückenschlag in das Zeitalter der modernen Klimaforschung dar. Zu Beginn wiesen die erhobenen Instrumentenmessreihen jedoch eine Vielzahl von Fehlern auf, die sich auf technische Schwierigkeiten, Aufstellungs- oder Ableseprobleme zurückführen lassen und Brüche und Unstimmigkeiten in den Datenreihen verursachen. (vgl. GLASER, 2001, S. 43f)

Mit dem Aufkommen der ersten Messgeräte im 16. Jahrhundert standen der Klimatologie jedoch erstmals objektivierbare, metrische Daten zur Verfügung. Das erste Temperaturmessgerät aus dem Jahr 1597 geht auf Galileo Galilei (1564 – 1642) zurück, das erste Flüssigkeitsthermometer beschrieb der französische Arzt Jean Rey (1590 – 1645) im Jahre 1632. Verbessert und weiterentwickelt wurden die Thermometer schließlich unter anderem vom deutschen Physiker Daniel Gabriel Fahrenheit (1686 – 1736), dem französischen Naturforscher René-Antoine Ferchault Réaumur (1683 – 1757) und dem schwedischen Astronomen, Mathematiker und Physiker Anders Celsius (1701 – 1744). Besonderes Interesse galt auch den Messungen von Niederschlägen, die einfacher durchzuführen waren und deren quantitative Erfassung daher älter ist als die der Temperatur. Die Entwicklung des Barometers Mitte des 17. Jahrhunderts lenkte die Aufmerksamkeit von Physikern auf meteorologische Inhalte. In Mitteleuropa verbreitete sich die Instrumentenmessung vor allem durch den deutschen Universalgelehrten Gottfried Wilhelm Leibniz (1646 – 1716), der erste zusammenhängende Messungen im Jahre 1677 auf Anregung des französischen Physikers Edme Mariotte (1620 – 1684) in Hannover durchführte. (vgl. GLASER, 2001, S. 18ff)

Die frühen Beobachter pflegten regen Austausch untereinander. Es setzte sich die Überzeugung durch, dass Fortschritte in der Meteorologie nur durch gleichzeitige, tägliche Beobachtungen an verschiedenen Orten zu erreichen seien. Die Grundidee, aus räumlich übergreifenden, standardisierten Klimamessungen zu synoptischen Aussagen zu gelangen, geht auf die Royal Society of London zurück, die ihre Arbeit 1667 begonnen hatte. Als erstes Ergebnis dieser zusammenschauenden Untersuchungen

erschien im Jahr 1688 die Windkarte von Halley (benannt nach dem britischen Naturforscher Edmond Halley, 1656 – 1742), die älteste meteorologische Karte überhaupt. Die 1780 gegründete Mannheimer Societas Meteorologica Palatina (auch Mannheimer Meteorologische Gesellschaft) organisierte, ausgehend von zwölf europäischen Städten, ein Messnetz mit genormten Messgeräten und festen Ableseterminen jeweils um 7 Uhr, 14 Uhr und 21 Uhr, den sogenannten Mannheimer Stunden, die ebendort gesammelt und publiziert wurden. (vgl. GLASER, 2001, S. 18ff) Im Benediktinerstift Kremsmünster werden seit dem Jahr 1763 kontinuierliche Wetterbeobachtungen durchgeführt. Seit 1775 existiert eine vollständige meteorologische Beobachtungsreihe für Wien, wo im Jahre 1851 die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) der staatliche meteorologische und geophysikalische Dienst Österreichs gegründet wurde. (vgl. STRÖMMER, 2003, S. 16)

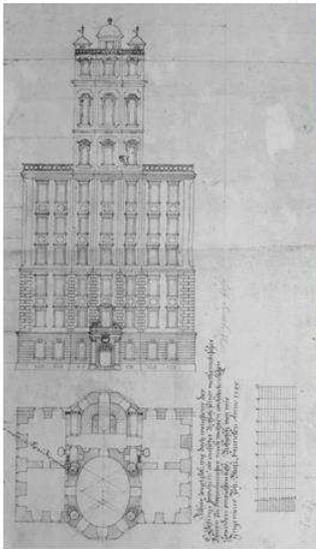


Abbildung 37: Plandarstellungen des Sternwartengebäudes im Stift Kremsmünster (in der Sternwarte ausgestellt Plandokument)

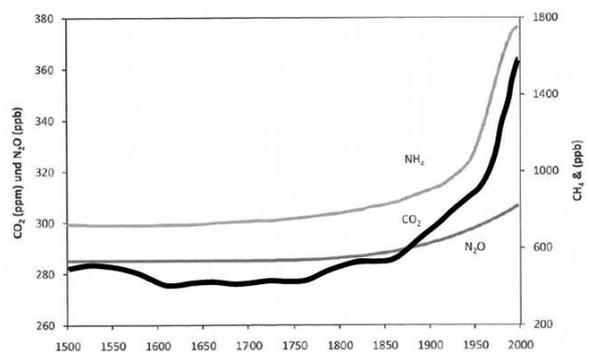
Abbildung 38: Blick vom Sternwartenhochhaus in den heutigen meteorologischen Messgarten der Klosteranlage

Aufgrund von signifikanten Wetteranomalien in weiten Teilen der Welt um das Jahr 1816 (infolge eines Vulkanausbruchs in Indonesien mit globalen Folgen) plädierte der deutsche Physiker Heinrich Wilhelm Brandes (1777 - 1834) für die Vermehrung von Wetterstationen und für die Anfertigung von Wetterkarten. Johann Wolfgang von Goethe (1749 – 1832) erließ als Staatsminister am 14. Dezember 1817 eine sogenannte „Instruction für die Beobachter bei den Großherzoglichen meteorologischen Anstalten“, welche die Wetterbeobachtungen und Analysen mit Hilfe neuester Messinstrumente und exakter tabellarischen Protokollierungen auf den neuesten Stand der Wissenschaft bringen sollte. (vgl. BEHRINGER, 2016, S. 269f) Konkrete Schritte in Richtung einer koordinierten und synoptischen Betrachtung gab es unter anderem durch Anregungen eines 1873 nach Wien einberufenen Meteorologenkongresses, bei dem die Internationale Meteorologische Organisation (IMO) als Vorläuferin der Weltmeteorologischen Organisation (WMO) gegründet wurde. (vgl. GLASER, 2001, S. 18ff) Julius Hann (1839 – 1921), der zwischen 1877 und 1897 der heutigen Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) vorstand, wurde zum Wegbereiter der modernen Erforschung des Wetters und des Klimas. Er bemühte sich, die Erkenntnisse der Physik für die Analyse des Wettergeschehens nutzbar zu machen. Diese Bemühungen führten zu Gründung von Observatorien wie jene auf dem Hohen Sonnblick (Goldberggruppe, 3105 m) oder auf dem Hochobir (Karawanken, 2139 m). (vgl. TASCHWER, 2015) Im 19. Jahrhundert erkannte der französische Physiker Jean-Baptist Joseph,

Baron de Fourier (1768 – 1830) die Bedeutung der Atmosphäre auf die Temperaturentwicklung der Erde. Er verglich sie mit einer Art Treibhaus, da sie einen Teil der einfallenden solaren Strahlung zurückhält. Treibhausgase wie vor allem Kohlendioxid, durch die sich die Erde erwärmen und Leben ermöglichen konnte, wurden Mitte des 19. Jahrhunderts entdeckt. (vgl. BEHRINGER, 2012, S. 243ff)

Pionier der Erforschung von Klimaschwankungen aufgrund menschlicher Einflüsse war der aus Jena stammende und in Wien tätige Geograph Eduard Brückner (1862 – 1927). (TASCHWER, 2015) Im 20. Jahrhundert verdeutlicht der amerikanische Klimaforscher Charles Keeling (1928 – 2005) in der nach ihm benannten Keeling-Kurve die Anreicherung der Atmosphäre mit Kohlendioxid anhand einer langjährigen Messreihe, die 1957 erstmals vorgelegt und kontinuierlich erweitert wurde. Demnach betrug im Jahr 1957 die gemessene CO₂-Konzentration 315 ppm (parts per million) und wuchs bis 1970 auf 325 ppm an. Im Jahr 2005 erreichte sie einen Wert von 380 ppm. Für 1870 wurde ein Wert von 270 ppm berechnet. Zwar wird über die Richtigkeit dieser Berechnungen diskutiert, fest steht jedoch, dass seit den 1890er Jahren ein Aufwärtstrend der Temperaturen zu bemerken ist, der allerdings zwischen 1945 und 1970 unterbrochen wurde. (vgl. BEHRINGER, 2012, S. 243ff)

Abbildung 39: Entwicklung der Konzentration der Treibhausgase Kohlendioxid (CO₂, in ppm), Distickstoffoxid (N₂O in ppb) und Methan (CH₄ in ppb, rechte Achse) in den vergangenen 500 Jahren. Rekonstruktion aus Eisbohrkernen aus Grönland und der Antarktis (Mauelshagen, 2010, S. 77 nach Robertson)



Beobachtungen der Sonnenaktivität

Nach der Erfindung bzw. Verbesserung des Teleskops durch Galileo Galilei wurden dunkle Stellen auf der sichtbaren Sonnenoberfläche, die sogenannte Sonnenflecken, entdeckt und seit 1611 beschrieben. Man erkannte, dass Zahl und Größe von Sonnenflecken variabel waren, und vermutete einen Zusammenhang zwischen deren Anzahl und dem vorherrschenden Klima, da Sonnenflecken eine erhöhte Sonnenaktivität anzeigen. (vgl. BEHRINGER, 2016, S. 41f) Der norddeutsche Pfarrer und Astronom David Fabricius (1564 – 1617) konnte mit Hilfe seines Teleskops und der Beobachtung von Sonnenflecken die Dauer einer Sonnenumdrehung messen. Die Entdeckungen, die Fabricius um 1617 unabhängig von anderen Astronomen und etwa zur gleichen Zeit mit ihnen machte, hatten eine besondere Bedeutung in Bezug auf das wissenschaftliche Verständnis des Temperaturabfalls während der sogenannten Kleinen Eiszeit. (Siehe Kapitel 2.4.2)

In der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts beobachteten Astronomen wie Giovanni Domenico Cassini (1625 – 1712), dass die Häufigkeit der Flecken auf der Sonnenoberfläche radikal zurückgegangen war. In Jahren mit besonders harten Wintern konnten sogar überhaupt keine Sonnenflecken beobachtet werden. Ihr scheinbares Verschwinden ist als Maunder Minimum in die Geschichte der Astronomie eingegangen, benannt nicht nach den ursprünglichen Beobachtern, sondern den späteren Interpreten (Anm.: den Astronomen Edward Walter Maunder 1851 – 1928 und seiner Gattin Annie Maunder 1868 – 1947). Die Periode erstreckt sich circa von 1645 bis 1715, und fällt mit der stärksten klimatischen Abkühlung der Kleinen Eiszeit zusammen. Bis heute gibt es keine allgemein akzeptierte wissenschaftliche Erklärung für diese Beobachtung, aber die Häufigkeit von Sonnenflecken scheint mit der solaren Rotation und Aktivität des Sterns in Zusammenhang zu stehen, und koinzidiert mit irdischen Kälteperioden. (vgl. BLOM, 2017, S. 213f)

2.3.4 Proxydaten

Neben direkten Klimainformationen werden in der historischen Klimatologie sogenannte Proxydaten, also Näherungswerte und indirekte Klimaanzeiger wie beispielsweise natürliche Archive, als Datenquelle herangezogen. Ernteertragszahlen, der Eintritt phänologischer Phasen, Vereisungsbelege und Hochwasserangaben lassen Rückschlüsse auf das Klima zu. Üblicherweise werden sie in biologische (zum Beispiel Informationen zu Ernteerträgen, Baumringanalysen, etc.) und physikalische (zum Beispiel Vereisungs- und Hochwasserereignisse) Angaben unterteilt. (GLASER, 2001, S. 21ff) Die klimatische Umsetzung von Proxydaten folgt in der historischen Klimatologie mittlerweile einem breiten methodischen Spektrum. Für ihre genauere Interpretation werden insbesondere önologische (weinbaurelevante) Parameter, Getreideertragsangaben, Ernteergebnisse von Heu und Grumet sowie dendrologische Daten und Eisparameter zur klimatischen Rekonstruktion herangezogen. Der Zusammenhang zwischen einzelnen Einflussgrößen und den klimatischen Werten wird anhand stochastischer Modelle ihrer rezenten Beziehungen bestimmt. Man versucht, den Zusammenhang mit aktuellen Datensätzen über Transferfunktionen zu beschreiben und die dabei gewonnenen Erkenntnisse auf die historischen Reihen zu übertragen. (vgl. GLASER, 2001, S. 43f)

Am Beispiel des Weins lassen sich Auswirkungen des schwankenden Wetters insofern detailliert rekonstruieren, als Erntedaten, Weinpreise und Weinbeurteilungen bereits im 16. Jahrhundert und früher sorgfältig aufgezeichnet wurden. In kühlen Jahren verschiebt sich das Erntedatum nach hinten, weil die Trauben langsamer reifen. Manchmal müssen Trauben aber auch unreif geerntet werden. Die daraus gepressten Weine waren kaum trinkbar, wurden als wichtiges Nahrungsmittel aber dennoch konsumiert, da sauberes Trinkwasser besonders in den Städten selten zur Verfügung stand. Das durchschnittliche Erntedatum des Weins zwischen 1500 und 1570 war in der Region Burgund der 27. September. Zwischen 1571 und 1600 lag es zwei Tage später. In den maritimen Alpen verschob sich der Erntetermin um fast zwei Wochen. Die Stadt Krems hatte seit dem Mittelalter eine wichtige Rolle im Weinhandel gespielt. Um die Wende zum 17. Jahrhundert gewannen zwei weitere Erwerbszweige an Bedeutung: Senf und Bleiweiß. Für beide brauchte man Essig, der immer dann in großen Mengen vorhanden war, wenn sich der Wein kältebedingt als nicht trinkbar erwies. Getreide und Hopfen sind hingegen wetterunempfindlicher als Weintrauben, daher gewann Bier im Europa des 17. Jahrhunderts an Bedeutung. (vgl. BLOM, 2017, S. 46ff)

Vulkane können durch den Ausstoß von Asche, Gasen und Schwebeteilchen die Zusammensetzung der Atmosphäre klimawirksam verändern. Durch Anzahlbestimmung von Vulkanen und anhand von Eisbohrkernen, Baumjahresringen und Sedimentanalysen wurde eine Chronologie von Vulkanausbrüchen über einen Zeitraum von mehrere hundert Millionen Jahren erstellt. Deren Stärke wird mit dem Volcanic Explosivity Index (=VEI) in sieben Stufen klassifiziert, die sich nach der Menge des ausgestoßenen Materials und der Höhe des Auswurfs bemessen. Geeicht wurde die Skala nach dem ältesten präzise beschriebenen größeren Vulkanausbruch nämlich dem des Vesuvs (=VEI₅) im Jahr 79 n.Chr. (vgl. BEHRINGER, 2016, S. 13) Der Ausbruch des Tambora in Indonesien wurde als stärkster Vulkanausbruch der vergangenen 10 000 Jahre klassifiziert (=VEI₇). Die Eruption erfolgte am 10. April 1815, und bewirkte eine weltweite, mehrjährige Abkühlung um ca. 3 °C - 4 °C, die sogenannte Tambora-Kälte. Infolge der Stärke der Explosion gelangten große Mengen an Asche und Aerosolen in die Stratosphäre, und wurden in der Folge über weite Teile der Erde verteilt. Das darauffolgende Jahr 1816 ist in Europa und Nordamerika als „Jahr ohne Sommer“ bekannt. (vgl. BEHRINGER, 2012, S. 217) Wetterbeobachtungen zu Lande und Logbucheintragungen auf See zeigen für das Jahr 1816 unterschiedliche Wetteranomalien: In manchen Gebieten war es zu feucht (Westeuropa und China), in anderen zu trocken (USA, Indien, Südafrika) in den meisten zu kalt, in manchen auch zu warm wie zum Beispiel in Russland. (vgl. BEHRINGER, 2016, S. 14)

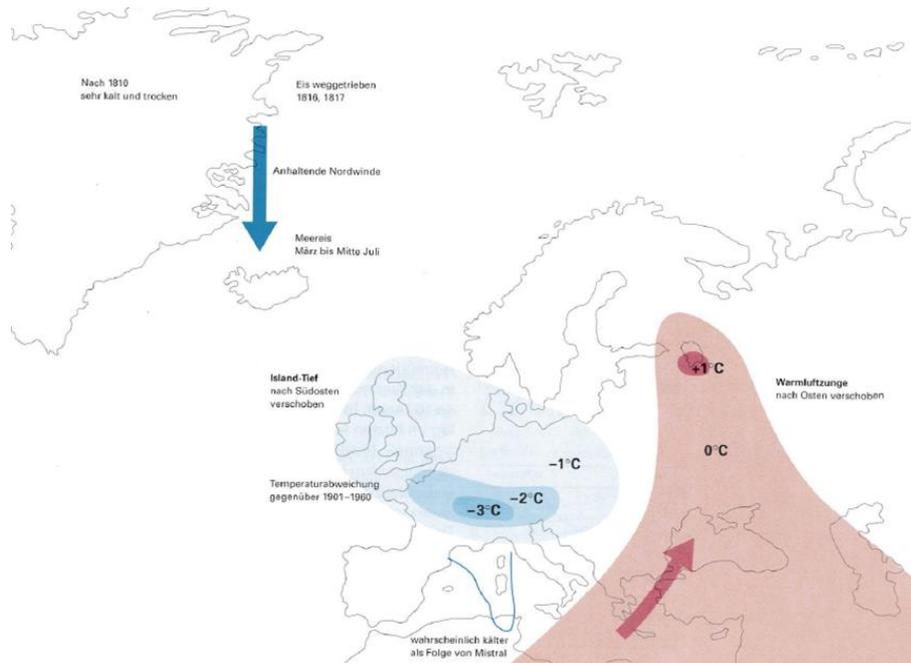


Abbildung 40: Temperaturanomalien im sogenannten Jahr ohne Sommer 1816 (Pfister, 1999, S. 155)

Auswertungen von Proxydaten

Historische Klimatologen haben ihre klimatischen Rekonstruktionen mit den Datenspektren von Dendroklimatologen, Geographen, Glaziologen, Geologen, Biologen, Chemiker und Physiker abzugleichen. Das Kernproblem dabei ist die chronologische Aufbereitung der Daten. Für Klimarekonstruktionen sind grundsätzlich direkte und indirekte Daten verwendbar. Direkte Daten beziehen sich auf Beobachtungen meteorologischer Größen. Aussagen über Wolkenbedeckungen, Temperatur, Niederschlag, Wind usw. können, müssen aber nicht in Form von Messdaten festgehalten worden sein. Messdaten zu Temperatur- oder Niederschlag sind etwa seit dem frühen 17. Jahrhundert verfügbar, werfen allerdings Probleme auf, da die Instrumente uneinheitlich und die Messmethoden nicht standardisiert aufeinander abgestimmt waren. Indirekte Daten bzw. Proxydaten können nicht immer eindeutig zugeordnet werden, da sie auch von gesellschaftlichen Faktoren beeinflusst sind. Phänologische Angaben also schriftliche Informationen über periodisch wiederkehrende Erscheinungen in der Natur, die Rückschlüsse auf den Klimaverlauf während eines Jahres zulassen, haben sich als gut verwertbare Proxys erwiesen. Diese betreffen etwa Blüte- und Reifezeit von Kulturpflanzen und ihre Erntetermine und -erträge. Zu gut verwertbaren Proxys zählen auch dokumentierte Gletscherstände, Angaben über zugefrorene Flüsse und Seen sowie Daten über den ersten und letzten Schneefall in einem Jahr. Klimahistorisch aufschlussreich sind auch Angaben über Bittprozessionen, die im katholischen Raum Südeuropas verbreitet waren und abgehalten wurden, wenn etwa bei von Dürre- oder Kälteperioden die Ernte in Gefahr war. (vgl. MAUELSHAGEN, 2010, S. 39ff)

Kernproblem der klimahistorischen Auswertungen von Chroniken, Zeugnissen und Annalen ist die Interpretation sprachlicher Beschreibungen wie „wild“, „veränderlich“, „schön“. Relativ einfach lassen sich verbale Hinweise auf einzelne meteorologische Größen wie Temperatur („warm“, „kalt“, „heiß“, „sehr kalt“, „gefroren“ usw.), Niederschlag („Regen“, „Schnee“, „viel Schnee“ usw.) Windrichtung oder Wolkenbedeckung („Wolken“, „dunkel“, usw.) zuordnen. Die genauen Bedeutungen der Beschreibungen sind damit jedoch noch unklar und Standardisierungen kaum erkennbar, zumal Witterungstagebücher nahezu ausnahmslos ungedruckt blieben. (vgl. MAUELSHAGEN, 2010, S. 45)

Klima-Proxdaten werden heute in Datenbanken verwaltet, deren Datenpools auf der Auswertung schriftlicher Dokumente beruhen, wie die seit den 1970er Jahren aufgebaute Datenbank EURO-CLIMHIST von Pfister oder Glaser's HISKLID (vgl. MAUELSHAGEN, 2010, S. 52) Der größte Teil dieser Datensammlung besteht aus Wetterbeschreibungen, die in vielen Fällen mit Hinweisen auf sozioökonomische und natürliche Verhältnisse und Auswirkungen verbunden sind. Darüber hinaus nehmen viele dieser Beschreibungen Bezug auf besondere Naturereignisse wie Erdbeben oder größere Brände. Die allgemeinen Angaben können als Zusammenschau von witterungsklimatischen Angaben und ihre Folgewirkung interpretiert werden. (vgl. GLASER, 2001, S. 55) Laut Pfister wurden allein für die Schweiz rund 38 000 Einträge aus historischen Dokumenten ab 1496 bis zur Errichtung des ersten schweizerischen Messnetzes 1864 zusammengetragen und lesbar gemacht. (vgl. PFISTER u. a., 1999, S. 44)

Proxydaten aus schriftlichen und natürlichen Quellen lassen sich statistisch mit gemessenen Temperaturen vergleichen und kalibrieren. Aus den gewonnenen Gleichungen kann die Temperatur in einem bestimmten Abschnitt eines Kalenderjahres für die vorinstrumentelle Periode geschätzt werden. Beschreibungen des Witterungsverlaufes, die den Beginn und das Ende von Hitze- oder Kälteperioden oft auf den Tag genau datieren, geben Auskunft, wie dieses Temperaturmuster im jeweiligen Einzelfall ausgesehen haben könnte. Zu den Stärken historischer Schriftenzeugnisse gehört, dass sie Daten in hoher zeitlicher Auflösung bieten. Je weiter man historisch zurückgeht, desto dünner wird die Datenlage zu schriftlichen Überlieferungen, und umso geringer wird die Wahrscheinlichkeit, serielle Informationen zu finden. Da diese nicht seriellen, fragmentierten Informationen nur qualitativ vorliegen, wurde von Pfister das Verfahren der numerischen Indizierung als Instrument der historischen Klimatologie entwickelt. Es handelt sich dabei um eine Art Multi-Proxy-Analyse vor der Umrechnung einzelner Serien in meteorologische Variablen.

Im Einzelnen sieht das Verfahren folgende Schritte vor: Zuerst erfolgt eine vergleichende, qualitativ schätzende und nicht quantifizierende Interpretation aller Daten, die für einen bestimmten Monat gesammelt wurden. Dies erfordert die Berücksichtigung quellenspezifischer und ökologischer Gesichtspunkte. Je mehr Kenntnisse vorliegen, desto leichter lassen sich typische Muster identifizieren, aus denen stabile Kriterien für die nächsten Indizes abgeleitet werden können. Am Ende der Interpretation steht die Zuweisung einer Indexzahl aus einer siebenstelligen Skala von 3 bis -3. Der Vorgang wird für jeden Monat eines bestimmten Zeitraums wiederholt, bis die Indexreihe komplett ist. Aus den Werten der Einzelmonate können Jahressummen oder Jahresmittel als aussagekräftige Größe errechnet werden. Für die Kalibrierung müssen Vergleichsdaten des 20. Jahrhunderts nach dem gleichen numerischen System indexiert werden. Die Proxydaten werden dabei mit Messdaten abgeglichen, die in möglichst geringem Abstand zu ihnen ermittelt wurden. (vgl. MAUELSHAGEN, 2010, S. 55ff) In nachfolgende Tabelle sind die Temperatur- und Niederschlagsindizes nach Pfister vereinfacht dargestellt.

Index	Umschreibung	Temperatur	Niederschlag
3	Extrem	Viel zu warm	Viel zu nass
2	Deutlich übernormal	Sehr warm	Nass
1	Leicht / mäßig übernormal	Zu warm	Zu feucht
0	Normal	Normal	Normal
-1	Leicht / mäßig unternormal	Zu kühl	Zu trocken
-2	Deutlich unternormal	Kalt	Trocken
-3	Extrem	Viel zu kalt	Viel zu trocken

Abbildung 41: Temperatur- und Niederschlagsindizes nach Pfister (Mauelshagen, 2010, S. 56)

2.4 Klimaperioden

Klimazeitreihen des abgelaufenen Millenniums lassen mehrere kurzfristige Änderungen und langfristige Schwankungen sowohl auf positiver als auch negativer Seite erkennen. Diese können als markante Kalt- und Warmphasen bzw. feuchte und trockene Abschnitte bezeichnet werden. Daneben treten auch große Temperatur- und Niederschlags sprünge auf, die in kurzer Zeit abgelaufen sind. In der Temperaturentwicklung der vergangenen 1000 Jahre sind die Schwankungsmuster des Mittelalterlichen Wärmeoptimums mit überwiegend positiven Temperaturentwicklungen, eine Übergangsphase der Temperaturverschlechterung, die sogenannte Kleine Eiszeit mit kühlen Sommern und nach und nach kälter werdenden Winterabschnitten, sowie das Moderne Klimaoptimum erkennbar. Insgesamt bewegen sich die nachweisbaren Temperaturänderungen im Größenordnungsbereich von etwa 1,5 °C. (Dieser Wertebereich wird auch innerhalb eines kurzen Zeitraumes von 100 Jahren zwischen den Jahren 1700 und 1800 durchschritten.) Nach dieser Jahresbilanz ist aktuell eine Warmphase vorherrschend, die in etwa dem Mittelalterlichen Klimaoptimum gleichkommt bzw. dieses sogar leicht überschreitet. In einer jahreszeitlichen Analyse wird jedoch deutlich, dass die saisonalen Prägungen in diesen Warmphasen unterschiedlich sind. Das Mittelalterliche Wärmeoptimum ist von heißen Sommern und eher kalten Wintern geprägt. Im Modernen Wärmeoptimum sind hingegen die milden Winter bei gemäßigten Sommern für die wärmeren Jahresbilanzen verantwortlich. (vgl. GLASER, 2001, S. 181)

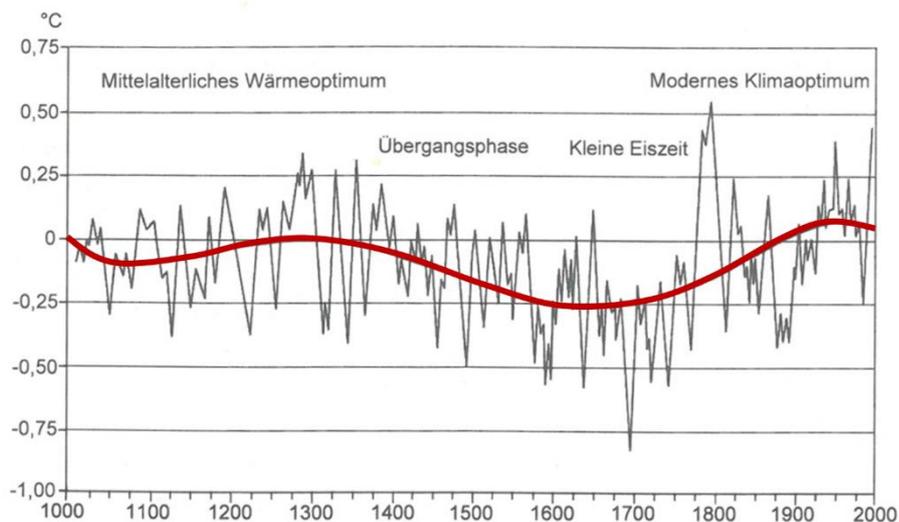


Abbildung 42: Temperaturjahresgang in Mitteleuropa seit dem Jahr 1000: Die feinere Kurve repräsentiert den mittelfristigen Verlauf, der aus den jährlichen Angaben über einen 31-jährigen Filter errechnet wurde. Anhand der kräftigen Linie ist die langfristige Entwicklung dargestellt. (Behringer, 2012, S. 104 nach Glaser)

2.4.1 Hochmittelalterliche Warmzeit

Die Mittelalterliche Warmzeit wurde 1965 vom englischen Klimatologen Hubert Lamb (1913 – 1997) beschrieben, der sich dabei auf historische Überlieferungen, Schlussfolgerungen und Interpretationen physikalischer Klimadaten stützte. Ihr Höhepunkt wird zwischen den Jahren 1000 und 1300 angenommen. Während dieser Zeit häufen sich warme, trockene Sommer und milde Winter. Das Ausmaß der Erwärmung wird von Lamb auf 1 - 2 °C über dem Mittelwert der Vergleichsperiode 1931 – 1960 geschätzt. Für den Norden Europas werden sogar bis zu 4 °C angenommen. Die Schätzungen und auf Proxydaten beruhenden Annahmen Lambs werden aufgrund ihrer Höhe jedoch angezweifelt. Eine Mittelalterliche Warmzeit wird jedoch kaum bestritten, zumal für den Zeitraum zwischen 900 und 1250/1300 der weltweite Rückzug großer Gletscher nachgewiesen ist. Festgehalten werden jedoch regionale Unterschiede etwa zwischen Ländern nördlich der Alpen und jenen im Mittelmeerraum. Dennoch kam es auch in der Mittelalterlichen Warmzeit zu Klimaextremen wie etwa dem Winter 1010/11, in dem der Bosphorus zufror und der Nil Eis führte. (vgl. BEHRINGER, 2012, S. 103f) Während des Hochmittelalters stieg die Baumgrenze in den Alpen in Höhen, die jene des 20. Jahrhunderts übersteigen und wodurch sich das gesamte Ökosystem verschob, da noch vor den Bäumen andere Organismen wie Flechten, Moose, Gräser und Blumen und mit ihnen eine entsprechende Fauna aus Insekten, Kleinsäuger und Vögel weiter nach oben wanderten. In Deutschland dehnten sich Weinbaugebiete nach Pommern und auf den britischen Inseln bis ins südliche Schottland aus. Bis zum 70. Breitengrad wurden Gerstensorten angebaut. Pollenuntersuchungen ergaben, dass im hochmittelalterlichen Norwegen Weizen bis nach Trondheim kultiviert wurde. Die Ausdehnung der von sesshaften Bauern bewirtschafteten landwirtschaftlichen Flächen hatte im 9. und 10. Jahrhundert begonnen, und reichte auf dem Höhepunkt der Mittelalterlichen Warmzeit durchschnittlich 100 m bis 200 m weiter die Täler hinauf als in der Neuzeit. Ein Großteil dieser Kulturflächen ging jedoch nach 1300 wieder verloren. Der klimabedingt vergrößerte Lebensraum für wärmeliebende Insekten hatte auch Einfluss auf die Verbreitung von Krankheiten. So war die Anophelesmücke in weiten Teilen Europas verbreitet. Entsprechend war die Malaria im Mitteleuropa bis nach England endemisch. Heuschreckenschwärme führten noch im 14. Jahrhunderte wiederholt zu Ernteausfällen. (vgl. BEHRINGER, 2012, S. 106ff) Während der mittelalterlichen Warmperiode war die Bevölkerung stark gewachsen, wurde jedoch durch die Pestepidemie um 1348 um etwa ein Drittel dezimiert. Trotzdem erholten sich die Bevölkerungszahlen dank günstiger Witterungsbedingungen und Verfügbarkeit von Nahrungsmittel relativ rasch. (vgl. BLOM, 2017, S. 20f)

2.4.2 Kleine Eiszeit

Der Begriff Kleine Eiszeit wurde Ende der 1930er Jahre vom amerikanischen Glaziologen Francois Matthes (1875 - 1949) geprägt. Die meisten heute noch existierenden Gletscher in Nordamerika gehen Matthes zufolge nicht auf die letzte große Eiszeit zurück, sondern entstanden in der relativ kurz zurückliegenden Periode zwischen dem 13. und 19. Jahrhundert, in der es zu Gletschervergrößerungen in den Alpen, in Skandinavien und Nordamerika gekommen war. Diesen Zeitabschnitt nannte er „The little Ice Age“. (vgl. BEHRINGER, 2012, S. 119f) Ab etwa 1400 wurde die Wärmeperiode des Hochmittelalters innerhalb von einem Jahrhundert durch eine starke Abkühlung verdrängt, deren Ursachen nach wie vor rätselhaft sind. Hypothesen reichen von einer Abweichung in der Rotation der Erdachse bis zu einer möglicherweise periodisch auftretenden, verminderten Sonnenaktivität, die sich zumindest für das späte 17. Jahrhundert auch anhand von Beobachtungen nachweisen lässt, was jedoch den früheren Beginn der kleinen Eiszeit nicht erklärt. (vgl. BLOM, 2017, S. 19f) Eine erste Welle kalter Winter, verregener Sommer und katastrophaler Hagelstürme im Frühjahr kam in den 1570er Jahren über Europa, wobei die Abkühlung der durchschnittlichen Temperaturen deutlich verminderte

Ernteerträge für die Landwirtschaft bedeuteten. (Eine Abkühlung um zwei Grad entspricht einer Verkürzung der Vegetationsperiode zur Reifung von Getreide, Wein, Winterfutter für das Vieh und Früchte um sechs Wochen.) Erst um 1750, als sich die Temperaturen wieder normalisierten, konnte in Europa wieder so geerntet werden wie vor dem Jahr 1570. (vgl. BLOM, 2017, S. 20f) Das Tagebuch des Abtes des Klosters Gouda Wouter Jacobszoon ist eines der wenigen ausführlichen Dokumente, in denen das Leben am Beginn der kleinen Eiszeit gegen Ende des 16. Jahrhunderts aus einer Alltagsperspektive beschrieben wird. Insbesondere Frostereignisse erregten die Aufmerksamkeit vieler Beobachter, und wurden ausführlich dokumentiert. 1569 war die Lagune von Venedig bis in den März hinein zugefroren, im Winter 1572/73, als Jakobszoon in Amsterdam Zuflucht suchte, war der Bodensee bis ins Frühjahr von einer dicken Eisschicht bedeckt. (vgl. BLOM, 2017, S. 34)

Da sich höherwertige Getreidesorten als anfällig gegen Feuchtigkeit und Winterkälte erwiesen, musste der Getreideanbau zu Beginn der Kleinen Eiszeit in Gebieten Nordeuropas wie in Island ganz aufgegeben werden. Anderorts behalf man sich mit Hafer oder Roggen. Mit Weizen und Wein betraf die Verschiebung der Vegetationsgrenzen zentrale Nutzpflanzen der europäischen Agrikultur. Während im Hochmittelalter Weinbau in Südnorwegen und England betrieben wurde, verschob sich die Grenze im 14. und noch einmal im 16. Jahrhunderte nach Süden, und liegt noch heute etwa 500 km weiter südlich als zu Beginn des Hochmittelalters. Für den hochalpinen Bereich ist bekannt, dass die Baumgrenze sank und hochgelegene Almen aufgegeben werden mussten. Gleichzeitig betrafen die klimatischen Veränderungen auch die Fauna. So wurde in Grönland, Island und Teilen Skandinaviens und der Britischen Inseln die Rinderzucht unmöglich, und man ging zur Schafzucht über. In Mittelgebirgen und in den Alpen wurde die Weidehaltung schwieriger. Dabei stellten Überschwemmungen nach der Schneeschmelze die größte Gefahr dar, da sie Weideflächen unbrauchbar machten. Auch Fischerei und Jagd waren durch Bestandsverminderungen stark vom Klimawandel betroffen. (vgl. BEHRINGER, 2012, S. 130ff)

Im 15. und 16. Jahrhundert ist die Anzahl an *Seefrönnen*, ein Begriff der das Zufrieren großer Alpenseen beschreibt, deutlich höher als in den Jahrhunderten davor und danach. Der Bodensee etwa bildet bei lang andauernden Temperaturen unter -20 °C eine geschlossene Eisdecke. Chroniken über sein Zufrieren liegen ab dem neunten Jahrhundert vor, in denen *Seefrönnen* im Winter 875 und 895 dokumentiert sind. Danach blieb der See für fast 200 Jahre eisfrei. Zwischen dem 11. und 13. Jahrhundert gab es insgesamt sechs Totalvereisungen. Mit den ersten Kältewellen der Kleinen Eiszeit stieg die Frequenz. Im 14. Jahrhundert sind sie aus den Jahren 1323, 1325, 1378, 1379 und 1383 vermeldet. Im 15. und 16. Jahrhundert erreichen sie einen Höchststand mit je sieben Totalvereisungen: Zwischen 1409 und 1573 war der See im Durchschnitt jedes zwölfte Jahr komplett zugefroren, in der Kernphase der Kleinen Eiszeit zwischen 1560 und 1575 sogar jedes fünfte Jahr. Während des 17. Jahrhunderts gab es 1684 und 1695 in zwei der kältesten Jahre des Jahrtausends *Seefrörne*. Im 18. Jahrhundert fand 1788 eine Totalvereisung, im 19. Jahrhundert in den Jahren 1830 und 1880 und im 20. Jahrhundert im Jahr 1963 statt. Überlieferungen über *Seefrörne* anderer großer Alpenseen, die sich nicht immer mit den genannten Datierungen decken, deuten auf lokale klimatische Unterschiede hin. Auch südlich der Alpen können für den Zeitraum der Kleinen Eiszeit zwischen den Jahren 1300 und 1800 markante Kälteereignisse nachgewiesen werden, wonach etwa die Lagune von Venedig durchschnittlich sechs Mal pro Jahrhundert vereist war. Berichtet wird unter anderem von der Befahrbarkeit der Strecke von Venedig nach Mestre über einen Zeitraum von fast sieben Wochen im Winter 1432/33, einem Ritterturnier auf dem Canale Grande im Jahr 1491, geschlossenen Eisdecken in den Jahren 1716, 1740, 1747 und zweimal im Jahr 1755. Im 20. Jahrhundert fror die Lagune infolge langanhaltender Bora-Eiswinde zweimal zu, und zwar 1929 und 1956. (vgl. BEHRINGER, 2012, S. 126ff)

Als eine der kältesten Phasen während der Kleinen Eiszeit hat sich das sogenannte Maunder-Minimum (1675 – 1715) herausgestellt, das durch nachhaltige Temperatureinbrüche gekennzeichnet war. Das Observatorium in Greenwich wies Ende des 19. Jahrhunderts auf eine Phase verminderter Sonnenaktivität innerhalb dieses Zeitraumes hin. Mit den solaren Veränderungen korrespondiert eine Temperaturdepression, die mit allgemeinen Befunden einer verkürzten Vegetationsperiode übereinstimmt. Neben dem Maunder Minimum traten zwischen 1282 und 1342 das so genannte Wolf Minimum, zwischen 1450 und 1543 das Spörer Minimum und zwischen 1790 und 1830 das Dalton Minimum in Erscheinung. (vgl. GLASER, 2001, S. 163)

In den ersten Jahrzehnten des 18. Jahrhunderts schien sich in Raum Ostösterreichs eine beginnende Wiedererwärmung abzuzeichnen. Nach Fehl- und Katastrophenernten, denen Hungersnöte in weiten Teilen Europas folgten, stieg die Tendenz zu warmen Sommern und guten Weinerträgen. (vgl. STRÖMMER, 2003, S. 46) Wie bei der Warmzeit des Mittelalters ist auch in Bezug auf die Kleine Eiszeit zu bemerken, dass es sich nicht um eine konstante Abkühlung handelte, sondern um eine vorherrschende Tendenz. Neben einer großen Zahl kalter und feuchter Jahre gab es auch „normale“ Wetterperioden und sogar extreme Hitzejahre. Klimahistoriker definieren die Periode der Kleinen Eiszeit daher vorsichtig durch die Variabilität des Klimas und die Häufung klimatischer Extremereignisse. (vgl. BEHRINGER, 2012, S. 120)

2.4.3 Moderne Warmzeit

Mauelshagen datiert das Ende der Kleinen Eiszeit, insbesondere einer kurz nach 1550 beginnenden und besonders ausgeprägten Kaltphase, die die Agrargesellschaften Europas vor große Herausforderungen gestellt hatte, auf das Jahr 1900. (vgl. MAUELSHAGEN, 2010, S. 2f) Die als Modernes Klimaoptimum zu bezeichnende positive Temperaturabweichung im 20. Jahrhundert wird vor allem durch die Abweichungen in den Herbst- und Wintermonaten verursacht. (vgl. GLASER, 2001, S. 181f) In der Zusammenschau der vergangenen 1000 Jahre ist die winterliche Erwärmung in den vergangenen 150 Jahren in dieser Form einmalig und mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die anthropogene Erhöhung des Treibhauseffektes zurückzuführen. (vgl. GLASER, 2001, S. 209) Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum im warmen 20. Jahrhundert, der gestiegene Energiebedarf und dessen Deckung durch Verbrennung fossiler Brennstoffe haben die industrialisierte Gesellschaft zum einem Antriebsfaktor im Klimasystem gemacht. Die anthropogene Emission von Treibhausgasen haben Ausmaße erreicht, dass zum Ende des 21. Jahrhunderts mit einem Anstieg der Temperaturen um 3,4 °C, verglichen mit den Durchschnittswerten zwischen 1980 und 1999, zu rechnen ist. Die Erwärmung im 20. Jahrhundert ist mit großer Gewissheit eine Folge der Industrialisierung. (vgl. MAUELSHAGEN, 2010, S. 2f)

Der Philosoph und Historiker Philip Blom postuliert in seiner 2017 erschienenen Publikation „Die Welt aus den Angeln, eine Geschichte der Kleinen Eiszeit bis 1700“ „...dass wir seine (Anm.: bevorstehender Klimawandel) noch nicht abschätzbaren Folgen zumindest weniger katastrophal machen könnten, wenn wir rasch und entschieden darauf reagieren würden. (...) Eine Klimakonvention wie sie 2016 in Paris verabschiedet wurde, die erst fünf Jahre nach Aushandlung überhaupt in Kraft tritt und dann zweifelslos gebrochen, manipuliert und von Ausnahmeregelungen durchlöchert wird, ist keine Antwort auf die Krise, sondern ein Zeichen dafür, wie schwach der Wille ist, die notwendigen radikalen Veränderungen einzuleiten, solange noch Handlungsspielraum besteht, um sie wenigstens teilweise zu steuern.“ (vgl. BLOM, 2017, S. 245)

2.5 Klimarekonstruktionen

Für quantitative Angaben zu Klimaveränderungen während des Betrachtungszeitraums der vergangenen 500 Jahre (1500 – 2000) werden Informationen aus Mauelshagen's Publikation „Klimageschichte der Neuzeit“ (2010) zusammengefasst und dargestellt. Grundlage dafür sind rekonstruierte Daten aus Studien, die sich vor allem auf historische Proxys aus der Datenbank EURO-CLIMHIST stützen. Dabei werden Temperaturschwankungen für Europa während der zurückliegenden 500 Jahre in jahreszeitlicher bzw. monatlicher Auflösung rekonstruiert.⁵

Die geographische Abgrenzung umfasst einen Raum in einer Auflösung von $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ bzw. $60 \text{ km} \times 60 \text{ km}$ über Europa von Island bis Sibirien und damit auch größere Teile Eurasiens. Die Temperaturdaten setzen sich aus homogenisierten und instrumentellen Messungen ab 1659, Rekonstruktionen aus dokumentarischen Quellen auf Basis der Pfister-Indizes sowie Ergebnissen aus grönländischen Eisbohrkern- und skandinavischen bzw. sibirischen Baumringanalysen zusammen. Für die Beschreibung von Klimaschwankungen im Alpenraum wird auf Pfisters Buch „Wetternachhersage“ (1999) sowie eine Arbeit Luterbachers (2000)⁶ zurückgegriffen. Ergänzungen mit Bezug auf den mitteleuropäischen Raum mit Zentrum Deutschland erfolgen durch Informationen aus Glasers Publikation „Klimageschichte Mitteleuropas“ (2001). Die Angaben von Temperatur- und Niederschlagsabweichungen beziehen sich auf die Vergleichsperiode 1971 - 2000. (vgl. MAUELSHAGEN, 2010, S. 64f)

2.5.1 Temperaturentwicklung 1500 - 2000

Die durchschnittlichen Temperaturen in Europa liegen im Zeitraum 1500 - 1900 um circa $0,5^\circ \text{C}$ tiefer als in der Vergleichsperiode 1971 – 2000. Mit $0,58^\circ \text{C}$ unter dem Referenzwert von 1971 - 2000 ist das 19. Jahrhundert das kälteste, gefolgt vom 17. Jahrhundert ($-0,56^\circ \text{C}$), dem 16. Jahrhundert ($-0,52^\circ \text{C}$) und dem 18. Jahrhundert ($-0,36^\circ \text{C}$). Die mittleren Temperaturen im 20. Jahrhundert liegen um $0,25^\circ \text{C}$ unter dem Referenzwert des Vergleichszeitraums. Die Alpengletscher erreichten um die Jahre 1300, 1450, 1650 und 1850 Höchststände. Die Vereisungsmaxima um die Mitte des 17. und des 19. Jahrhunderts markieren die Hochphasen der Kleinen Eiszeit, die sich auch in den Temperaturdaten widerspiegeln.

Das 16. Jahrhundert war im Durchschnitt nur wenig wärmer als das 17. und 19. Jahrhundert und nur geringfügig kühler als der Durchschnitt des gesamten 20. Jahrhunderts. Besonders nach dem Jahr 1560 häufen sich jedoch Negativanomalien. Die kältesten zehn Jahre der vergangenen 500 Jahre liegen zwischen 1592 und 1601, diese Dekade zählt auch zu den niederschlagsreichsten. Das 17. Jahrhundert zeigt weniger starke Schwankungen der mittleren Jahrestemperaturen als das sechzehnte, war jedoch konstant kühl und erlebte gegen Ende einen zusätzlichen Kälteeinbruch. Die Dekade zwischen 1691 und 1700 gehört zu den drei kältesten des gesamten Betrachtungszeitraums von 1500 bis 2000. Ein wirklich warmes Jahrzehnt gab es im gesamten 17. Jahrhundert nicht, das vergleichsweise wärmste liegt zwischen 1604 und 1613, jedoch liegen die Temperaturen auch hier deutlich unter dem Mittelwert des 20. Jahrhunderts. Gegen Ende des Maunder-Minimums (1645 - 1715) stiegen die Jahresdurchschnittstemperaturen an. Das 18. Jahrhundert war nur geringfügig kälter als das zwanzigste, was vor allem durch warme Sommer bedingt ist. Die wärmsten aufeinanderfolgenden zehn Jahre des 18. Jahrhunderts sind jene zwischen 1789 und 1798 und inkludieren das wärmste Jahr 1797, das kälteste

⁵ Luterbacher Jürg et. al.: European seasonal and annual temperature variability, trends and extremes since 1500, in: Science (303), S.1499 – 1503; Xopalki Elena et. al.: European spring and autumn temperature variability and change of extremes over the last half millennium, in: Geophysical Research Letter (32) L15713; Pauling Andreas: Five hundred years of gridded high resolution precipitation reconstructions over Europe, in: Climate Dynamics 26, 2006, S. 387 - 405

⁶ Luterbacher Jürg: Die Kleine Eiszeit, in: Klimawandel im Schweizer Alpenraum, Zürich 2000

war 1740. Die Kleine Eiszeit schlägt sich vor allem in den deutlich kälteren Wintern und Frühjahren nieder, während die Sommer beinahe so warm waren, wie im 20. Jahrhundert und die Herbste nur wenig kälter. Viele Temperaturminima und –maxima der Periode 1500 bis 1900 liegen im 18. Jahrhundert. (vgl. MAUELSHAGEN, 2010, S. 65ff)

Das 19. Jahrhundert lässt sich durch eine Zäsur um 1855 in eine kalt-trockene und eine wärmere, sehr feuchte Periode gliedern. Als Folge der äquatornahen Vulkanausbrüche wie dem Tamboraausbruch 1815 und einem Tiefpunkt der Sonnenaktivität während des Dalton Minimums waren im Jahrzehnt 1810 – 1820 alle Jahreszeiten kalt und trocken, am kältesten war das Jahr 1816. Die Alpengletscher stießen nach diesem Jahrzehnt vor, und erreichten um 1855 -1860 ein mit einem Stand von 1600 vergleichbares Maximum. Insbesondere niedrige Wintertemperaturen kennzeichnen den letzten Abschnitt der Kleinen Eiszeit. Charakteristisch für das 20. Jahrhundert sind die von Rückschlägen unterbrochenen, phasenverschobenen Erwärmungsschübe in den Jahreszeiten. (vgl. PFISTER u. a., 1999, S. 76) Der Zeitraum 1900 - 2000 war insgesamt trockener als alle vorherigen Jahrhunderte und auch als die Vergleichsperiode 1971 - 2000. Dies ist vor allem auf den starken Rückgang der Sommerniederschläge zurückzuführen. (vgl. MAUELSHAGEN, 2010, S. 69)

2.5.2 Jahreszeitliche Auflösung

Die Winter des Betrachtungszeitraums 1500 – 1900 waren im Durchschnitt um 0,98 °C kälter als in der Vergleichsperiode 1971 - 2000. Auch verglichen mit dem gesamten 20. Jahrhundert ist der Temperaturunterschied mit einer Abweichung von -0,51 °C deutlich. Ausnahmen sind zwei Zwischenphasen um 1530 und um 1730, in die auch die wärmsten Winter des 16. bzw. 18. Jahrhunderts fallen. Die kältesten Perioden traten gegen Ende des 16., Ende des 19. und besonders am Ende des 17. Jahrhunderts auf. Die kälteste Winterdekade liegt zwischen den Jahren 1689 und 1698, in der die Durchschnittstemperaturen um -1,83 °C unter dem Vergleichswert liegen. Der kälteste Winter im gesamten Zeitraum ereignete sich 1708/1709 mit enormen Temperaturabweichungen vom Mittelwert der Vergleichsperiode von -4,1 °C. In großen Teilen Europas und Westrusslands lagen die Abweichungen bei bis zu -7 °C. Bemerkenswert ist, dass dieser Winter in einen starken Wintererwärmungstrend Anfang des 18. Jahrhunderts fällt. Pfister bezeichnet insbesondere die Winter der Jahre 1514/15, 1565/66, 1572/73, 1694/95, 1829/30, 1879/80 als sibirisch. (Als Kriterien dieser Einschätzungen werden Proxydaten und Berichte über anhaltende Schneebedeckung, das Zufrieren von Alpenseen und Flüssen, erfrorene Reben und Obstbäume sowie Frostrisse in Bäumen genannt.) Die Niederschlagsrekonstruktionen für die Winter zeigen stabile Werte bis zu einem Einbruch Ende des 17. Jahrhunderts und einem darauffolgenden Anstieg zwischen 1705 und 1720. Dieser Trend folgt den rapide steigenden Temperaturen im späten Maunder-Minimum.

Die Frühjahre zwischen 1500 und 1900 waren durchschnittlich um -0,77 °C kälter als in der Vergleichsperiode 1971 - 2000. In diesen Jahrhunderten schwanken die Werte nur unwesentlich um diese Abweichungen. Das 17. Jahrhundert war mit Abweichungen von -0,87 °C die kälteste Periode. Eine besonders ausgedehnte Phase kalter Frühjahre fällt in die zweite Hälfte des Maunder Minimums. Um das letzte Jahrzehnt des 17. Jahrhunderts kumuliert eine Serie deutlich zu kalter Frühjahre mit Abweichungen um -1 °C. Der kälteste Frühling ereignete sich 1695. Besonders von der Kälte betroffen waren Frankreich, Mitteleuropa und Skandinavien. (vgl. MAUELSHAGEN, 2010, S. 69ff)

Der Sommer ist jene Jahreszeit, in der die Durchschnittstemperaturen seit dem 15. Jahrhundert am geringsten vom Mittelwert des 20. Jahrhunderts und von der Referenzperiode 1971 - 2000 abweichen. Zwischen 1531 und 1541 weisen die Sommer immer wieder höhere Durchschnittswerte als das Mittel der Referenzperiode auf. Danach fallen die Werte bis zum Jahr 1620 fast kontinuierlich ab, pendeln sich danach ein, und fallen erneut gegen Ende des 17. Jahrhunderts deutlich. Ab circa 1750 setzt eine Periode

wärmerer Temperaturen ein, die bis zur zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts andauert. In der Phase ihres Beginns liegt der heißeste Sommer der gesamten Betrachtungsperiode: Im Jahr 1757 liegen die Temperaturen um durchschnittlich 1,8 °C über dem Mittelwert der Referenzperiode 1971 - 2000. (Erst das Jahr 2003 weist einen noch heißeren Sommer auf.) Die wärmste Sommerdekade folgt von 1789 bis 1798. Ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ist ein Abwärtstrend bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts festzustellen. Ein Tiefpunkt wird 1902 erreicht: In diesem kältesten Sommer des gesamten Betrachtungszeitraums beträgt die Temperaturabweichung von der Referenzperiode -1,3 °C. Die kälteste Sommerdekade war 1907 - 1916, bis zum Jahr 1900 war es das Jahrzehnt 1879 - 1888. Die kältesten Sommerdekaden in den weiteren Jahrhunderten fallen in etwa mit jenen Jahrzehnten zusammen, in denen auch auf Ebene der Jahresmittelwerte die Negativrekorde liegen: 1592 - 1601, 1691 - 1700, 1731 - 1740.

Die Herbste zwischen 1500 und 1900 sind insgesamt etwas kälter als jene im 20. Jahrhundert. Im 18. Jahrhundert liegen die Temperaturen nur knapp unter dem Mittelwert der Vergleichsperiode. Im 17. und 19. Jahrhundert erreicht der Herbst einen Tiefpunkt mit einer durchschnittlichen Temperaturabweichung von -0,29 °C im Vergleich zum Referenzzeitraum 1971 - 2000.

Die Niederschlagswerte sind ab der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts zunehmend. Vor allem die Sommerniederschläge liegen in allen Jahrhunderten deutlich über dem Mittelwert des 20. Jahrhunderts. Der Trend stimmt mit der Annahme überein, dass die globale Erwärmung in Europa einen Rückgang der Sommerniederschläge zur Folge hat. (vgl. MAUELSHAGEN, 2010, S. 74ff)

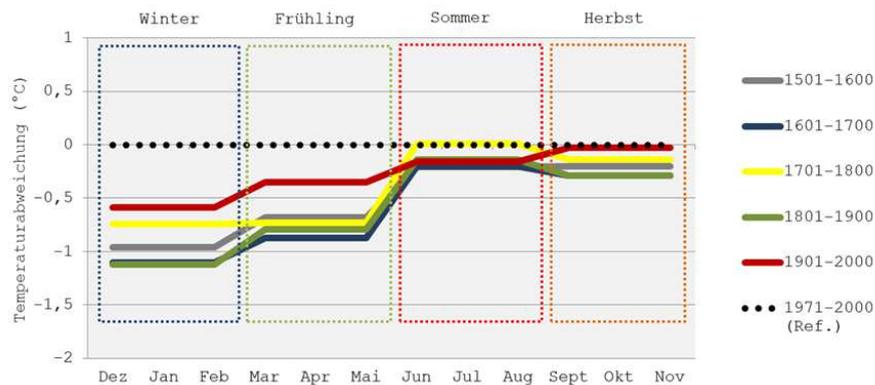


Abbildung 43: Darstellung von Temperaturabweichungen in Europa im Zeitraum 1501 – 2000 bezogen auf eine Referenzperiode 1971 – 2000 (Datenquelle: Mauelshagen, 2010, S. 67f)

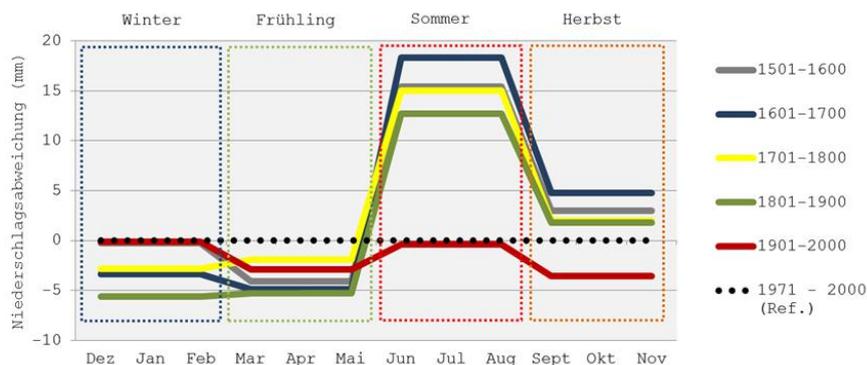


Abbildung 44: Darstellung von Niederschlagsabweichungen in Europa im Zeitraum 1501 – 2000 bezogen auf eine Referenzperiode 1971 – 2000 (Datenquelle: Mauelshagen, 2010, S. 67f)

3 Bauklimatik

Nach der vom deutschen Naturforscher Alexander von Humboldt (1769 – 1859) im Jahr 1845 festgelegten Definition bezeichnet der Ausdruck Klima „...in seinem allgemeinsten Sinne alle Veränderungen in der Atmosphäre, die unsere Organe merklich afficiren: die Temperatur, die Feuchtigkeit, die Veränderungen des barometrischen Druckes, den ruhigen Luftzustand oder die Wirkung ungleichnamiger Winde, die Größe der elektrischen Spannung, die Reinheit der Atmosphäre oder die Vermengung mit mehr oder minder schädlichen gasförmigen Exhalationen, endlich den Grad habitueller Durchsichtigkeit und Heiterkeit des Himmels; welcher nicht bloß wichtig ist für die vermehrte Wärmestrahlung des Bodens, die organische Entwicklung der Gewächse und die Reifung der Früchte, sondern auch für die der Gefühle und ganze Seelenstimmungen des Menschen.“ Nach einer weiteren Begriffsbestimmung von Köppen entspricht das Klima der „...Gesamtheit der atmosphärischen Bedingungen, die einen Ort der Erdoberfläche mehr oder weniger für Menschen, Tiere und Pflanzen bewohnbar machen.“ Gemäß diesen Definitionen werden in der Klimatologie demnach auch jene meteorologischen Bedingungen als Klimabestandteile anerkannt, die auf die physischen Bedürfnisse des Menschen und das organische Leben in der Natur Bezug nehmen. (vgl. STEINACKER, 2015b nach Köppen)

Unter der Begriff Bauklimatik sind jene Einflussfaktoren und Erscheinungen subsummiert, die am Zustandekommen von Innenraumklimata beteiligt sind und die das Wohlbefinden und die Gesundheit von Menschen, die sich in Gebäuden aufhalten, direkt beeinflussen. (vgl. ROLOFF, 2018) Die Bezeichnung wurde an der Technischen Hochschule Dresden durch den deutschen Architekten Werner Cords-Parchim (1886 – 1954) geprägt. Hauptanliegen der Bauklimatik ist die Gewährleistung von Nutzbarkeit und Funktion sowie die Eigensicherung und der Schutz von Baukonstruktionen vor unzulässiger Beanspruchung durch Klimaeinflüsse. Ziel ist die Schadensvermeidung und das Erreichen von bestmöglichen baulicher Bedingungen für die jeweilig betrachtete Gebäude-Hauptnutzung durch Menschen, Tiere, Pflanzen aber auch für Sammlungen, Artefakte, usw. (vgl. ROLOFF, 2018) Im Gegensatz dazu werden in der Bauphysik physikalische Eigenschaften und Vorgänge in Materialien, Bauelementen und Räumen untersucht.

Im nachfolgenden Kapitel werden bauklimatische und bauphysikalische Begriffe und Zusammenhänge wie zum Beispiel zwischen dem Temperaturverhalten von Gebäuden und der natürlichen Raumbelichtung erläutert und thermische bzw. lichtrelevante Komfortansprüche definiert. Sie bilden die Grundlage für die Untersuchung der innenraumklimatischen und bauphysikalischen Eigenschaften von ausgesuchten Gebäudebeispielen und ihrer Interpretation im Kontext aktueller Anforderungen an Temperatur und Lichteintrag.

3.1 Gebäudethermie

In seiner 1822 unter dem Titel „Théorie analytique de la chaleur“ veröffentlichten Wärmeleitungsgleichung gelang es dem französischen Mathematiker und Physiker Jean-Baptiste Fourier (1768 – 1830), die Wärmeflüsse und Temperaturunterschiede in einem Bauelement rechnerisch abzubilden. Grundlage dieser Wärmeleitungsgleichung bilden konstante Randbedingungen in Verbindung mit gleichbleibenden Materialeigenschaften. Damit führte Fourier für diese Betrachtung stationäre Verhältnisse ein, die in Abhängigkeit zur Fläche, den Temperaturunterschieden zwischen innen und außen und der Zeit gesetzt wurden. Auf diese Weise konnte eine Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Konstruktionen hergestellt werden, die die stoffbezogene Wärmeleitfähigkeit einband. Die Methode bildet die Grundlage für die heute noch genutzte Berechnung der

Wärmedurchgangskoeffizienten bzw. U-Werte von Bauelementen. Nahezu zeitgleich stellte der französische Physiker Sadi Carnot (1796 – 1832) den Satz auf, wonach Wärme immer vom höheren zum niedrigeren Temperaturniveau fließt. Auf Basis von Carnots Wärmetheorie entwickelte der als Lord Kelvin bekannt gewordene britische Physiker William Thompson (1824 - 1907) die nach ihm bekannte Temperaturskala, die sich mit der 1742 von Andres Celsius (1701 – 1744) eingeführten Celsius-Skala deckt, jedoch mit der Festlegung des absoluten Nullpunktes deutlich von den Festlegungen Celsius abweicht. Mittels Bestimmung des Gefrier- und Siedepunktes von Wasser hatte Celsius erstmals eine Einteilung gewählt, die die Temperaturdifferenz zwischen diesen beiden Punkten in 100 gleiche Abschnitte einteilte. Celsius legte jedoch den Siedepunkt des Wassers auf 0 °C und den Gefrierpunkt auf 100 °C fest [sic!]. Von diesen Festlegungen wich Kelvin ab, und definierte den absoluten Nullpunkt nicht mit -273,15 °C, sondern mit 0 K und damit jenem Punkt, an dem jede molekulare Teilchenbewegung zum Erliegen kommt und kein Druck mehr vorhanden ist. In der Bauphysik werden Temperaturdifferenzen grundsätzlich mit der Einheit Kelvin (K) beschrieben.

In weiterer Folge gelang dem deutschen Bauphysiker Helmut Glaser in den 1950er Jahren die Entwicklung eines Berechnungsverfahrens zur Untersuchung von Diffusionsvorgängen im Inneren von Bauteilen und damit eine Verknüpfung von thermischen und hygri-schen Randbedingungen. Neben der rechnerischen Ermittlung wurde ein graphisches Verfahren eingeführt, anhand dessen die Abschätzung möglich wurde, ob die Gefahr von Tauwasserbildung innerhalb einer Konstruktion besteht. (vgl. BOGUSCH & DUZIA, 2012, S. 9f)

3.1.1 Begriffsdefinitionen

Grundlage des Wärmeschutzes und des energetisch optimierten Bauens bilden die verwendeten Materialien und ihre Dämmeigenschaften. Für deren Bewertung werden Begriffe und Rechenwerte verwendet, durch die eine Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Konstruktionen hinsichtlich ihres thermischen Verhaltens hergestellt werden kann. (vgl. DUZIA & BOGUSCH, 2014, S. 32f)

Wärmeleitfähigkeit

Besteht zwischen der Lufttemperatur im Gebäudeinnern und im Außenraum ein Temperaturunterschied, wird Energie durch die Gebäudehülle von der warmen auf die kalte Seite durch Transmission übertragen. In Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der eingesetzten Baustoffe geht dabei unterschiedlich viel Energie über einen Bauteil verloren. (vgl. HEGGER u. a., 2012, S. 75) Die Wärmeleitfähigkeit eines Baustoffes wird von der Rohdichte ρ und somit von der Porenstruktur des Materials beeinflusst. Die Einheit der Wärmeleitfähigkeit λ ist W/mK und steht für die Wärmemenge Q , die in einer Stunde durch eine Schicht von 1 m Dicke geleitet wird. Dabei beträgt der Temperaturunterschied zwischen den beiden Außenflächen 1 K. Dieser Zusammenhang wird mit nachstehender Formel ausgedrückt.

$$Q = \lambda * t * A * \Delta\theta / s$$

- t Dauer der Wärmeübertragung (h)
- A Fläche des Bauteils (m²)
- $\Delta\theta$ Temperaturdifferenz zwischen den Bauteilen (K)
- s Dicke des Bauelementes (m)
- λ Wärmeleitfähigkeit (W/mK)

Formel 4: Baustoff-Wärmeleitfähigkeit

Wärmedurchlasswiderstand

Der spezifische Widerstand, den ein Material dem Wärmestrom bei einer Temperaturdifferenz von 1 K auf einer Fläche von 1 m² zwischen den Oberflächen entgegengesetzt, wird als Wärmedurchlasswiderstand R erfasst. Die Einheit für R ist m²K/W. (vgl. BOGUSCH & DUZIA, 2012, S. 35) Ermittelt wird der Wärmedurchlasswiderstand einer Schicht mit folgender Formel:

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

- d Schichtdicke des Materials (m)
- λ Wärmeleitfähigkeit (W/mK)

Formel 5: Spezifischer Wärmedurchlasswiderstand eines Materials

Die Dämmwirkung eines Bauelementes berücksichtigt sowohl die Wärmedurchlasswiderstände der einzelnen Schichten als auch die Wärmeübergangswiderstände der Innen- und Außenseite. Der Wärmedurchgangswiderstand R_T ist somit jener Wert, der den gesamten Widerstand, den die Hülle dem Verlust an Wärme entgegengesetzt, abbildet. (vgl. HEGGER u. a., 2012, S. 75) Demnach unterscheidet man zwischen dem inneren Wärmeübergangswiderstand R_{si} und dem äußeren Wärmeübergangswiderstand R_{se} . Die Wärmeübergangswiderstände stehen für die Wärmemenge Q , die in einer Stunde zwischen 1 m² Bauteil und der angrenzenden Luftschicht ausgetauscht wird. Der Wärmeübergangswiderstand R_{se} der Außenoberflächen von Bauteilen steht jedoch unter dem ständigen Einfluss der Windgeschwindigkeiten. Nehmen diese zu, verringern sich der äußeren Wärmeübergangswiderstände. (vgl. DUZIA & BOGUSCH, 2014, S. 38)

$$R_T = R_{se} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{si}$$

- R_{se} Äußerer Wärmeübergangswiderstand (m²K/W)
- R_{1-n} Einzel-Wärmedurchlasswiderstände (m²K/W)
- R_{si} Innerer Wärmeübergangswiderstand (m²K/W)

Formel 6: Wärmedurchlasswiderstand eines Bauelementes

Wärmedurchgangskoeffizient

Für die Vergleichbarkeit der wärmeschutztechnischen Qualität von Baukonstruktionen wird der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) genutzt. Dieser bildet damit die Grundlage für die energetische Bewertung von Bauelementen, die warme von kalten Raumzonen trennen. Der U-Wert stellt den Wärmestrom durch ein Bauelement dar, und beschreibt den durch eine Fläche von 1 m² innerhalb von einer Stunde durchgehenden Wärmestrom. Grundlage dieser Bewertung ist die angenommene Temperaturdifferenz zwischen den beiden Oberflächen von konstant 1 K.

Bildet man aus der Summe der Einzelwiderstände aller homogenen Schichten eines Bauelementes und der Übergangswiderstände den Kehrwert, erhält man den U-Wert bzw. den Wärmedurchgangskoeffizienten mit der Einheit W/m²K. (vgl. DUZIA & BOGUSCH, 2014, S. 41)

$$U - \text{Wert} = \frac{1}{R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}}$$

Formel 7: Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauelementes

Beim Neubau eines Gebäudes oder eines Gebäudeteils dürfen bei konditionierten Räumen folgende U-Werte nicht überschritten werden (vgl. OIB - 6 (idF. v. 2015) 6):

Index	Bauelement	Einbausituation	U-Wert (W/m ² K)
1	Wände	gegen Außenluft	0,35
2	Wände	gegen unbeheizte nicht ausgebaute Dachräume	0,35
3	Wände	gegen unbeheizte, frostfrei zu haltende Gebäudeteile (ausgenommen Dachräume) sowie gegen Garagen	0,60
4	Wände	Erdberührt	0,40
5	Wände	(Trennwände) zwischen Wohn- und Betriebseinheiten oder konditionierte Treppenhäuser	0,90
6	Wände	gegen andere Bauwerke an Grundstücks- und Bauplatzgrenzen	0,50
7	Wände	kleinflächig gegen Außenluft (z.B. bei Gaupen), die 2 % der Wände des gesamte Gebäudes gegen Außenluft nicht überschreiten, sofern die ÖNORM 8110-2 (Kondensatfreiheit) eingehalten wird	0,70
8	Wände	(Zwischenwände) innerhalb von Wohn- und Betriebseinheiten	(-)
9	Fenster, Fenstertüren, verglaste Türen	jeweils in Wohngebäuden gegen Außenluft	1,40
10	Fenster, Fenstertüren, verglaste Türen	jeweils in Nicht-Wohngebäuden gegen Außenluft	1,70
11	sonstige transparente Bauteile	vertikal gegen Außenluft	1,70
12	sonstige transparente Bauteile	horizontal oder in Schrägen gegen Außenluft	2,00
13	sonstige transparente Bauteile	vertikal gegen unbeheizte Gebäudeteile	2,50
14	Dachflächenfenster	gegen Außenluft	1,70
15	Türen	unverglast gegen Außenluft	1,70
16	Türen	unverglast gegen unbeheizte Gebäudeteile	2,50
17	Tore	Rolltore, Sektionaltore u. dgl. gegen Außenluft	2,50
18	Innentüren		(-)
19	Decken und Dachschrägen	jeweils gegen Außenluft und gegen Dachräume (durchlüftet oder ungedämmt)	0,20
20	Decken	gegen unbeheizte Gebäudeteile)	0,40
21	Decken	gegen getrennte Wohn- und Betriebseinheiten	0,90
22	Decken	innerhalb von Wohn und Betriebseinheiten	(-)
23	Decken	gegen Außenluft (z.B. über Durchfahrten, Parkdecks)	0,20
24	Decken	gegen Garagen	0,30
25	Böden	Erdberührt	0,40

Abbildung 45: Wärmetransmissionskoeffizient-Anforderungen an wärmeübertragende Bauelemente

Spezifische Wärmekapazität

In unmittelbarem Zusammenhang mit der Wärmeleitfähigkeit λ steht die spezifische Wärmekapazität c_p eines Baustoffes. Dieser Wert beschreibt die Wärmemenge Q , die benötigt wird, um 1 kg eines Materials um 1 K zu erwärmen. Die spezifische Wärmekapazität ist insbesondere bei der Beurteilung des sommerlichen Wärmeschutzes von Gebäuden von Bedeutung. In Zusammenhang mit der Rohdichte eines Materials und der Bauteilstärke errechnet sich das Wärmespeicherverhalten c_{wirk} von leichten, mittleren und schweren Bauweisen und deren mögliches Abkühlverhalten bei nächtlicher Lüftung. (vgl. DUZIA & BOGUSCH, 2014, S. 43) Zur Bewertung der Wärmespeicherfähigkeit c_{wirk} von Bauteilen wird deren spezifische Wärmekapazität, Rohdichte, Schichtdicke und wirksamer Fläche herangezogen.

$$c_{\text{wirk}} = \Sigma c_p * \rho * d * A$$

c_p Spezifische Wärmekapazität (J/kgK)

ρ Rohdichte (kg/m³)

d Schichtdicke (m)

A wirksame Fläche (m²)

Formel 8: Wärmespeicherfähigkeit von Bauelementen

Grundsätzlich gibt es drei gewichtsbezogenen Bauweisen: Bei leichter Bauweise liegt die Wärmespeicherfähigkeit von Bauelementen c_{wirk} unter 50 Wh/(Km²), bei mittlerer zwischen 50 Wh/(Km²) und 130 Wh/(Km²) und bei schwerer über 130 Wh/(Km²). (vgl. BOGUSCH & DUZIA, 2012, S. 168) Leichte Gebäude unterliegen größeren Temperaturschwankungen als Massivbauten. Sie können schneller aufgeheizt und abgekühlt werden. (vgl. HEGGER u. a., 2012, S. 76)

Wärmeeindringkoeffizient

Der Wärmeeindringkoeffizient b wird aus der Wärmeleitfähigkeit λ , der Dichte ρ und der spezifischen Wärmekapazität c_p eines Materials gebildet, und steht damit unmittelbar in Bezug zur Temperaturleitfähigkeit, die auf denselben Parametern beruht. Er ist als empfindbares Phänomen einfach erlebbar wie etwa bei der Berührung von Holz und Keramik: Trotz gleicher Raum- und Oberflächentemperatur stellt sich bei der Berührung von Holz eher ein Gefühl von Wärme ein als bei Keramik, da dort der Wärmefluss aus dem Körper in das Material unmittelbar erfolgt, wodurch die Oberfläche als kalt empfunden wird. (vgl. DUZIA & BOGUSCH, 2014, S. 44)

$$b = \sqrt{\lambda * \rho * c}$$

λ Wärmeleitfähigkeit (W/mK)

ρ Rohdichte (kg/m³)

c_p Spezifische Wärmekapazität (J/kgK)

Formel 9: Wärmeeindringkoeffizient

Nachfolgende Darstellung illustriert experimentell den Wärmefluss aus unbedeckten Fußsohlen in Untergründe aus Steinfliesen und hochflorigem Teppichtextil (linke Abbildung). Die circa zwei Sekunden nach 10-sekündigem Körper-Bodenkontakt entstandene thermographische Aufnahme samt Temperaturskala von 14 °C bis 28 °C (rechte Abbildung) illustriert den durch den Textilboden verlangsamtsten Wärmeabfluss.

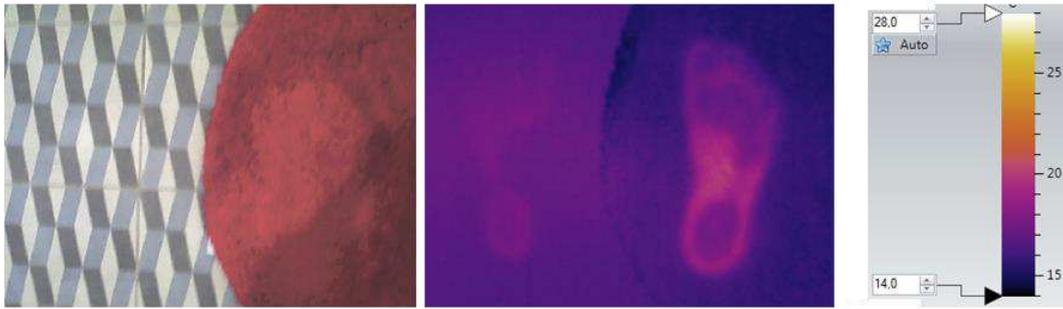


Abbildung 46: Fußbodenoberfläche aus (blaugrauen) Steinfliesen und (rotem) Teppichtextil
Abbildung 47: Thermographische Aufzeichnung der Oberflächen (jeweils angenommener Emissionsgrad 0,95) nach 10-sekündigem Fußsohlenkontakt und Temperaturskala

Heizwärme- und Kühlbedarf

Die vordergründig auf den Heizenergieaufwand eines Gebäudes fokussierende Beurteilungsgrundlage ist der Heizwärmebedarf (HWB). Dieser ist die Differenz zwischen den Wärmeverlusten und den internen sowie den solaren Wärmegevinen. Der HWB ist als jene Wärmeenergie definiert, die den konditionierten Räumen eines Gebäudes zugeführt werden muss, um eine vorgegebene Solltemperatur einzuhalten. Dafür wird eine Innentemperatur von 20 °C zugrunde gelegt. (vgl. ÖNORM 8110-1 (idF. v. 2008) 3.9) Als Bezugsfläche wird die beheizte Bruttogrundfläche herangezogen. Die Berechnung des Heizwärmebedarfes wird in ÖNORM 8110-6 detailliert beschrieben. Im dort festgeschriebenen Berechnungsverfahren werden die Wärmeverluste aus Transmission und Lüftung gegen die Wärmegevinen aus inneren Lasten und solaren Einträgen bilanziert. Aus deren Differenz innerhalb einer Heizperiode wird der Heizwärmebedarf berechnet. Das jeweilige Standortklima wird mit den Monatsmittelwerten der Außentemperatur und den Monatssummen der Globalstrahlung berücksichtigt. Transmissions-Wärmeverluste werden aus den Leitwerten der Hüllbauteile mit einer Reihe von Näherungsverfahren zur Berücksichtigung von Wärmefluss gegen Erdreich, unbeheizte Gebäudeteile oder Wärmefluss an Wärmebrücken berechnet. Standardisierte Nutzungsannahmen liegen den Berechnungen der Lüftungswärmeverluste und der inneren Gewinne sowie der Festlegung der Innenraumtemperatur zugrunde. (vgl. HAMMER & HOLZER, 2009, S. 492) HWB-Anforderungsnachweise für Neubauten und größeren Gebäudesanierungen sind in den Richtlinien des Österreichischen Institutes für Bautechnik (OIB) geregelt. Die nachfolgenden Formeln zur Errechnungen der HWB-Höchstwerte sind daraus entnommen. (OIB - 6 (idF. v. 2015) 3):

$$HWB (NB) = 16 * (1 + 3,0/l_c)$$

$$HWB (GR) = 23 * (1 + 2,5/l_c)$$

HWB (NB)	Heizwärmebedarf für den Neubau, bezogen auf ein Referenzklima (kWh/m ² a)
HWB (GR)	Heizwärmebedarf für größere Sanierungen, bezogen auf ein Referenzklima (kWh/m ² a)
l_c	Charakteristische Länge (m)

Formel 10: Ermittlung der HWB-Höchstwerte bei Neubauten und größeren Sanierungen

Analog zum Heizwärmebedarf beschreibt der Kühlbedarf jene Wärmemenge, die aus den konditionierten Räumen abgeführt werden muss, um deren vorgegebene Solltemperatur einzuhalten. Der Kühlbedarf bildet somit die nicht nutzbaren solaren und inneren Wärmegevinen ab. (vgl. HAMMER & HOLZER, 2009, S. 470)

Emissionsgrad

Als Emission wird in der Physik allgemein die Aussendung (aus dem Lateinischen: emittere, aussenden) von Energie oder Materie in Form von Wellen oder Teilchen bezeichnet. Die für die Bauphysik relevanten Zusammenhänge sind im Stefan-Boltzmann'schen und im Kirchhoff'schen Gesetz beschrieben. (Benannt nach den österreichischen Physikern Josef Stefan (1835 – 1893) und Ludwig Eduard Boltzmann (1844 – 1906) sowie dem deutschen Physiker Gustav Robert Kirchhoff (1824 – 1887)). Das Stefan-Boltzmann'sche Gesetz beschreibt die abgestrahlte Leistungsdichte einer schwarzen Oberfläche in Abhängigkeit von ihrer absoluten Temperatur:

$$e = \sigma * T^4$$

e : abgestrahlte Leistungsdichte (W/m²)

σ : Stefan-Boltzmann'sche Strahlungskonstante (W/m²K⁴)

T : absolute Oberflächentemperatur (K)

Formel 11: Stefan-Boltzmann'sches Gesetz für schwarze Strahler

Mit der Einführung der Oberflächeneigenschaft des dimensionslosen Emissionsgrades lässt sich das Stefan-Boltzmann'sche Gesetz folgendermaßen erweitern:

$$e = \varepsilon * \sigma * T^4$$

e abgestrahlte Leistungsdichte (W/m²)

ε Emissionsgrad (-)

σ Stefan-Boltzmann'sche Strahlungskonstante (W/m²K⁴)

T absolute Oberflächentemperatur (K)

Formel 12: Stefan-Boltzmann'sches Gesetz für nicht schwarze Strahler

Die Stefan-Boltzmann'sche Strahlungskonstante σ bezeichnet das Emissionsvermögen einer ideal schwarzen Oberfläche also einer Oberfläche mit dem Absorptionsgrad Eins. Sie beträgt 5,67 W/m²K⁴. Als dimensionslose Größe bezeichnet der Emissionsgrad ε das Emissionsvermögen einer realen Oberfläche im Verhältnis zu jenem einer ideal schwarzen Oberfläche. Im Kirchhoff'schen Gesetz ist festgelegt, dass der Emissionsgrad eines Strahlers identisch ist mit seinem Absorptionsgrad bei gleicher Temperatur. (vgl. HAMMER & HOLZER, 2009, S. 92f) Der Emissionsgrad ε von Baustoffen ist stets kleiner Eins, da reale Körper immer einen Teil der aufgenommenen Energie als Reflexion abgeben. Viele Nichtmetalle wie Holz, Stein, keramische Materialien weisen hohe Emissionsgrade zwischen 0,8 und 0,95 auf, jene von Metallen können bei 0,1 liegen. (vgl. DUZIA & BOGUSCH, 2014, S. 45) Emissionsgrade sind im Zuge berührungsloser Temperaturmessungen (zum Beispiel bei Thermographien) durch Einstellung der Material-Emissionsfaktoren zu berücksichtigen.

Gesamtenergiedurchlassgrad

Fenster sind bei der energetischen Beurteilung von Gebäuden in mehrfacher Hinsicht von Bedeutung: Zum einen sind sie Teil der wärmeübertragenden Hüllfläche, und beeinflussen somit die Transmissionswärmeverluste, zum anderen wirkt die durch die Verglasung einfallende Sonnenstrahlung als Wärmequelle. Die solaren Wärmeeinträge über die Verglasung werden durch den Gesamtenergiedurchlassgrad g bewertet. Dieser beschreibt das Verhältnis zwischen der durch die Verglasung ins Gebäudeinnere übertragenen Energiemenge bezüglich der insgesamt auftreffenden

Strahlungsenergie. Ein Teil der auftreffenden Sonnenstrahlung wird durch die Glasscheibe reflektiert, ein Teil wird absorbiert und ein Teil gelangt in den Innenraum. Der Summenwert aller reflektierten, absorbierten und transmittierten Strahlungsanteile ist immer Eins. (vgl. WELLER u. a., 2012, S. 66f) Die Berechnung des in Prozent oder dimensionslos angegebenen g -Wertes ist in der europäischen Normung in der ÖNORM EN 410 – Glas im Bauwesen, Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen definiert.

Lichttransmissionsgrad

Der Transmissionsgrad von Verglasungen ist als das Verhältnis zwischen durchgelassener also transmittierter und eingestrahelter Strahlungsdichte definiert. Der Lichttransmissionsgrad ist dabei der Anteil des auftreffenden Lichts, das vom Glas hindurchgelassen wird. Als Formelzeichen wird der griechische Buchstabe τ_v verwendet. (vgl. DIN EN 410 (idF. v. 2011) 3.1)

3.2 Licht und Raumbelichtung

Licht als Teil des solaren Strahlungsspektrums ist nicht sichtbar. Erst wenn Licht auf Materie trifft und von dort aus in das Auge reflektiert wird, wird Materie (respektive Raum) visuell wahrnehmbar. Sichtbarkeit ist dabei keine systemimmanente Eigenschaft von Strahlung, wie es etwa die Wellenlänge oder die Intensität sind, sondern bezieht sich auf eine Erregungs- und Wirkqualität in einem potenziell sensitiven Empfänger. Die eindeutige Zuweisung der Attribute sichtbar oder unsichtbar muss auf mögliche Empfänger hinweisen, denn ein und derselbe Strahlungsausschnitt (zum Beispiel ultraviolette Strahlung) kann für ein Insekt sichtbar und einen Menschen unsichtbar sein. (vgl. WITTING, 2014, S. 21ff) Die spektrale Empfindlichkeit des menschlichen Auges ist nicht für alle Wellenlängen des weißen Sonnenlichts gleich, sondern das Resultat einer wellenlängen-abhängigen Helligkeitsbewertung der physikalischen Strahlungsleistung. Am hellsten wird Strahlung im Wellenlängenbereich von 555 nm im gelbgrünen Farbbereich empfunden. Je mehr die Wellenlänge des Lichts nach oben oder unten abweicht umso stärker sinkt die spektrale Hellempfindlichkeit des Sehapparates, um schließlich bei 380 nm (Blau) bzw. 780 nm (Rot) den Wert Null zu erreichen. Aus dieser Gesetzmäßigkeit leitet sich die spektrale Hellempfindlichkeitskurve ab, die als $V(\lambda)$ -Kurve bezeichnet wird. Die Aussagen der $V(\lambda)$ -Kurve sind bei der quantitativen und vergleichenden Erfassung objektiver Helligkeiten zu berücksichtigen, denn eine technische Apparatur kann nicht empfinden, sondern messen. Bei lichttechnischen Messungen sind daher immer auch die physiologischen Bewertungsrelativierungen der physikalischen Strahlung miteinzubeziehen, weshalb lichttechnische Messvorrichtungen zumindest an der $V(\lambda)$ -Kurve kalibriert sind. (vgl. WITTING, 2014, S. 38f)

3.2.1 Begriffsdefinitionen

Das menschliche Auge ist nicht in der Lage, objektiv zu bestimmen, ob etwa ein Raum hell oder dunkel ist, weil es seinen Empfindlichkeitsstandard nicht konstant hält, sondern diesen an das jeweils vorherrschende Lichtniveau anpasst. Die Begriffe „hell“ und „dunkel“ sind also, ähnlich wie „warm“ und „kalt“, relative Empfindungsgrößen, die ohne numerische Skala keinen Absolutvergleich zulassen. Lichttechnik, -planung und -vergleiche sind demnach auf numerische quantitative Messdaten und damit auf Licht-Messgeräte angewiesen, die im Gegensatz zum Auge adaptationsfrei messen. Der physikalische Messvorgang berücksichtigt dabei die physiologischen Gesetzmäßigkeiten der Hellempfindlichkeit des Auges. (vgl. WITTING, 2014, S. 50) Die wichtigsten photometrischen und physikalischen Grundgrößen zur Lichtbeurteilung und -bewertung werden nachfolgend beschrieben.

Lichtstrom

Der Lichtstrom Φ ist die gesamte, von einer Lichtquelle in alle Richtungen ausgehende Strahlungsleistung, bewertet nach der Hellempfindlichkeitskurve $V(\lambda)$. (vgl. DIN 5031-3 (idF. v. 1982) 2) Der Lichtstrom einer Lichtquelle wird umso größer, je mehr Strahlung in der Nähe der maximalen Augenempfindlichkeit emittiert wird. Die Randbereiche des sichtbaren Spektrums werden entsprechend geringer bewertet, und Strahlungen des ultravioletten und infraroten Bereiches liefern keinen Beitrag zum Lichtstrom und damit auch keinen Beitrag zum Sehen und zur Beleuchtung. Die messtechnische Einheit des Lichtstroms ist das Lumen (lm). (vgl. WITTING, 2014, S. 58)

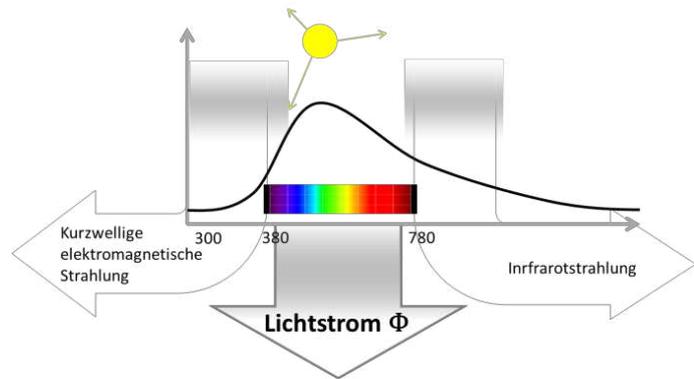


Abbildung 48: Lichtstrom Φ

Lichtstärke

Die Lichtstärke I ist der Quotient aus dem von einer Lichtquelle in einer bestimmten Richtung ausgesandten Lichtstrom Φ_T und dem durchstrahlten Raumwinkel Ω . Die Angabe der Lichtstärke erfolgt in Candela (cd). (vgl. DIN 5031 3 (idF. v. 1982) 2)

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

- Φ Lichtstrom (lm)
- Ω Raumwinkel (-)

Formel 13: Lichtstärkenberechnung

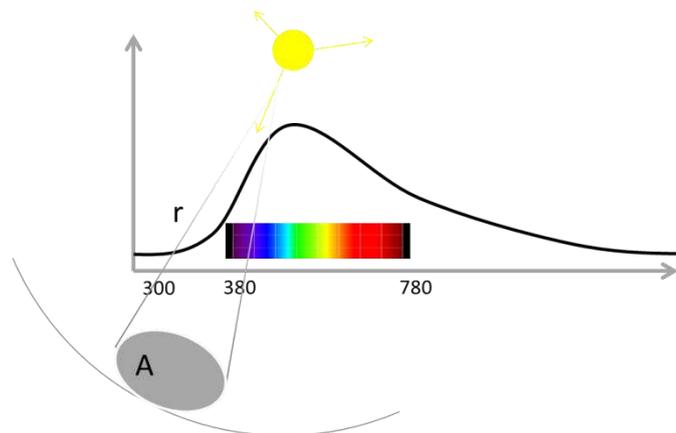


Abbildung 49: Lichtstärke I

Der Raumwinkel Ω dient der quantitativen Beschreibung der räumlichen (kugelförmigen) Lichtausbreitung. Er ist definiert durch einen Kugelsektor, an dessen Spitze (Kugelmittelpunkt) sich zum Beispiel eine Lichtquelle oder das Auge befindet, und durch die zugehörige Fläche auf der Kugel. Der Raumwinkel Ω ist somit der Quotient aus einer sphärischen Fläche A auf einer Kugeloberfläche und dem Quadrat des Radius r . Die Einheit des Raumwinkels ist Steradian (sr). (Der Vollkugel mit dem

Radius 1 entsprechen 12,56 sr, weil die gesamte Oberfläche der Einheitskugel 4π beträgt.) (vgl. WITTING, 2014, S. 67)

$$\Omega = \frac{A}{r^2}$$

A sphärische Kugel­fläche (m²)

r Kugelradius

Formel 14: Raumwinkelberechnung

Beleuchtungsstärke

Die Beleuchtungsstärke E ist der Quotient aus dem auf eine Fläche auftreffenden Lichtstrom Φ und der beleuchteten Fläche A. Die Angabe der Beleuchtungsstärke erfolgt in Lux (lx). (vgl. DIN 5031 3 (idF. v. 1982) 2)

$$E = \frac{\Phi}{A}$$

Φ Lichtstrom (lm)

A Empfangsfläche (m²)

Formel 15: Beleuchtungsstärkenberechnung

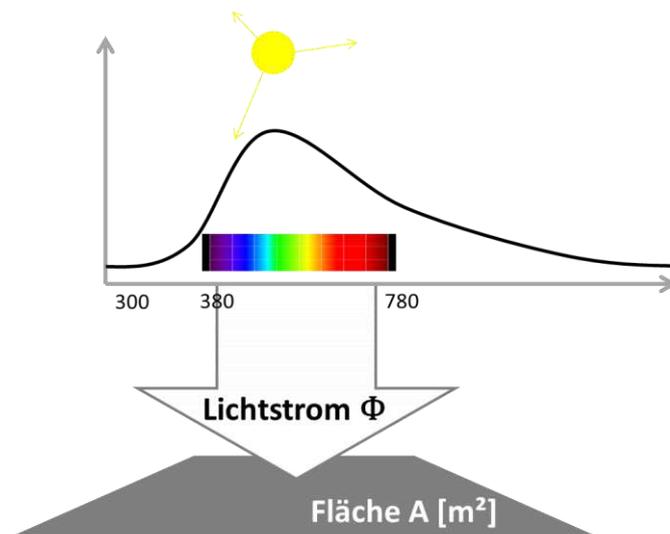


Abbildung 50: Beleuchtungsstärke E

Die Beleuchtungsstärke ist ein Maß für das auf eine Fläche auftreffende Licht, gleichgültig ob dieses von einer Primärlichtquelle oder von den Reflexionseigenschaften verschiedener Oberflächenmaterialien herrührt. Im Außenraum kann die maximale Beleuchtungsstärke auf horizontalen Flächen im Sommer an klaren Tagen in Mitteleuropa bis zu 100 000 lx betragen. (vgl. HAAS-ARNDT & RANFT, 2007, S. 18) Unter Berücksichtigung der jahres- und tageszeitlichen Mittelwerte der Bewölkung entspricht die horizontale Beleuchtungsstärke bei bedecktem Himmel im gleichen Zeitraum etwa einem Fünftel der Beleuchtungsstärke bei klarem Himmel. (vgl. WITTING, 2014, S. 86f) Vorgeschriebene Nennbeleuchtungsstärken auf Nutzebenen in Innenräumen beispielsweise auf Arbeitsflächen, die durch eine Lichtquelle erreicht werden müssen, liegen je nach Tätigkeit zwischen 100 lx für Lagerräume und Verkehrswege und 10 000 lx für OP-Bereiche in Krankenhäusern. Für Schreibtischbereiche in Büroräumen ist üblicherweise eine Beleuchtungsstärke von 500 lx vorgesehen. (vgl. WITTING, 2014, S. 86f)

Leuchtdichte

Die Leuchtdichte L mit ihrer Einheit Candela pro Quadratmeter (cd/m^2) ist jene lichttechnische Grundgröße, die den optisch visuellen Helligkeitseindruck von Lichtquellen und Oberflächen beschreibt. Sie ist die einzige fotometrische Größe, die vom Auge direkt wahrgenommen wird. L ist definiert als jener Lichtstromanteil Φ , der in eine vorgegebene Richtung in einem Raumwinkelement Ω , bezogen auf die scheinbar leuchtende Fläche, einfällt. Da der mathematische Ausdruck Φ/Ω die Lichtstärke I bezeichnet, ist die Leuchtdichte L einer Fläche A in einer bestimmten Richtung das Verhältnis ihrer Lichtstärke in dieser Richtung zur vom Auge gesehenen scheinbaren Fläche A^* .

$$L = \frac{I}{A^*}$$

I Lichtstärke (cd)

A^* vom Auge gesehene Fläche (m^2)

Formel 16: Leuchtdichteberechnung

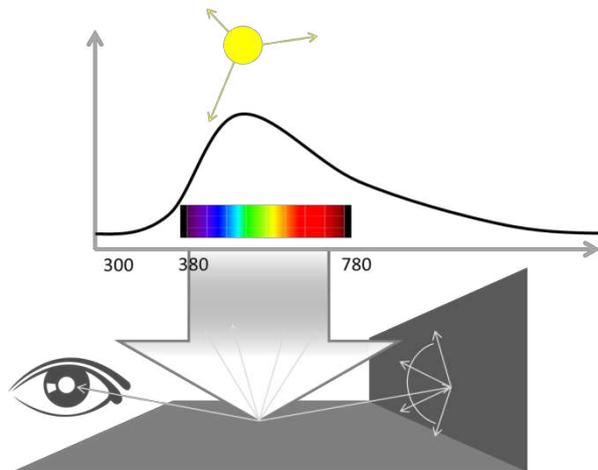


Abbildung 51: Diffuse Lichtabstrahlung von Materialien (Sichtbeton, Sand, Putze, trockener Asphalt, etc.) und in alle Richtungen gleich erscheinender Helligkeit

Da die Leuchtdichte über die Lichtstärke definiert ist, ist auch die Leuchtdichte $V(\lambda)$ -bewertet. Sie ist ein Maß für den psycho-physiologischen Helligkeitseindruck einer Lichtquelle oder eines Materials in eine bestimmte Richtung. Mit der $V(\lambda)$ -Bewertung der Leuchtdichte stellt sich eine isometrische Beziehung zwischen der Messzahl und der Empfindung dar. (vgl. WITTING, 2014, S. 96f) Die visuelle Umgebung setzt sich aus unterschiedlich reflektierenden und/oder selbstleuchtenden Objekten mit dementsprechend heterogenen Leuchtdichten zusammen. Die Wahrnehmungsgrenze liegt bei etwa $3 \cdot 10^{-6} \text{ cd}/\text{m}^2$. Die Helligkeit des Vollmondes beträgt etwa $2500 \text{ cd}/\text{m}^2$, die einer Kerze $7500 \text{ cd}/\text{m}^2$. Die Sonne weist bei klarem Himmel eine Leuchtdichte von mehr als 1 Milliarde cd/m^2 auf. (vgl. HAAS-ARNDT & RANFT, 2007, S. 19)

Lichtreflexion an Oberflächen

Die auf ein Material auftreffende Strahlung wird je nach Oberflächenbeschaffenheit und Farbe reflektiert, absorbiert oder transmittiert. Zumeist werden in der Architektur Raumboberflächen verwendet, die das Licht mehr oder weniger diffus abstrahlen. Wenn eine Teilfläche solcher Oberflächen in alle Richtungen des Halbraumes die gleiche Helligkeit aufweist, spricht man von einem Lambert-Strahler, benannt nach dem deutschen Physiker Johann Heinrich Lambert (1728 – 1777). Ist dies der Fall, liegt eine ideal diffus reflektierende Fläche vor, deren wahrnehmbare und messbare Helligkeit (Leuchtdichte L) von der Menge des auftreffenden Lichts (Beleuchtungsstärke E) und vom Reflexionsgrad ρ des Materials abhängt. Wird die Definitionsformel der Leuchtdichte ($L = I/A^*$) auf den Lambert-Strahler angewendet, ergibt sich mit der Einbeziehung des Halbraumes (2π) und der

Beleuchtungsstärke E eine Beziehung, die in vielen Fällen zur Abschätzung der Helligkeit von diffus reflektierenden Oberflächen hilfreich ist. (vgl. WITTING, 2014, S. 100)

$$L = \frac{E * \rho}{\pi}$$

E Beleuchtungsstärke (lx)

ρ Material-Reflexionseigenschaft

Formel 17: Leuchtdichtenberechnung

Die Reflexionseigenschaften eines diffus strahlenden Materials können demnach berechnet werden.

$$\rho = \frac{L * \pi}{E}$$

L Leuchtdichte (cd/m²)

E Beleuchtungsstärke (lx)

Formel 18: Berechnung von Material-Reflexionseigenschaften

Empfohlene Lichtreflexionsgrade von (diffus strahlenden) Hauptoberflächen eines Raumes liegen im Bereich von 20 % - 40 % für Böden, 50 % – 80 % für Wände und 70 % - 90 % für Decken (ÖNORM EN 12464 (idF. v. 2009) 4.2)

3.3 Innenraumkomfort

Der Komfortbegriff hat im 19. Jahrhundert eine grundlegende semantische Wandlung erfahren: Während er sich ursprünglich und etymologisch vom lateinischen Verb confortare (zu Deutsch: kräftigen oder stärken) ableitet, wurde das Wort Komfort in seiner heutigen Bedeutung erst in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts aus dem englischen Substantiv comfort übernommen, als Synonym für Behaglichkeit und Wohlbefinden. Der moderne Wohnkomfortbegriff ist eng an die Ausführung der technischen Gebäudeausrüstung geknüpft, die im Verlauf des 19. Jahrhunderts im Wohnungsbau alltäglich wurde und eine realitätsverändernde Wirkung für breite Gesellschaftsschichten entfaltete.

Den Parametern Komfort, thermische Eigenschaften der Gebäudehülle und Effizienz von Heizsystemen wird eine zentrale Rolle für die Höhe des Heizenergiebedarfs zugeschrieben. Dabei wird der Komfort in Gestalt eines Standardnutzerverhaltens in Abhängigkeit von der Gebäudekategorie pauschalisiert angenommen, und umfasst Parameter wie die gewünschte Raumtemperatur, Elektrizitätsbedarf, Nutzerpräsenzzeiten, Warmwasserbedarf und Luftwechselraten. Die Aushandlung von Grenzwerten und die Festlegung innenraumklimatischer Optima wurden erst ab der ersten Hälfte des 19. Jahrhundert bei der rechnerischen Projektierung haustechnischer Anlagen notwendig. Vor allem in Zeiten schwindender Energieressourcen stellen hohe Wohnkomfortansprüche ein Problem dar. Da die Größe des zu beheizenden Raumvolumens und die bevorzugte Raumtemperatur einen direkten Einfluss auf die Höhe des Brennmaterialbedarfs haben, ist die Suche nach Indikatoren, die eine mögliche Veränderung dieser Komfortfaktoren belegen, Gegenstand zahlreicher Forschungsarbeiten. (vgl. DANIEL, 2015, S. 56ff)

Seitdem künstliche Raumklimaverhältnisse über haustechnische Anlagen manipulierbar sind, stellt sich die Frage nach deren Regelung, um für möglichst viele Menschen akzeptable Raumbedingungen zu schaffen. Die meisten aktuell vorgestellten Komfortmodelle basieren auf der im Jahr 1970 erschienenen Arbeit „Thermal Comfort“ des dänischen Ingenieurs Paul Ole Fanger (1934 - 2006). Dabei

wurden das physiologische Geschehen im Körper und seine physikalischen Wechselwirkungen mit der Umwelt betrachtet und mit Behaglichkeitsurteilen von Testpersonen statistisch in Verbindung gebracht. Fanger's Untersuchungen erlauben es, Aussagen über das thermische Komfortempfinden von Menschen unter Berücksichtigung der Temperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit sowie zusätzlichen Kleidungs-, Aktivitäts-, Luftgeschwindigkeits- und Umgebungstemperaturparametern zu treffen. (vgl. DANIEL, 2015, S. 66) Demnach hängt das menschliche Wärmeempfinden im Wesentlichen vom thermischen Gleichgewicht des Körpers als Ganzes ab. Es ist beeinflusst von körperlicher Tätigkeit, Bekleidung sowie durch die Parameter des Umgebungsklimas wie Lufttemperatur, mittlere Strahlungstemperatur, Luftgeschwindigkeit und Luftfeuchte.

Thermisches Gleichgewicht ist dann erreicht, wenn die im Körper erzeugte Wärme gleich der an die Umgebung abgegebenen Wärme ist. Wenn die Einflussfaktoren geschätzt oder gemessen werden, kann das Wärmeempfinden für den Körper als Ganzes vorausgesagt werden, indem das sogenannte vorausgesagte mittlere Votum (Predicted Mean Vote, PMV) berechnet wird. Das PMV ist ein Index, der den Durchschnittswert für die Klimabeurteilung durch eine große Personengruppe anhand einer siebenstufigen Klimabeurteilungsskala vorhersagt. Die Klimabeurteilungsskala ist dabei wie folgt aufgebaut. Heiß: +3, Warm: +2, Etwas warm: +1, Neutral: 0, Etwas kühl: -1, Kühl: -2, Kalt: -3. Gleichzeitig quantifiziert der vorausgesagte Prozentsatz an Unzufriedenen (Predicted Percentage of Dissatisfied, PPD) den Anteil der mit dem Umgebungsklima unzufriedenen Personen, die dieses als zu warm oder zu kalt empfinden. Einzelne Urteile der PMV Personengruppe, die dem gleichen Umgebungsklima ausgesetzt ist, streuen um diesen Mittelwert. Der PPD-Index liefert daher Angaben zur thermischen Unbehaglichkeit oder Unzufriedenheit, indem der Prozentsatz an Menschen vorausgesagt wird, die ein bestimmtes Umgebungsklima wahrscheinlich als zu warm oder zu kalt empfinden. (vgl. ÖNORM EN ISO 7730 (idF. v. 2006) 4, 5)

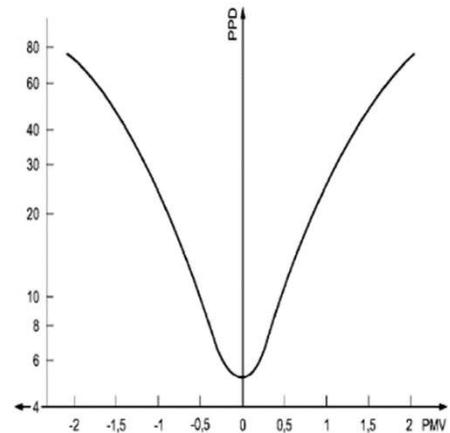


Abbildung 52: Verteilung des vorausgesagten mittleren Votums (PMV) und des vorausgesagten Prozentsatzes an Unzufriedenen (PPD) (ISO 7750, Kap.5)

PMV und PPD drücken ein warmes und kaltes Unbehaglichkeitsempfinden des Körpers als Ganzes aus. Thermische Unzufriedenheit kann jedoch auch durch unerwünschtes Abkühlen oder Erwärmen eines bestimmten Körperteils entstehen. Dies wird als lokale Unbehaglichkeit bezeichnet. Die häufigsten Ursachen dafür sind Zugluft oder ungewöhnlich hohe vertikale Temperaturunterschiede im Bereich zwischen Kopf und Fußgelenken. Lokale Unbehaglichkeit wird vor allem von Personen empfunden, die leichte, sitzende Tätigkeiten ausführen. Bei einem höheren Aktivitätsgrad ist das subjektive Temperaturempfinden in der Regel weniger ausgeprägt. (vgl. ÖNORM EN ISO 7730 (idF. v. 2006) 6) Kulturelle Unterschiede und Präferenzen in Bezug auf die Akzeptanz von innenraumklimatischen Rahmenbedingungen sind in den Untersuchungen Fanges nicht berücksichtigt, ebenso wie die Betrachtung von Belichtungs- und Beleuchtungssituationen, Luftqualität und Raumakustik. (vgl. COOK, 1997, S. 129)

3.3.1 Thermische Behaglichkeit

Als thermische Behaglichkeit wird jener Indifferenzpunkt genannt, der sich zwischen dem Körperempfinden des Frierens und dem des Schwitzens einstellt. Eine Umgebungstemperatur wird dann als behaglich empfunden, wenn sich die Hautdurchblutung auf einem mittleren Niveau befindet und weder Schweißdrüsenaktivierung noch Zittern zur Regelung der Kerntemperatur des Körpers eingesetzt werden müssen. (vgl. FEIST, 2004, S. 3f) Noch heute gültige Standards hinsichtlich thermischer Komfortbedingungen im Innenraum nehmen unter anderem Bezug auf den deutschen Pionier des Ventilations- und Heizungswesens Hermann Rietschel (1847 - 1914), der sich im Jahr 1905 für ein Innenraum-Temperaturniveau unter normalen Bedingungen zwischen 17 °C und 19 °C aussprach. In jedem Fall solle die Innenraumtemperatur nach damaliger Ansicht unterhalb von 21 °C liegen. Mit den Angaben von Temperaturgrenzwerten legte Rietschel damit eine Grundlage für heute noch gültige Wärmebedarfsberechnungen. (vgl. BOGUSCH & DUZIA, 2012, S. 9f).

Thermoregulation

Der menschliche Organismus ist ebenso wie jener aller Säugetiere homöotherm. Er hält eine bestimmte Körpertemperatur (genauer eine Körperkerntemperatur) gegenüber seiner Umgebung aufrecht. Aus dem Körperinneren wird Wärme in Muskulatur und inneren Organe durch das Gewebe geleitet und über das Blut in die Nähe der Körperoberfläche transportiert. Von der Haut wird Wärme über Leitung, Konvektion, Strahlung und Verdunstung zum haut-berührenden Medium und an die Umgebung abgegeben. (vgl. WALTJEN, 2003, S. 7).

Bei konvektiven Vorgängen erfolgt der Wärmeaustausch mit der umgebenden Atmosphäre über Luftbewegungen aufgrund entsprechender Temperaturverhältnisse. Warme Luft auf der Haut steigt auf, und wird durch kühlere ersetzt. Zur Wärmeabgabe trägt die von der Haut ausgehende Infrarotstrahlung bei. Konvektion und Strahlung setzen ein Temperaturgefälle von der Haut zur Umgebung voraus. Steigen die Außentemperaturen über die Körpertemperatur, ist eine Wärmeabgabe nur mehr über Schweißabgabe möglich. (vgl. KOTHMAIER, 2017, S. 29) Im Ruhezustand haben Strahlung und Konvektion einen hohen Anteil an der Wärmeübertragung, bei zunehmender körperlicher Aktivität und hoher Lufttemperatur wird die Schweißverdunstung dominierend. (vgl. WALTJEN, 2003, S. 7f) Jener Energieumsatz, der bei völliger Ruhe, Nüchternheit und thermischer Behaglichkeit gemessen wird, wird als Grundumsatz bezeichnet. Seine Höhe hängt von unterschiedlichen Faktoren wie körperliche Gesundheit, Geschlecht, Alter und von der Größe der Körperoberfläche ab. Die Abschätzung der Körperoberfläche A (m^2) erfolgt dabei mit Hilfe der DuBois-Formel, benannt nach dem amerikanischen Arzt Eugen DuBois (1882 – 1959), und wird aus Körperlänge und Körpergewicht errechnet.

$$A (m^2) = kg^{0,425} * m^{0,725} * 0,202$$

m Körperlänge (m)

kg Körpergewicht (kg)

Formel 19: DuBois-Formel zur Berechnung der Körperoberfläche

Die Körperoberfläche eines Erwachsenen ist sieben bis zehn Mal größer als die eines Neugeborenen, die Körpermasse 15 - 20 Mal. (vgl. WALTJEN, 2003, S. 38) Umsätze, die bei körperlicher Ruhe, aber unter Einfluss verschiedener thermischer Umgebungsbedingungen und von Nahrungsaufnahme gemessen werden, werden als Ruheumsätze bezeichnet. Zu kalte aber auch zu warme Umgebungsbedingungen können den Ruheumsatz bis um das Zehnfache erhöhen. Die Wärmeproduktion des menschlichen Stoffwechsels wird als Summe von Grundumsatz (typischer Wert 80 Watt) und Arbeitsumsatz (0 – 1000 Watt) beschrieben. Die Wärmeabgabe des Menschen bei ruhigem

Sitzen wird pro Quadratmeter Körperoberfläche mit dem Wert von 1 met (ein metabolisches Äquivalent) = 58 W/m² angenommen. (vgl. WALTJEN, 2003, S. 5). Die Energieverbräuche bei weiteren Aktivitäten werden in nachfolgender Tabelle angegeben:

Tätigkeit	Umsatz (W/m ²)	Metabolische Rate (met)
Schlafen	46	0,8
Ruhig sitzen	58	1
Stehen	70	1,2
Leichte Arbeit im Sitzen	70	1,2
Leichte Arbeit im Stehen	81	1,4
Mittelschwere Tätigkeit (ISO 7730: ständig activity: shopping, laboratory, Light industry)	93	1,6
(ISO 7730: ständig activity: shop assistant, domestic work, machine work)	116	2
(ISO 7730: medium activity: heavy machine work, garage work)	165	2,8
Gehen, 5 km/h	174	3

Abbildung 53: Aktivitätsabhängige Energieumsätze (Waltjen, 2003, S. 5 nach ISO 7730)

Die physiologischen Wärmeregulationsmechanismen des Menschen sind sehr leistungsfähig bei der Bewältigung überschüssiger Wärmemengen, haben aber nur wenige Reserven für die Kompensation von Wärmeverlusten. Der Großteil der thermischen Regulationsanforderungen bei Kälte muss daher durch schützende Innenräume und durch Kleidung erfüllt werden. (vgl. WALTJEN, 2003, S. 11) Durch den thermischen Wirkkomplex werden Erwärmungs- und Abkühlungsreize, die auf den Organismus einwirken, verarbeitet. Gleichzeitig werden die Körpertemperatur, die Körperkerntemperatur und die zentrale Bluttemperatur weitgehend konstant gehalten, unabhängig von Stoffwechselleistung (Wärmeproduktion) und wechselnden Umgebungsbedingungen. Physikalische und chemische Regulationsmechanismen sind dafür verantwortlich, dass sich Wärmeabgabe und Wärmebildung aufeinander und an die Umweltbedingungen anpassen. Man spricht von Thermoregulation, die durch körperliche Aktivität, Kleidung und konditionierte Räume unterstützt wird. (vgl. KOTHMAIER, 2017, S. 28) Bei tiefen Temperaturen priorisiert die Thermoregulation die Wärmeversorgung überlebenswichtiger Organe, und regt Muskeln zur Wärmeerzeugung an. Bei Umgebungstemperaturen nahe oder über Körpertemperatur erfolgt Wärmeabgabe über Verdunstungswärme. (vgl. DURRER, 2013, S. 166) Langfristige Anpassungsvorgänge wie Hitzeakklimatisation erfolgen dadurch, dass der Körper in der Lage ist, Schweißmengen, die pro Grad Rektaltemperatur und Zeiteinheit abgegeben werden können, auf nahezu das Doppelte zu steigern. Der Schweiß kann zudem gleichmäßig abgesondert werden, sodass die Haut nicht nass wird. Außerdem kann sich die Anzahl der Schweißdrüsen vermehren. (vgl. WALTJEN, 2003, S. 46)

Biologisch ist der Mensch für ein Leben in tropennahen Gebieten geschaffen. Sein Organismus kann in einem relativ breiten Temperaturspektrum existieren, solange die Körpertemperatur nicht über 42 °C ansteigt oder unter 27 °C fällt. Damit jedes Lebewesen die körpereigene und die äußere Temperatur registrieren kann, haben sich temperatursensitive Rezeptoren entwickelt. Diese Thermorezeptoren liegen in den zwei Ausprägungsformen Wärmerezeptor und Kälterezeptor vor, die entsprechend den jeweiligen Funktionszonen unterschiedlich in der Hautfläche verteilt sind. (vgl. HAMMER & HOLZER, 2009, S. 210) Dabei verfügt der menschliche Körper über eine höhere Anzahl an Kalt- als an Wärmerezeptoren. Auf einem Quadratzentimeter Gesichtshaut befindet sich durchschnittlich nur ein Wärmerezeptor aber bis zu 20 Kälterezeptoren. Daher genügen geringe Temperaturänderungen um ein Kältegefühl auszulösen. Bereits die Abkühlung der 28 °C warmen Haut

um 0,2 °C führt zu einer wahrnehmbaren Empfindung. Dagegen bedarf es einer Hauterwärmung um 1 °C, damit Erwärmung empfunden wird. Auch kann sich der menschliche Organismus deutlich besser an wärmere Temperaturen anpassen als an Bedingungen unter 0 °C. Ist die Luftfeuchtigkeit relativ niedrig, kann der Mensch Außentemperaturen von plus 50 °C ertragen, sofern ausreichend Flüssigkeit über die Schweißdrüsen abgegeben werden kann. Temperaturen von minus 50 °C können dagegen nur mit Isolationsschicht überlebt werden.

Die Empfindung der Oberflächentemperaturen von Objekten hängt davon ab, wie warm oder kalt der Körper ist bzw. dessen Extremitäten sind. Bei winterkalten Füßen wird selbst nur 20 °C warmes Wasser eines Fußbades als sehr warm bis heiß empfunden, zumindest bis die Thermorezeptoren adaptieren. Für einen ausgiebig sonnengewärmten Körper dagegen ist eine Wassertemperatur von 20 °C eine Erfrischung. Dabei reagieren durch Kleidung oder durch Haare geschützte Körperbereiche sensibler auf Temperaturveränderungen als zum Beispiel Gesicht oder Handflächen. (vgl. GRUNWALD, 2017, S. 111ff)

Thermische Behaglichkeitsanforderungen

Der Temperaturbereich, den Menschen als angenehm empfinden, liegt je nach Aktivität und Luftfeuchtigkeit zwischen 16 °C und 26 °C. Die Differenz zu den am jeweiligen Standort vorherrschende Umgebungstemperaturen kann durch entsprechende Maßnahmen und Vorkehrungen an Gebäuden wie der Anordnung von Wärmedämmungen und Sonnenschutzeinrichtungen, Verwendung von Speichermassen etc. gemindert werden. (Siehe Kapitel 4) Reichen diese passiven Maßnahmen nicht aus, kann die Temperatur nur durch den Einsatz von anlagentechnischen Komponenten innerhalb der geforderten Behaglichkeitsgrenzen gehalten werden. (vgl. HEGGER u. a., 2012, S. 14) Das thermische Empfinden hängt wesentlich von den Wechselwirkungen zwischen Temperatur und Raumluftfeuchte ab. Bei Raumlufttemperaturen zwischen 19 °C und 22 °C wird eine Luftfeuchtigkeit von 35 % bis 70 % als behaglich wahrgenommen. Unterhalb von 16 °C wird das Innenklima unabhängig von der Luftfeuchte als unbehaglich, über 26 °C meist als schwülwarm empfunden. Das sogenannte Barackenklima ist eine Folge zu hoher Temperatur- und Feuchtschwankungen von Gebäuden mit zu geringen Speichermassen und hygroskopischer Bindefähigkeit. Die Erhöhung der relativen Feuchte um zehn Prozent bewirkt bei üblichen Raumlufttemperaturen eine Erhöhung der Empfindungstemperaturen von ca. 0,3 °C. Bei einer um 60 % höheren relativen Luftfeuchtigkeit wird die Innentemperatur daher um circa 2 °C wärmer wahrgenommen. Nachfolgende Graphik zeigt den Behaglichkeitsbereich bei unterschiedlichen Raumlufttemperaturen und Luftfeuchte. (vgl. HEGGER u. a., 2012, S. 48)

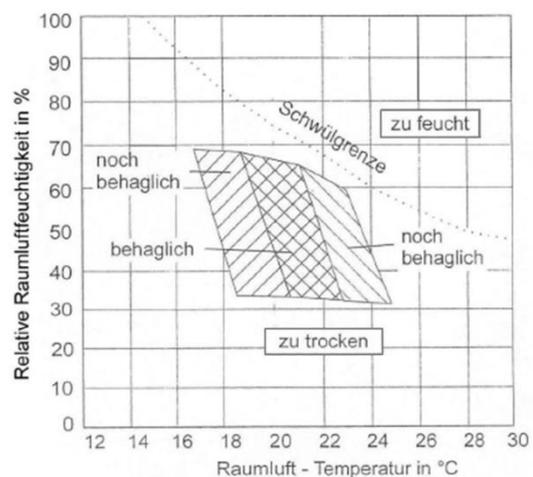


Abbildung 54: Thermischer Behaglichkeitsbereich in Abhängigkeit von Temperatur und Luftfeuchtigkeit (LIPP, 2017, S. 13)

Auch die Arbeitsleistung von Menschen ist wesentlich von raumklimatischen Bedingungen abhängig. Oberhalb von 26 °C Raumtemperatur nimmt die Leistungsfähigkeit deutlich ab, und ist bei 30 °C bereits um 40 % gesunken. Für gemäßigte Klimaregionen (bei maximalen mittleren Monatstemperaturen von 16,5 °C bis 18 °C und Temperaturhöchstwerten von circa 32 °C) wird aktuell empfohlen, dass die maximale operative Raumtemperatur in Bürogebäuden 26 °C betragen sollte. Bei Außentemperaturen über 32 °C sollte die Raumtemperatur maximal 6 °C darunter liegen. (vgl. HAAS-ARNDT & RANFT, 2007, S. 85) Zudem ist eine möglichst geringe Differenz zwischen der Lufttemperatur und den Raumumschließungsflächen anzustreben. Dabei sollte die Temperaturdifferenz zwischen Raumluft und Bauelementen im Deckenbereich max. 4 °C, jene im Bodenbereich max. 5 °C betragen, wobei der Fußbereich wärmer als der Deckenbereich sein sollte. (vgl. HEGGER u. a., 2012, S. 47) Nachfolgende Graphik verdeutlicht Temperaturbereiche von raumumschließenden Bauelementen, die bei einer angenommenen Raumlufttemperatur von 21 °C nicht verlassen werden sollten.

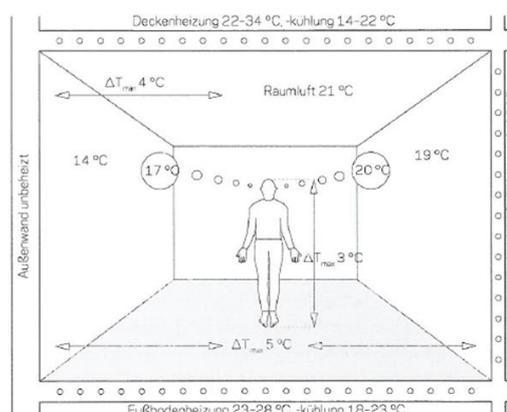


Abbildung 55: Empfindungstemperatur in Abhängigkeit von Raumluft- und Umschließungsflächentemperatur (Hegger, 2012, S. 47)

Nachfolgend aufgelistet sind Temperaturangaben für verschiedene Bauteile und Behaglichkeitsbereiche, die nicht verlassen werden sollten:

Deckenheizung	22 °C - 34 °C	Deckenkühlung	14 °C - 22 °C
Fußbodenheizung	23 °C - 28 °C	Fußbodenkühlung	18 °C - 23 °C
Wandheizung	24 °C - 32 °C	Wandkühlung	16 °C - 32 °C

Abbildung 56: Temperaturangaben für raumumschließende Bauteile (Hegger, 2012, S. 47)

Bei Raumtemperaturen über 25 °C kann eine erhöhte Luftgeschwindigkeit für den Temperatenausgleich genutzt werden. Durch die Verwendung von Ventilatoren oder anderen individuell steuerbaren Anpassungsmöglichkeiten der Luftgeschwindigkeit können Temperaturspitzen entsprechend angehoben werden. (vgl. DIN EN 15251, 2007, Kap. Anhang A.2)

Temperaturanforderungen an Räume stehen in engem Zusammenhang mit deren Verwendungszweck bzw. den körperlichen Aktivitäten und Bekleidungsarten sowie den Licht- und Lüftungsansprüchen ihrer Nutzer. Wohnräume sind für ruhende oder sitzende Tätigkeiten in jahreszeitengemäßer Hauskleidung konzipiert, Schlafräume können im Winter bedeutend kühler sein, da Bettdecken dicker und wärmeisolierender sind als Bekleidung. Im Sommer muss das Temperaturniveau in Schlafräumen nicht kühler sein als in Wohnräumen, sollte aber nicht in Richtung warm überschritten werden. (vgl. WALTJEN, 2003, S. 28)

Kleidung

Wo immer thermische Umweltverhältnisse die physiologischen Regulationsmöglichkeiten überfordern, kann der Mensch durch Bekleidung einen Innenraum zwischen Haut und Textilschicht schaffen, in dem wieder jene tropischen Klimaverhältnisse herrschen, auf die der nackte Körper eingerichtet ist. (vgl. WALTJEN, 2003, S. 13) Kleidung setzt dem von der warmen Körperoberfläche ausgehenden Wärmestrom einen Wärmedurchlasswiderstand entgegen. Ihre Wirkung wird durch den Bekleidungsisolationswert I_{cl} (m^2K/W) definiert, der durch den sogenannten cloth-Wert (clo) angegeben wird. (vgl. FEIST, 2004, S. 65) Der Wärmedurchgangswiderstand des unbedeckten Körpers wird mit $clo = 0$, der einer herkömmlichen Winterbekleidung für Innenräume (Hemd, Hosen, Pullover) mit $clo = 1$ und Sommerbekleidung (Hose, Kurzarmhemd) mit $clo = 0,5$ gleichgesetzt. Die Bekleidung mit einem Geschäftsanzug und darunter getragener Bauwollunterwäsche sowie Hemd, Weste, Wollsocken und Schuhe entspricht einem cloth-Wert von 1,5. (vgl. WALTJEN, 2003, S. 13)

Thermische Isolationswerte von Bekleidungsstücken und Änderungen der optimalen operativen Temperatur, die aus dem Mittelwert der Raumlufttemperatur und der raumumschließenden Flächen errechnet wird, sind in Anhang C von ÖNorm EN ISO 7730, Ergonomie der thermischen Umgebung angegeben. Nachfolgende Darstellung verdeutlicht die optimale Raumtemperatur in Abhängigkeit von der spezifischen Wärmeabgabe (Tätigkeit; Liegen, Sitzen, Verrichtung von leichter und schwerer Arbeit) und der Bekleidung (clo Faktor 0, 0,5, 1, 1,5, 2).

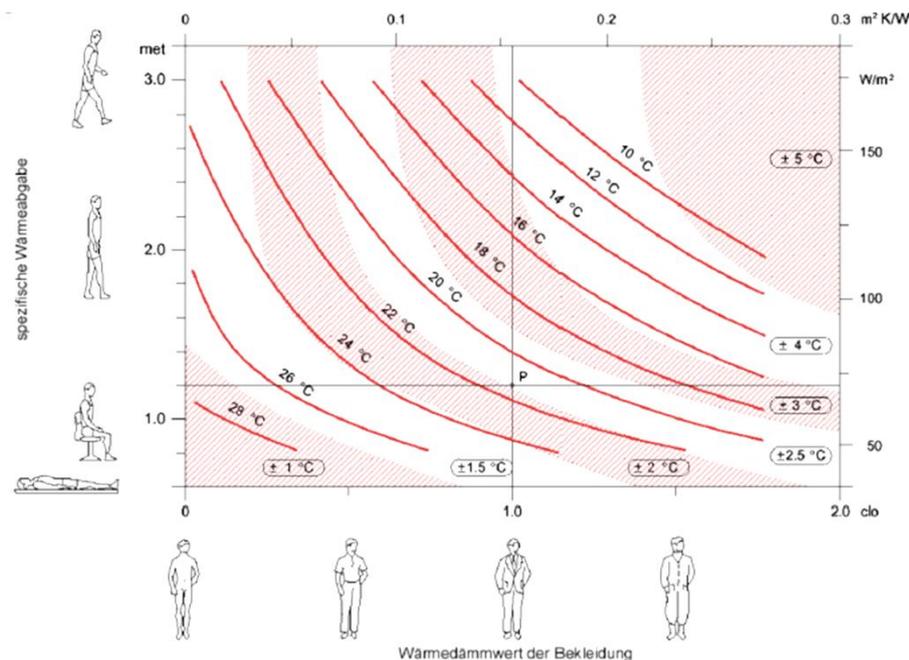


Abbildung 57: Optimale Raumtemperatur in Abhängigkeit von Wärmeabgabe und Bekleidung (LIPP, 2017, S. 10 nach DIN EN ISO 7730)

Bis ins 18. Jahrhundert waren Wolle und Leinen die gebräuchlichsten Materialien für die Kleidungsherstellung. Ab dem letzten Viertel des 18. Jahrhunderts wurde Baumwolle von England ausgehend zur gefragten Textilfaser, und bestimmte die Mode des 19. und 20. Jahrhunderts. (vgl. BREUSS, 1991, S. 68ff) Bei der ländlichen Bevölkerung wurde im Winter Unterwäsche aus Wolle, im Sommer aus Leinen getragen und um die Körpermitte bzw. an den Fußfesseln mit Bändern festgehalten. Für Winter-Oberbekleidung war häufig Flanell in Verwendung, ein leicht gewalkter Woll- oder Baumwollstoff. Die Kleidung der Frauen bestand meist aus Kleidern, die bis über die Knie reichten.

Männer trugen im Sommer vielfach kurze Lederhosen zur Arbeit. Als Kopfbedeckungen wurden Stofftücher sowie Filz- oder Strohhüte verwendet. (vgl. REINISCH & BRUNNER, 2008, S. 135ff)

Soziale und hierarchische Abstufungen waren bis ins 19. Jahrhundert vor allem anhand von Festtagskleidung ablesbar. Alltagskleidung hatte hingegen vor allem praktischen Anforderungen zu entsprechen. Ab dem 19. Jahrhundert und durch den Wegfall von Kleiderordnungen sowie der Durchsetzung einer einfacheren und bequemeren Kleidung gewann die Mode bürgerlichen Zuschnitts einen zunehmenden Einfluss auf das Bekleidungsverhalten eines großen Teils der Bevölkerung. Auf dem Land hielten sich jedoch bis weit ins 19. Jahrhundert einheimische, selbstverarbeitete Textilien, die sich durch eine hohe Haltbarkeit auszeichneten. (vgl. FLIEGE, 1998, S. 333ff) Kleidung dient demnach nicht nur als Wärmeschutz, sondern hat auch soziale Signalfunktion. Traditionelle Kleidung (Tracht) zeigt das Geschlecht, den Familienstand, die Berufsgruppe und den sozialen Rang. Sie signalisiert die Zugehörigkeit zu ethnischen bzw. religiösen Gruppen und macht den Anlass sichtbar, zu dem sie getragen wird. Die Funktion des Wärmeschutzes wird so durch andere, soziokulturelle Aspekte immer wieder überlagert. Kleidungskonventionen in verschiedenen Kulturen und Klimata bedingen unterschiedliche Ansprüche und Erwartungen an Raumtemperaturen. Bei entsprechenden Wetter- und Bekleidungsbedingungen können so alle Temperaturen im Bereich zwischen 16 °C und 32 °C als akzeptabel empfunden werden. (vgl. WALTJEN, 2003, S. 17, zitiert nach HUMPHREY, 1976)

Soziokulturelle Einflüsse

Heiztechnikhistographien zu Wohnhausheizungen beginnen typischerweise bei der Beschreibung offener Herdfeuer und transportabler Feuerbecken, die später durch Kamine mit Rauchabzug ersetzt wurden. Da durch diese räumlich hierarchisierte Wärmequellen nur ein Teil eines Wohnhauses im Winter bewohnbar gemacht werden konnte, hielt sich die Hausgemeinschaft an kalten Tagen bevorzugt in deren Nähe auf, und gab die Nutzung der übrigen Wohnflächen temporär auf. Erst durch die Verbreitung geschlossener Wärmeerzeuger wie Kachelöfen und gusseiserne Öfen wurden größere Wohnflächen wirtschaftlich beheizbar, konnten höherer Effizienzgrade erreicht und höhere Innenraumtemperaturen ermöglicht werden. Als Zwischenschritt zur Zentralheizung gilt die räumliche Trennung der Wärmeerzeugung und -abgabe durch Verlagerung der eigentlichen Unterhaltung des Feuers in Korridore und Nebenräume, wodurch Schmutz und Rauchaufkommen in den Wohnräumen abnahmen. Den Höhepunkt der Heizungssystementwicklung bildet die gleichmäßige und kontinuierliche Beheizung von Wohnhäusern. Ein anderer Betrachtungsansatz widmet sich den Veränderungen der Komfortwahrnehmung infolge technologischer Entwicklungen. (vgl. DANIEL, 2015, S. 60ff)

Nach Daniel wird bei der Analyse des historischen Wandels von thermischen Komfortstandards von einer nicht unumstrittenen Grundannahme ausgegangen, wonach die Kategorisierung von Raumklimaverhältnissen in einen behaglichen, noch akzeptablen und unbehaglichen Bereich nicht universell vornehmbar, sondern von soziokulturellen Hintergründen geprägt ist und historischen Veränderungen unterliegt. Dies widerspricht grundsätzlich der Vorstellung einer universellen Komfortzone des Menschen, wie sie in vielen Bauphysiklehrbüchern gelehrt wird. Diskussionen zu möglichen historischen Veränderungen von Komfortwartungen analysieren, ob sich unterschiedliche Präferenzen mehrerer Personen in einem Raum in Bezug auf die Höhe der Raumtemperatur durch eine unterschiedliche Vorprägung und Erwartungshaltungen erklären lassen würden. Verfechter dieses Ansatzes sind der Auffassung, dass Komfort keine absolute Größe sei, sondern vielmehr von einer Übereinstimmung der Erwartungen an ein Raumklima und der vorgefundenen Realität bestimmt werde. Untersucht werden auch mögliche Abweichungen bei der Bewertung von Raumklimata in Abhängigkeit zur technischen Gebäudeausstattung: Die Ergebnisse zeigen etwa, dass Menschen in natürlich belüfteten

Räumen einen größeren Toleranzbereich gegenüber Temperaturschwankungen aufweisen würden als Nutzer von vollklimatisierten Gebäuden.

Die Frage, ob sich Klimapräferenzen in Abhängigkeit von der geographischen Herkunft oder dem Aufenthaltsort wandeln, wurde bereits im 19. Jahrhundert kontroversiell beantwortet: Einerseits ist man von einer graduellen, über viele Generationen stattfindenden Anpassung an Klimazonen ausgegangen, andererseits von einem Akklimatisierungseffekt, der sich bereits nach wenigen Jahren einstellte. Lange Zeit glaubte man, dass das tropische Klima für Europäer gefährlich und gesundheitsschädlich sei. Laut dem 1883 veröffentlichten *Manuals of Practical Hygiene* hätten die Erfahrungen der Briten in Indien und der Franzosen in Algerien jedoch gezeigt, dass Europäer nach erfolgreicher Gelbfieber- und Malariaabwehr in diesen Regionen durchaus behagliche Umstände vorfinden können. (vgl. DANIEL, 2015, S. 57f, zitiert nach PARKES, 1883)

Insbesondere durch Arbeiten im Bereich der Umweltpsychologie wurde die Palette der von Fanger berücksichtigten Faktoren um Aspekte des Umgebungsklimas und der Nutzererwartungen erweitert. Dabei wurde auch grundsätzlich angezweifelt, dass die Komfortzone des Menschen durch die Spanne von Parametern universell eingrenzbar ist oder doch auch nicht-numerisch definierbare Einflussfaktoren eine Rolle spielen. Dabei wird festgehalten, dass die Akzeptanz von Fanger's Komfortdefinition auf deren Nützlichkeit für die Klimageräteindustrie zurückzuführen sei, deren Geräte insbesondere die Parameter Temperatur und Luftfeuchtigkeit manipulieren können. Die Bandbreite der für die Definition des Komfortklimas herangezogenen Parameter könnte jedoch auch um die Faktoren Licht, Lärm, Geruch, etc. erweitert werden. (vgl. DANIEL, 2015, S. 66f)

Mit dem Heizen mit offenem Feuer setzen Menschen winterlicher Kälte einen extremen Temperaturgegensatz entgegen, der als wohltuend und vertrauenserrückend erlebt werden kann. Als für den Menschen allgegenwärtige Naturerscheinung trägt das Feuer bzw. seine Flammen und seine Glut die Farbe Rot in sich, jene Farbe, die am offenkundigsten mit dem Begriff Wärme assoziiert wird. (vgl. WITTING, 2014, S. 393f) In der Publikation „Wärmeansprüche des Menschen“ des Österreichischen Institutes für Baubiologie und -ökologie (IBO) wird auf physikalische, physiologische, psychologische und soziale Bedingungen für thermische Behaglichkeit hingewiesen. So ist etwa bei Kachelöfen bzw. offenen Kaminen durch die Sichtbarkeit des Feuers die Richtung angegeben, aus der die Wärme kommt. Die Wertschätzung, die diesen Feuerstellen auch heute noch entgegengebracht wird, beruht vielleicht auf der sinnlichen Erlebbarkeit ihrer abgegebenen Wärme.

Strahlungsöfen, die meist zentral im Raum aufgestellt sind, bieten zahlreiche temperaturkonnotierte Reize. Sie führen einem Innenraum große Wärmemengen zu, die empfundene Wärme nimmt jedoch mit jedem Schritt der Entfernung ab, und ist in unbeheizten Nebenräumen kaum noch wahrnehmbar. Durch das Hin-und-hergehen zwischen beheizten und unbeheizten Zonen werden dadurch nicht nur absolute Temperaturen, sondern auch Temperaturkontraste wahrgenommen und bewertet. Zudem wird insbesondere in kalten Umgebungen durch gut bzw. etwas überheizte Wohnräume eher ein Sicherheitsgefühl vermittelt und wahrgenommen als durch kühle. (vgl. WALTJEN, 2003, S. 14)

Mit der Entwicklung moderner Heizungssysteme verschwanden die Mühe des Feuermachens und das Bewusstsein von der Künstlichkeit der Wärme im Winter. Dies führte unter anderem zu einer Ausdehnung der Heizperiode. Da Wärme nun einfach erreichbar war, entfielen die Mühen und Kosten des Einheizens oder die Unbequemheit, sich kältebedingt wärmer anzuziehen oder sich abends frühzeitig zu Bett zu begeben. Schließlich begann das gewünschte Temperaturniveau zu steigen. (vgl. WALTJEN, 2003, S. 19) Im 19. Jahrhundert erfolgten Benennungen von Mindesttemperaturen in öffentlichen Bauten in Deutschland zur Auslegung von Zentralheizungen und Forderungen nach Mindesttemperaturniveaus in allen Räumen auch an kalten Tagen. Zunächst herrschte allerdings keine Einigkeit darüber, welche Temperaturen für unterschiedliche Bauaufgaben als zweckmäßig zu erachtet

wären. Für Wohnungen wurden beispielsweise Temperaturspannen von 17 °C - 19 °C oder 15 °C - 18 °C angegeben. Als Referenzgrößen für die niedrigste anzunehmende Außentemperatur wurde zunächst von einem verbindlichen Wert von -20 °C ausgegangen. Später wurden differenzierte Tiefsttemperaturen in Abhängigkeit von der geographischen Lage vorgeschlagen: für Norddeutschland -15 °C, für Süddeutschland -10 °C. Anfang der 1880er Jahre wurde die Notwendigkeit einer einheitlichen Temperaturregelung immer deutlicher. Dafür wurde eine geforderte Mindesttemperatur für Geschäfts- und Wohnräume von 20 °C angegeben. (vgl. DANIEL, 2015, S. 67f)

Die Temperatur der zu erwärmenden Räume beträgt:	Als Wärmegrade sind in der Regel vorzuschreiben:
für Wohnungen T = 15–18°,	für Krankenzimmer 22° C.
„ Hörsäle, Versammlungssäle T = 15°,	„ Geschäfts- und Wohnräume 20° „
„ Schulen T = 16–18°,	„ Säle, Auditorien, Räume für Einzelhaft 18° „
„ Strafanstalten T = 12°,	„ Sammlungs- und Ausstellungsräume,
„ Krankenhäuser T = 15–20°.	Flure, Gänge, Treppenhäuser, je nach
	Art der Benutzung. 12 bis 18° „

Abbildung 58: Erforderliche Mindesttemperaturen für unterschiedliche Raumnutzungen; aus Schlotz: Handbuch der Feuerungs- und Ventilations-Anlagen, J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig, 2. Edition aus dem Jahr 1881 (links) und 4. Edition aus 1890 (Daniel, 2015, S. 67)

Im einem französischen Haushaltsbuch aus dem Jahr 1936 ist vermerkt, dass Raumtemperaturen von mehr als 16 °C schädlich seien und Hitzestockungen im Gehirn zu befürchten wären. Einige Jahrzehnte später (1982) berichtet die deutsche Studie „Vom übermäßigen Genuss an Raumwärme“, dass die mittlere Raumtemperatur in Wohnungen zwischen 1974 und 1982 um 4 °C von 20 °C - 21 °C auf 24 °C - 25 °C gestiegen sei und eine nicht geringe Anzahl von Wohnungen auf 27 °C – 29 °C aufgeheizt werde. (vgl. WALTJEN, 2003, S. 19 zitiert nach Monnier, 1986, und Läge, 1982) Gemäß der Richtlinie des Österreichischen Institutes für Bautechnik sind Aufenthaltsräume und Bäder aktuell derart zu beheizen, dass eine für den Verwendungszweck ausreichende Raumtemperatur erreicht werden kann. Ausgenommen davon sind Aufenthaltsräume, deren Verwendungszweck eine Beheizung ausschließt oder die nicht für eine Benutzung in der Heizperiode gedacht sind. (vgl. OIB - 3 (idF. v. 2015) 10.2) Den Ermittlungen der Heizwärmebedarfe von Aufenthaltsräumen wird normativ eine Innenraumtemperatur von 20 °C zugrunde gelegt. (vgl. ÖNORM 8110-1 (idF. v. 2008) 7.1) Ein Temperaturwert, der in Expertenkreisen als tief angesetzt erachtet und in der gelebten Praxis kaum eingehalten wird.

3.3.2 Visuelle Behaglichkeit

Bis ins 20. Jahrhundert wird die Thematik der natürlichen Gebäudebelichtung vor allem mit sakraler und imperialer Monumentalarchitektur in Verbindung gebracht. Die Untersuchung der Lichteinträge in Profanbauten und Wohngebäuden ist hingegen auf kein vordringliches, kunsthistorisches Interesse gestoßen. (vgl. AUER, 2008, S. 15) Der Ruf nach Licht und Helligkeit ist eng mit einer veränderten Wahrnehmung und einem neuen Verständnis von Raum geknüpft. Die in den 1920er Jahren zum Schlagwort gewordene Forderung nach Licht, Luft und Sonne greift auf Begrifflichkeiten aus den Hygienewissenschaften zurück. Stand dabei im 19. Jahrhundert noch die Atemluft und deren Qualität im Vordergrund, rückten die Architekten der Moderne vor allem das Licht und die Sonne ins Zentrum ihrer Bemühungen. Das Öffnen der Fassade als wichtiges Merkmal modernen Wohnens ist nicht zuletzt eine Kompensationshandlung, durch die eine ausreichende Belichtung für massiv geschrumpfte Raumverhältnisse erzielt werden sollte. (vgl. CORRODI & SPECHTENHAUSER, 2008, S. 33)

Lichtwahrnehmung

Der Anteil der visuellen Sinneswahrnehmungen an den gesamten, vom Menschen aufgenommenen Informationsreizen entspricht etwa 80 % bis 90 %. Entsprechend stark hängt die Wahrnehmung der Umgebung vom Sehsinn ab. (vgl. HEGGER u. a., 2012, S. 49) Der funktional-anatomischen Apparat des Auges wird im Wesentlichen aus folgenden Teilen gebildet: Zwischen der Hornhaut und der elastischen Augenlinse liegt die vordere, mit Kammerwasser gefüllte Augenkammer. Hinter der durch den Ziliarmuskel in ihrem Krümmungsradius und damit ihre Brennweite veränderbare Augenlinse liegt der aus einer gallertartigen Masse bestehende Glaskörper, der den Großteil des Auges ausfüllt. Die der Augenlinse vorgelagerte Iris fungiert als mechanische Blende, mit deren Öffnungsweite das Auge den wichtigen Ablauf der Helligkeitsadaption einleitet. Alle diese Funktionsteile bilden zusammen ein optisches System, das die optische Szenerie auf der Netzhaut verkehrt abbildet. Die wenige Quadratzentimeter große Netzhaut ist mit circa 120 Millionen Sehzellen besetzt, die als Rezeptorzellen für Lichtreize fungieren. Ihre Empfindlichkeit hängt vom vorherrschenden Lichtangebot ab. Die farbächtigen Zapfen erreichen ihr Empfindlichkeitsmaximum bei Tageslicht, während Stäbchen mit abnehmender Helligkeit und entsprechender Anpassungszeit empfindlicher werden. (vgl. BARTENBACH, 2009, S. 81) Die Sehzellen sind einzeln oder gebündelt durch Nervenfasern über den Sehnerv mit dem Sehzentrum im Gehirn verbunden, wo das bewusste Seherlebnis geschaffen wird. Die Arbeitsweise der Sehzellen basiert auf elektrochemischen Prozessen, die je nach Menge des auftreffenden Lichts in die eine oder andere Richtung in Gang gesetzt werden: dem Abbau oder Aufbau des Sehfärbstoffes Rhodopsin im Zuge der Lichtadaption. Um das Gesehene scharf und genügend hell auf die Netzhaut zu projizieren, ist der Einsatz der gesamten Augenoptik (Hornhaut, Linse Glaskörper) notwendig. Jedoch nimmt die Lichtdurchlässigkeit des Auges mit zunehmendem Alter ab. So haben ältere Menschen einen entsprechend höheren Lichtbedarf als junge. (vgl. WITTING, 2014, S. 161ff)

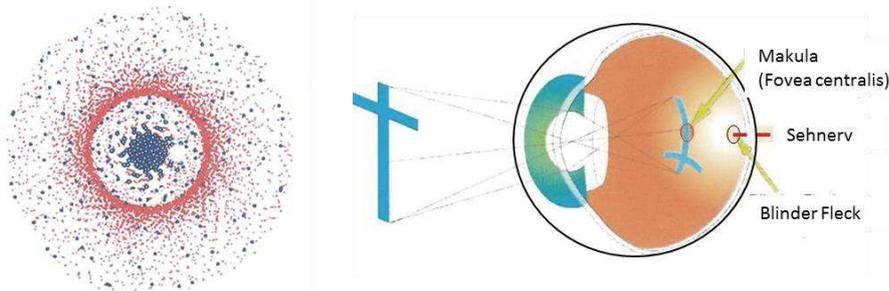


Abbildung 59: Netzhaut und Augenapparat (Witting, 2014, S. 168, 169)

Das menschliche Sehsystem ist in der Lage, sich an aktuelle Helligkeitsverhältnisse im Leuchtdichtebereich von 10^{-4} cd/m² bis mehr als 10^4 cd/m² anzupassen. Die zwei Typen von Sehzellen Stäbchen und Zapfen decken ihrer Funktion nach zwei Messbereiche ab: Die Zapfen sind für hohe Helligkeiten (5 cd/m² bis 10^4 cd/m²) empfindlich, Stäbchen reagieren bei geringen Leuchtdichten (10^{-4} cd/m² bis 10^{-2} cd/m²). Ein wesentliches Merkmal dieser Adaption an unterschiedliche Helligkeitsniveaus ist ihre Zeitabhängigkeit. Bei einem spontanen Helligkeitswechsel erfolgt die Anpassung nicht ebenso plötzlich, sondern die maximal erreichbare Empfindlichkeit stellt sich erst allmählich ein, da der Aufbau (bei Dunkeladaption) bzw. Abbau (bei Helleadaption) des Sehfärbstoffes Rhodopsin in den Sehzellen ein chemischer Prozess ist und nicht abrupt erfolgen kann. (vgl. WITTING, 2014, S. 186f)

Bei sehr geringer Lichtintensität und Leuchtdichten unter 0,001 cd/m² (Nachtsehen bzw. skotopisches Sehen), wie sie etwa während einer klaren Halbmondnacht erreicht wird, basiert unsere visuelle Wahrnehmung allein auf der Aktivität der Stäbchen. Zapfen sind für Lichtreize derart niedriger

Intensität nicht empfindlich. Beim photopischen Sehen bzw. Tagsehen und Leuchtdichten über 3 cd/m^2 sind die Zapfenrezeptoren aktiv, diese ermöglichen eine den Tageslichtbedingungen entsprechende und umfassende Wahrnehmungsleistung. Bei niedriger Lichtintensität mit Leuchtdichten zwischen $0,001$ und 3 cd/m^2 (Dämmerungssehen bzw. mesopisches Sehen) sind sowohl Stäbchen als auch Zapfen aktiv. Unter mesopischen Bedingungen wird die Farbwahrnehmung durch die Aktivität der Stäbchen beeinflusst. Rote und gelbe Farbtöne werden vergraut wahrgenommen, zwischen grün und blau kann nur unzureichend differenziert werden. Dieses Phänomen wird als Purkinje-Effekt bezeichnet. (vgl. HAMMER & HOLZER, 2009, S. 148ff)

Störungen des visuellen Komforts

Wird das Auge in seinem Bestreben, seine Empfindlichkeit an neue Lichtbedingungen anzupassen, überfordert, tritt das Phänomen der Blendung auf. Damit ist eine Empfindung gemeint, die durch helle Flächen im Gesichtsfeld hervorgerufen wird und entweder als psychologische Blendung oder als physiologische Blendung erfahren werden kann. (vgl. ÖNORM EN 12464 (idF. v. 2009) 4.4) Sie entsteht durch hohe Leuchtdichten und Leuchtdichtekontraste, und kann als Direktblendung, Kontrastblendung oder Reflexblendung auftreten. Das Auge ist auf Helligkeitsabstufungen, die von der Verschiedenheit der Umgebungsmaterialien bestimmt sind, angewiesen, um in der Lage zu sein, Raum- und Objektwahrnehmung zu vermitteln. Adäquate Helligkeiten sind Grundlage für stabile Sehbedingungen und damit Ziel von ergonomisch optimierten Lichtsituationen. Innerhalb eines Leuchtdichtebereichs von 50 cd/m^2 bis 500 cd/m^2 erfolgt die Anpassung des Auges an die vorherrschenden Helligkeiten weitgehend unbewusst. (vgl. BARTENBACH, 2009, S. 90) Dennoch können häufige und rasche Blickwechsel für das visuelle System eine erhebliche Belastung darstellen. Direktblendung tritt bei direktem Sonnenlicht, beim Blick in eine künstliche Lichtquelle oder durch Reflexion von Lichtquellen an spiegelnden Oberflächen auf. Übersteigen die Leuchtdichten auf Oberflächen dabei einen Wert von $10\,000 \text{ cd/m}^2$, kommt es zu Absolutblendung. Der Lichteintrag kann dann vom Sehapparat nicht mehr begrenzt werden, die Sehleistung wird eingeschränkt. Kontrastblendung entsteht durch hohe Leuchtdichtenunterschiede aneinandergrenzender Flächen. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2006, S. 70)



Abbildung 60: Kontrastblendung

Abbildung 61: Absolutblendung

Abbildung 62: Direkt- und Reflexblendung

Psychologische Blendung ist der Ausdruck einer subjektiv empfundenen Störung, die durch zu große Helligkeitsunterschiede im Gesichtsfeld hervorgerufen wird. So können etwa stark (künstlich) beleuchtete Flächen die Sehleistung und das Wohlbefinden beeinträchtigen, während die Blendung durch Sonnenlicht meist als positiv empfunden wird. Die Ursachen hierfür sind zwar noch nicht bekannt, doch lässt sich vermuten, dass die Blendung durch Tageslicht weniger störend wirkt, da die

Charakteristik des natürlichen Lichtes zugleich Informationsträger zum Beispiel von Tages- und Jahreszeit, Wittereinflüssen etc. sein kann. (vgl. BRANDI u. a., 2005, S. 9)

Seit etwa hundert Jahren befasst sich die Human-Photobiologie mit der Interaktion von Mensch und solarer Strahlung. Diesem Wissenschaftsgebiet kommt aktuell immer mehr Bedeutung zu, da im Vergleich zur vormodernen Epoche die Verweildauer des Menschen im Freien immer kürzer wird. Auch durch die Erfindung und Verbreitung leistungsfähiger, künstlicher Lichtquellen ist er innerhalb weniger Generationen in den Innenraum „übersiedelt“, wo ein Lichtangebot vorherrscht, das mit den hohen Beleuchtungsstärken- und Helligkeitsniveaus des Außenraumes nicht vergleichbar ist. (vgl. HAMMER & RADINGER, 2013, S. 202) Neben seiner Bedeutung für die visuelle Wahrnehmung hat Licht eine zentrale Funktion für die Stimulation physiologischer Wirkungen und Prozessabläufe. Im Jahre 2001 konnte mit der Erstellung von Wirkungskurven für die Suppression (Unterdrückung) des Hormons Melatonin eine nicht visuelle, physiologische Reaktion auf Strahlung im sichtbaren Spektralbereich quantifiziert werden. Als Rezeptoren wurde eine Untergruppe von Ganglienzellen im Inneren des menschlichen Auges identifiziert. (vgl. HAMMER & HOLZER, 2009, S. 167) Diese spezialisierten Zellen, das Maximum ihrer spektralen Empfindlichkeit liegt im Wellenlängenbereich zwischen 460 nm und 480 nm und damit im Blaubereich sichtbarer Strahlung, sind mit dem Hirngebiet der Suprachiasmatischen Kerne (SCN) verbunden, und übermitteln die Information Hell oder Dunkel an die SCN. Diese kontrollieren die zirkadiane Ausschüttung des Neurohormons Melatonin. (vgl. POSCH u. a., 2010, S. 137f). Es ist der zentrale Botenstoff für das Entrainment der circadianen Rhythmen des menschlichen Organismus und damit der Anpassung der inneren Rhythmik des Körpers an die natürliche Tag-Nacht-Folge. Darüber hinaus hat es weitreichenden physiologischen Wirkungen etwa als Antioxidantium zur Bindung freier Radikale, Moderation von Regenerationsprozessen und Beeinflussung der Schlafdauer und Schlafqualität. (vgl. HAMMER & RADINGER, 2013, S. 208)

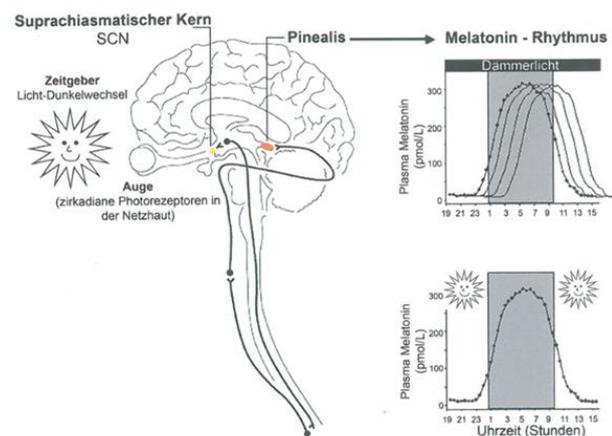


Abbildung 63: Nervenschaltung der Suprachiasmatischen Kerne (SCN) zur Sekretion des Neurohormons Melatonin (Posch, 2010, S. 138)

Die Ausschüttung und Unterdrückung von Melatonin ist abhängig von der Lichtstärke, Zeitdauer und spektralen Zusammensetzung des einfallenden Lichts. (vgl. BRANDI u. a., 2005, S. 8) Ab einem Beleuchtungsstärken-Schwellenwert von 3 lx wird die Ausschüttung durch Aktivierung der nicht visuellen Rezeptoren unterdrückt, völlige Suppression (Unterdrückung) tritt bei etwa 1000 lx auf. (vgl. HAMMER & HOLZER, 2009, S. 175)

Anforderungen an die natürliche Raumbelichtung

Akzeptable Sichtverbindungen nach außen, ausreichende Helligkeit und angemessene Beleuchtungsverhältnisse durch Tageslicht aber auch Schutz vor Blendung und Wärmestrahlung sind wesentliche Qualitätskriterien für die natürliche Raumbelichtung. (DIN 5034-1 (idF. v. 2011) 4) Die

ausreichende Versorgung von Innenräumen mit natürlichem Licht ist baurechtlich durch die Größe von Lichteintrittsflächen geregelt. Bei Aufenthaltsräumen muss die gesamte Lichteintrittsfläche (Architekturlichte von Fenstern, Lichtkuppeln, Oberlichtbändern etc.) mindestens 12 % der Bodenoberfläche dieses Raumes betragen. Dieses Maß vergrößert sich ab einer Raumtiefe von mehr als 5 m um jeweils 1 % der gesamten Bodenfläche des Raumes pro angefangenen Meter zusätzlicher Raumtiefe. Für die Aufenthaltsräume von Wohnungen müssen alle zur Belichtung notwendigen Lichteintrittsflächen eine freie Sicht von nicht weniger als 2 m, gemessen von der Fensterflucht und normal auf die Lichteintrittsfläche, aufweisen. Zumindest in einem Aufenthaltsraum jeder Wohnung muss mindestens eine Lichteintrittsfläche eine freie waagrechte Sicht von nicht weniger als 6 m, gemessen in 1,2 m Höhe und normal auf die Lichteintrittsfläche, gewährleisten. Zusätzliche Anforderungen an die Größe von Lichteintrittsflächen werden gestellt, wenn auskragende Bauelemente den erforderlichen freien Lichteinfall blockieren. (OIB - 3 (idF. v. 2015) 9.1.2–4)

Die Quantifizierung von Tageslicht in Innenräumen erfolgt vor allem durch die Ermittlung von Tageslichtquotienten bei diffusem Licht ohne Direktlichtanteil. Der Tageslichtquotient (TQ) beschreibt das Verhältnis der inneren Beleuchtungsstärke E_i (lx) auf einem Punkt einer Ebene zur gleichzeitig vorhandenen äußeren, horizontalen Beleuchtungsstärke E_e (lx) bei gleichmäßig bedecktem Himmel. (vgl. DIN 5034-1 (idF. v. 2011) 3.19)

$$\text{TQ (\%)} = \frac{E_i * 100}{E_e}$$

E_i Innere Beleuchtungsstärke (lx)

E_e Äußere Beleuchtungsstärke (lx)

Formel 20: Tageslichtquotient-Berechnung

Für Wohnräume wird ein mittlerer Tageslichtquotient von 0,9 % als Maßzahl für den natürlichen Diffuslichteintrag, gemessen in halber Raumtiefe in 1 m Abstand von beiden Seitenwänden und 0,85 m über dem Fußboden, angegeben. Am ungünstigsten dieser Punkte sollte der Wert zumindest 0,75 % betragen. In Wohnräumen mit Fenstern in zwei aneinandergrenzenden Wänden muss der Tageslichtquotient am ungünstigsten Bezugspunkt mindestens 1 % betragen. (vgl. DIN 5034-1 (idF. v. 2011) 4.3)

Weitergehende Normierungsvorschläge (EN 17037, Tageslicht in Gebäuden, Normentwurf Februar 2019) empfehlen Mindestbeleuchtungsstärken im Innenraum in Abhängigkeit von der Gebäudeposition. So soll am Standort Wien (bei einem Jahresmedian der externen, diffusen Horizontalbeleuchtungsstärke von Sonnenauf- bis Sonnenuntergang von 16 000 lx) ein Beleuchtungsstärkeniveau von 300 lx auf über 50 % einer 0,85 m über dem Fußboden liegenden Raumebene in mehr als der Hälfte der Tageslichtstunden pro Jahr überschritten werden. Ein Beleuchtungsstärkeniveau von 100 lx soll auf 100 % der Raumebene in mehr als der Hälfte der Tageslichtstunden pro Jahr überschritten werden. (vgl. OSTERHAUS, 2017)

Ausreichender Direktlichteintrag bzw. Besonnung ist normgemäß dann gegeben, wenn Sonnenstrahlen bei einer Sonnenhöhe γ von mind. 6 Grad in den Raum einfallen können. Als Nachweisort gilt die Fenstermitte in Fassadenebene. Zur Tag- Nachtgleiche sollte die mögliche Besonnungsdauer an mindestens einem Aufenthaltsort einer Wohnung vier Stunden betragen. Um eine ausreichende Besonnung in den Wintermonaten sicher zu stellen, sollte die mögliche Besonnungsdauer am 17. Jänner mindestens eine Stunde betragen. (vgl. DIN 5034-1 (idF. v. 2011) 4.4)

Die als Modelling bezeichnete Ausgewogenheit zwischen diffusem und gerichtetem Licht ermöglicht es, Schatten zu bilden und Geometrien und Oberflächenstrukturen eindeutig darzustellen, und ist damit ein wesentliches Kriterium für die Belichtungsqualität von Innenräumen. (vgl. ÖNORM EN 12464 (idF. v. 2009) 4.6.3) Die Wahrnehmung des ständigen Veränderungen unterworfenen, natürlichen Lichts und der Bezug zur Außenwelt sind für die qualitative Akzeptanz von Räumen unerlässlich. Deshalb ist es notwendig, Aufenthaltsräume mit Fenstern in Augenhöhe der im Raum sitzenden bzw. stehenden Person auszustatten. Normativ empfohlen wird, dass die Oberkante von Fenstern (in der nachfolgenden Skizze als h_{F0} indexiert) bzw. ihrer durchsichtigen Elemente mindestens 2,2 m, ihre Unterkante (h_{Fu}) höchstens 0,95 m oberhalb des Fußbodenniveaus liegen sollten. Die Gesamtbreite der durchsichtigen Fensterteile (b_F) sollten mindestens 55 % der Raumbreite ausmachen. (vgl. DIN 5034-1 (idF. v. 2011) 4)

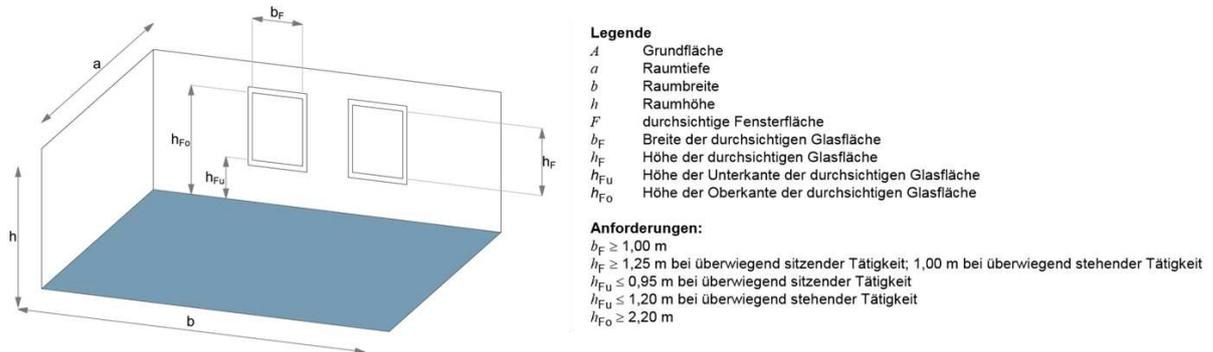


Abbildung 64: Maße für Fensterflächen von Arbeitsräumen zum Erreichen einer ausreichenden Sichtverbindung nach außen (DIN 5034, 2011, Kap. 4.2)

Natürlicher Lichteintrag wird durch möglichst hoch liegende Fensterpositionen begünstigt, die Öffnungen für die Sichtverbindung nach außen sollten jedoch in Augenhöhe der Nutzer angeordnet sein. Daher kann es bei geringen Fensterflächen sinnvoll sein, sowohl Öffnungen für den Ausblick als auch hoch liegende Oberlichter zur Tageslichtversorgung von Bereichen in größerer Raumtiefe vorzusehen. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2006, S. 70)

Gebäudemorphologie und Lichteintrag

Vitruv thematisiert als erster die fundamentale Bedeutung von natürlichem Licht auf die Gebäudenutzung. „Man ziehe an der Seite, von welcher man das Licht nehmen muss, eine Linie von der Höhe der Mauer, welche hinderlich zu sein scheint, bis zu dem Ort, welchem man das Licht verschaffen muss, und wenn man an dieser Linie in die Höhe schauend, einen beträchtlichen Raum des freien Himmels sehen kann, so wird an dem Ort das Licht unbehindert sein.“ (vgl. VITRUVIUS & REBER, 2009, S. 307)

Die Anmerkungen zu Raumproportion, Tageslichteinlass und die darauf Einfluss nehmende benachbarte Bebauungen nehmen bereits vorweg, was in aktueller Fachliteratur hinsichtlich natürlicher Raumbelichtung eingefordert bzw. empfohlen wird. Die Komponenten, über die sich Lichteinfall in den Innenraum steuern lässt, sind die Sicht auf den freien Himmel, die Gebäudehöhe und -tiefe, die Modellierung des Baukörpers und der Fassade sowie die Anordnung von Fensteröffnungen. Dazu kommen Einflussfaktoren wie die Lichttransmissionseigenschaften von Verglasungen und der Rahmenanteil von Fenstern. (vgl. CORRODI & SPECHTENHAUSER, 2008, S. 132f) Daneben führt die Reflexion von Licht auf Raumbooberflächen sowie auf aufgehellten Decken zu Erhöhung der Lichtmenge in tiefer gelegenen Raumzonen. Innenraumbereiche sind in der Regel dann gut mit Tageslicht versorgt, wenn von ihnen aus wesentliche Teile des natürlichen Himmels eingesehen werden können. Dies ist

dann der Fall, wenn der Weg des Himmelslichtes zur Betrachtungsfläche nicht durch Nachbargebäude oder Bauelemente des eigenen Gebäudes wie Überhänge, Balkone, Vegetation etc. verstellt ist. In Fensterbereichen ist der natürliche Himmel üblicherweise gut sichtbar. In größerer Raumtiefe wird der Ausblick auf den freien Himmel kleiner, bis lediglich nur noch der Blick auf den Horizont möglich ist. Fensterfern gelegene Raumbereiche sind dann ausreichend natürlich belichtet, wenn von ihnen aus die Oberkante eines Fensters in einem Höhenwinkel von mind. 30 Grad zu sehen ist. Die Raumtiefe entspricht dann in etwa der zweifachen Höhe der Fensteroberkante. (vgl. HAAS-ARNDT & RANFT, 2007, S. 43f) Bis zu einem Verhältnis Raumtiefe zu Raumhöhe von 3 zu 1 kann die natürliche Belichtung günstig über die Fensteranordnungen an gegenüberliegenden Wänden erfolgen. Besteht die Möglichkeit, Licht über die Dachfläche in den Raum einzuleiten, kann die darunterliegende Nutzfläche auch auf diese Weise ausreichend mit Tageslicht versorgt werden. Horizontale Dachöffnungen transportieren aufgrund der hohen Zenit-Helligkeit des Himmels das meiste Licht in den Innenraum. Je nach Verglasungsart und Raumproportion wird dabei eine Verglasungsfläche empfohlen, die in etwa 7 % bis 15 % der Gesamtdachfläche des zu belichtenden Raumes entspricht. Bei größeren Glasanteilen ist die Gefahr der sommerlichen Überhitzung zu berücksichtigen. (vgl. BRANDI u. a., 2005, S. 27f)

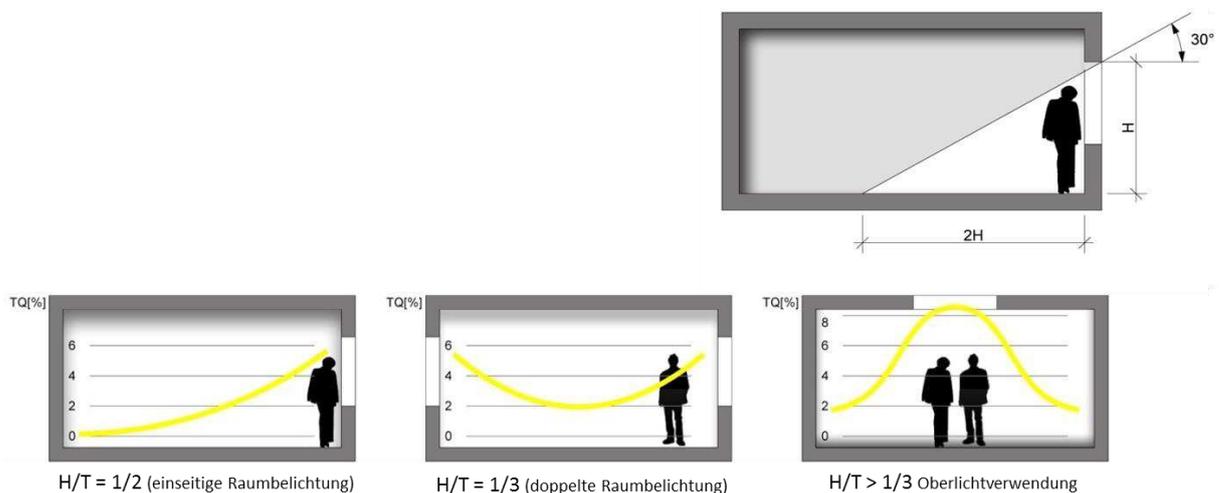


Abbildung 65: Lichtbegünstigte Raumbereiche gemäß 30 Grad-Regel (Bildmontage nach Brandi, 2005, S. 20)
Abbildung 66: Empfehlungen für Raumproportionen (Raumhöhe H zu Raumtiefe T) bei unterschiedlicher Befensterung (Bildmontage nach Haas-Arndt, 2007, S. 44)

Tageslicht und solare Energieeinträge

Die Versorgung mit Tageslicht für bestmöglichen visuellen Komfort steht in einem dialektischen Verhältnis mit der Gewährleistung von thermisch-behaglichem Raumklima in Sommer und Winter und in Abhängigkeit von den solaren Eigenschaften des jeweiligen Gebäudestandortes. Auch Vitruv nimmt auf diese Wechselwirkung Bezug, und betont die Notwendigkeit ihrer Berücksichtigung bei der Planung von Gebäuden. „Diese (Anm.: Gebäude) aber werden dann recht angelegt sein, wenn erstens berücksichtigt worden ist, in welcher Weltgegend und in welchem Zonenstrich sie gegründet werden sollen. Denn die Häuserarten scheinen anders in Ägypten, anders in Spanien und auf anderer Weise in Pontus, wieder abweichend in Rom und ebenso anders in den übrigen Ländern und Gegenden nach ihren Eigentümlichkeiten angelegt werden zu müssen.“ (vgl. VITRUVIUS & REBER, 2009, S. 279)

Aus wärmeschutztechnischer Betrachtung sind Lichtöffnungen Schwachstellen in der Gebäudehülle. In Abhängigkeit von ihrer Größe werden die Dämmeigenschaften der Gebäudehülle verringert, gleichzeitig verbessert sich die Möglichkeit zur solarstrahlungsinduzierten passiven Wärmeengewinnung. Bezugnehmend auf die Außentemperaturen sind dabei Intensität und Dauer der

Sonneneinstrahlung sowie deren Einstrahlwinkel auf der Fassade zu berücksichtigen. (vgl. HOCHBERG u. a., 2010, S. 20) (Siehe Kapitel 4.1.2) Gemäß einer aktuellen Empfehlung Hausladens soll bei Gebäuden in gemäßigten Klimazonen der maximale Fensterflächenanteil an Fassaden je nach Orientierung 50 % bis 70 % Prozent betragen. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2012, S. 70)

3.3.3 Luftqualität und Raumakustik

Neben den thermischen und visuellen Komfortkriterien sind Luftqualität und akustischer Komfort wesentliche Behaglichkeitsparameter von Innenräumen. Auch wenn entsprechende Untersuchungen in der gegenständlichen Arbeit großteils ausgeklammert sind, finden Anmerkungen zu Raumluft und Schall nachfolgend Erwähnung.

Bewertungsparameter für Raumluftqualität und Akustik sind in der Norm DIN EN 15251 - Eingangsparemeter für das Raumklima zur Auslegung der Energieeffizienz von Gebäuden geregelt. Wichtiger Indikator für die Bewertung der Luftqualität in Innenräumen ist die CO₂-Konzentration. Typischerweise beträgt die CO₂-Außenluft-Konzentration etwa 0,04 Vol.-%, und sollte im Innenraum nicht mehr als 0,1 Vol.-% über der Außenluftkonzentration liegen. Ein Wert von 0,14 Vol.-% (dies entspricht 1400 parts per million, ppm) beschreibt eine mäßige bis niedrige jedoch für Aufenthaltsräume nicht untypische Raumluftqualität, für deren Einhaltung ein Außenluft-Volumenstrom von etwa 20 m³/h pro Person notwendig ist. (Anh.7 DIN EN 15251, 2007)

Bei der Bewertung des akustischen Komforts eines Raumes ist seine Schutzfunktion gegenüber äußeren oder inneren Lärmbelastigungen und die zum Bestimmungszweck passende raumakustische Gestaltung bedeutend. Zur nachvollziehbaren Bewertung des menschlichen Lärmempfindens wird der bewertete Schalldruckpegel (dB(A)) als psychoakustische Größe herangezogen. Dieser soll den kombinierten Sinneseindruck der physikalischen Größen Schalldruck p (Pa) und Frequenz f (Hz) wiedergeben.

$$L_p = 10 * \log \frac{p^2}{p_0^2}$$

L_p Schalldruckpegel

p gemessener Druck (N/m²)

p₀ Hörschwelle (0,00002 N/m²)

Formel 21: Schalldruckpegel-Berechnung

Auch beim bewerteten Bauschalldämmmaß R_w (dB) eines Bauteils im eingebauten Zustand wird die Frequenzabhängigkeit des Widerstandes durch den vereinfachten Vergleich zu einer Bezugskurve ersetzt. Der akustische Eindruck, den ein Raum beim Hörer hinterlässt, wird durch die Nachhallzeit T (m/s) beschrieben. Kurze Nachhallzeiten von 0,3 bis 0,8 Sekunden fördern die Sprachverständlichkeit, lange Zeiten von 1,5 bis 3 Sekunden erhöhen die Klangfülle. (vgl. HEGGER u. a., 2012, S. 49)

4 Klimagerechtes Bauen

Mit dem Ziel den Ressourcenbedarf für die Raumkonditionierung zu optimieren, wird ein dreistufiges Modell zur Adaptierung von Gebäuden an ihre jeweilige klimatische Umgebung empfohlen: Die erste Stufe bezieht sich auf die Auswahl des Standortes sowie die Orientierung und Gestaltung von Baukörper, Raumstruktur und Gebäudehülle. Der zweiten Stufe werden Nutzungen von passiven (konstruktiven) Maßnahmen zur Wärmegegewinnung, Kühlung und Raumbelichtung zugeordnet. Dazu gehören zum Beispiel Anordnungen von Pufferräumen zur solarstrahlungs-induzierten Erwärmung der Raumluft, Maßnahmen zur Begünstigung von Luftbewegungen und Feuchtregulation sowie konstruktive Maßnahmen zur Lichtlenkung und Beschattung. Die dritte Stufe bezieht sich auf den Einsatz von energiebetriebener Gebäudetechnik. Das Maß an Aufwendungen in Stufe Drei kann als Erfolgsindikator dafür herangezogen werden, inwieweit die gewählten Entwurfsentscheidungen aus Stufe Eins und Zwei zur Sicherstellung von akzeptablen Innenraumklimata geeignet sind. (vgl. LECHNER, 2009, S. 7ff)

4.1 Gestaltungskonzepte für klima-sensitve Gebäude

Durch die gleichzeitige Betrachtung von Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen an einem Standort können grundlegende Planungsempfehlungen zur Konditionierung von Gebäuden abgeleitet werden. Anhand einer sogenannten Psychrometric Chart, diese entspricht dem h,x-Diagramm des Physikers und Maschinenbauers Richard Mollier (1863 – 1935), und ist auch unter der Bezeichnung Carrier-Chart, benannt nach dem Erfinder der Klimaanlage Willis Carrier (1876 – 1950), bekannt, werden die an allen 8760 Stunden eines Jahres vorherrschenden Außenlufttemperaturen und Luftfeuchtigkeitswerte eines Standortes in Form einer Punktwolke dargestellt. Durch deren Umriss ist ablesbar, welche Maßnahmen zur Raumkonditionierung (Heizen, Kühlen, Be- und Entfeuchten) zu ergreifen sind. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2012, S. 30) Im internationalen Kontext wird auf der horizontalen x-Achse die Lufttemperatur und auf der vertikalen y-Achse die absolute Luftfeuchtigkeit aufgetragen. Daraus ergeben sich die Kurven relativer Feuchte. Die Isothermen verlaufen nahezu vertikal, die Enthalpielinien diagonal, abfallend von links oben nach rechts unten. Die Taupunkttemperatur bzw. Temperatur, bei der die spezifische Feuchte der Sättigungsfeuchte entspricht, ergibt sich aus der horizontalen Verschiebung eines Punktes nach links bis zur Kurve der relativen Luftfeuchte von 100 % und der anschließenden Verschiebung dieses Punktes entlang der Isothermenlinie bis zur x-Achse. Die Kühlgrenztemperatur wird durch die Verschiebung eines Punktes entlang der Enthalpielinie bis zur Kurve der relativen Luftfeuchtigkeit von 100 % und der anschließenden Verschiebung dieses Punktes entlang der Isothermenlinie bis zur x-Achse ermittelt. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2012, S. 38) Ein sogenanntes Behaglichkeitsfenster kennzeichnet den als angenehm empfundenen Temperaturbereich sowie eine maximal vorherrschende absolute Luftfeuchtigkeit. Legt man den Komfortbereich der internationalen Norm ASHRAE-55 (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) zugrunde, lassen sich bei geringen Luftgeschwindigkeiten folgend Maßnahmen hinsichtlich der Raumkonditionierung ableiten: Bei einem unteren Temperaturgrenzwert von etwa 20 °C können interne Wärmelasten bzw. passive Gewinne zur Raumbeheizung noch ausreichend sein, bei niedrigeren Außentemperaturen sind Heizsysteme vorzusehen. Ab einem Temperaturniveau von 26 °C ist die Luft zu warm. Je nach Feuchtegehalt der Luft sind verschiedene Konditionierungsstrategien möglich wie etwa die Einplanung von Sonnenschutz. Bei komfortablem Feuchtebereich und Temperaturen über 26 °C lassen sich passive Kühlmaßnahmen wie das Nutzen hoher Speichermassen und Nachtlüftung realisieren. Verdunstungskühlung kann bei hohen Temperaturen in Verbindung mit niedriger Feuchte

eingesetzt werden. Grundsätzlich wird Luft ab einem Feuchtigkeitsgehalt von 12 g/kg als zu feucht bewertet, ein untere Grenze wird nicht vorgeschrieben, jedoch sind Komforteinbußen aufgrund zu geringer Feuchte zu bedenken. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2012, S. 38)

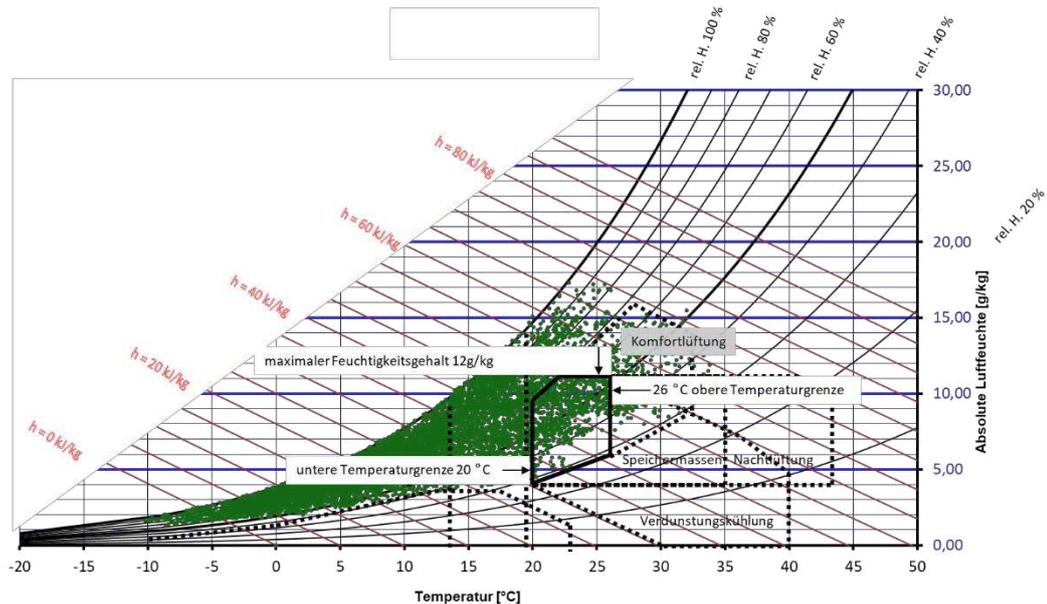


Abbildung 67: h,x Diagramm für den Standort Wien in gemäßigter Klimazone (Tabellenaufbereitung nach P. Holzer)

Die nachfolgend beschriebenen baulichen Maßnahmen und Strategien zur Klimaanpassung von Gebäuden und zur Erfüllung von Raumkomfortkriterien nehmen Bezug auf Stufe Eins und Zwei des eingangs des Kapitels erwähnten dreistufigen Adaptierungsmodells. Sie betreffen ausschließlich räumlich-architektonische Aspekte, die ein wesentliches Potenzial für die Konzeption energieeffizienter und klima-sensitiver Gebäude bilden.

4.1.1 Baukörpergeometrie und -kompaktheit

Das Maß der Kompaktheit eines Gebäudes oder Gebäudeteils ist seine sogenannte charakteristische Länge l_c , dargestellt in Form des Verhältnisses des konditionierten (beheizten und/oder gekühlt und/oder be- bzw. entlüftet und/oder befeuchtet) Brutto-Volumens V zu seiner umschließenden Oberfläche A . (vgl. ÖNORM 8110-1 (idF. v. 2008) 3.3) Auch das umgekehrte Verhältnis von Oberfläche des konditionierten Brutto-Volumens A zu konditioniertem Brutto-Volumen V wird als Maß für die Kompaktheit von Gebäuden herangezogen. Je niedriger dieses A/V -Verhältnis ist, desto kompakter ist ein Gebäude und umso weniger Energie geht im Verhältnis zum Volumen über die Hülloberfläche verloren. Ein A/V Verhältnis von 0,6 bedeutet eine um 50 % größere wärmeübertragende Umhüllungsfläche als ein Verhältnis von 0,4. Entsprechend mehr Wärmeenergie kann über die Gebäudehülle verloren gehen. Vor allem in kalten Regionen beeinflusst die Kompaktheit den Energieverbrauch. In Klimata mit überwiegend hohen Umgebungstemperaturen ohne kalte Winter bzw. bei Gebäuden mit hohen internen Wärmelasten ist sie von untergeordneter Bedeutung. (vgl. HEGGER u. a., 2012, S. 68)

4.1.2 Gebäudeorientierung und Sonnenexposition

Die Gebäudeorientierung bestimmt die Möglichkeit für die Nutzung passiv solarer Wärmegewinne. Bei jahreszeitlich veränderlichen Sonnenständen ist die Summe der täglich auf die Gebäudehülle auftreffenden Solarstrahlung starken Schwankungen unterworfen. Ihre Nutzbarkeit ist daher in hohem

Maße von der Ausrichtung von Fassaden-, Fenster- und Dachflächen am Standort abhängig. (vgl. HEGGER u. a., 2012, S. 68)

In höheren Breiten auf der Nordhalbkugel erhalten Nordfassaden um die Zeit der Sommersonnenwende direkte Strahlung, und zwar in den Morgen- und Abendstunden. An Ostfassaden sind hohe Strahlungseinträge vormittags bei flachem Einstrahlungswinkel vorherrschend, an Südfassaden verläuft die Einstrahlung in einem steilen Winkel. Dadurch ist die Strahlungsintensität auf vertikalen Flächen geringer, und kann durch einfache Auskragungen bzw. horizontale Bauelemente abgeschattet werden. Westfassaden sind durch den wiederum flacheren Einfallswinkel ebenfalls strahlungsexponiert, bei gleichzeitig vorherrschenden erhöhten Nachmittags-Außenlufttemperaturen. In den Wintermonaten sind vor allem südorientierte Gebäudeoberflächen aufgrund des zu dieser Jahreszeit flachen solaren Einstrahlungswinkels strahlungsexponiert.

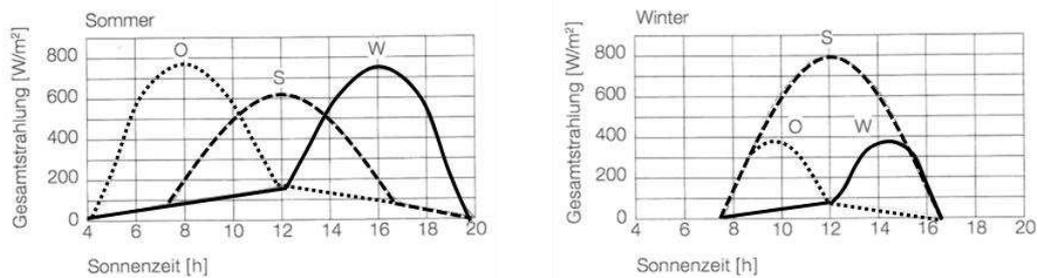


Abbildung 68: Gesamtstrahlung auf unterschiedlich orientierte Wandflächen an Sonnentagen zu verschiedenen Jahreszeiten (Herzog, 2004, S. 20)

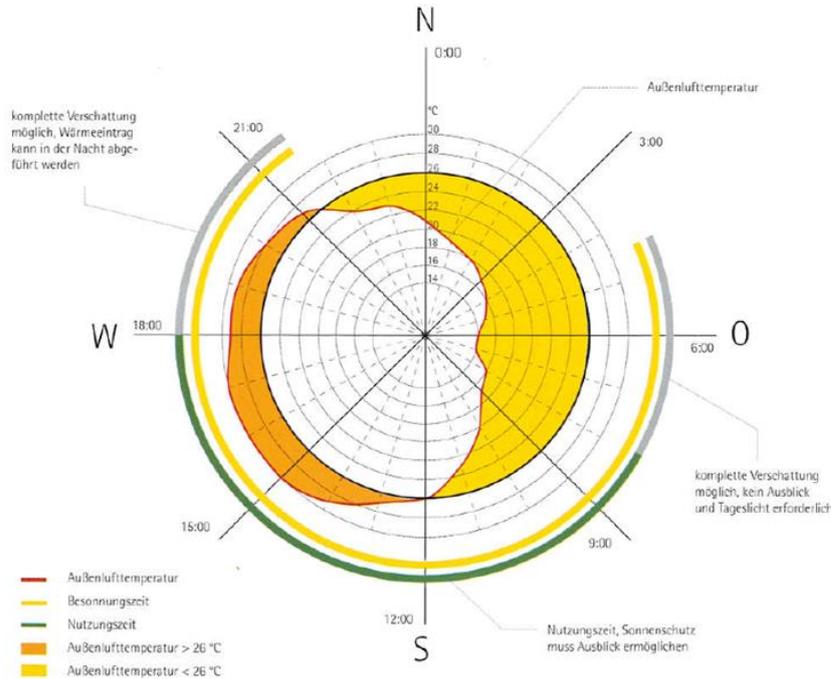


Abbildung 69: Exemplarische Darstellung der Zusammenhänge von funktionalen Raumanforderungen (bei Raumnutzung zwischen 8:00 Uhr und 18:00 Uhr, maximale Raumtemperatur 26 °C), Verlauf der Außentemperatur und Besonnungszeit an einem Sommertag am Standort Würzburg (Hausladen, 2006, S. 41)

Hinsichtlich der Gebäudeorientierung ist eine exakte Südausrichtung von Südfassaden gegenüber einer Schwenkung nach Osten oder Westen für den Heizwärmebedarf und für die sommerlich auftretenden Temperaturen von Vorteil. Die Strahlungseinträge auf vertikalen Fassaden sind im Winter bei niedrigem Sonnenstand im Süden am höchsten. Bei höherem Sonnenstand im Sommer überwiegen auf senkrechten Fassaden die Strahlungseinträge aus Osten und Westen. (vgl. KREC u. a., 2012, S. 79) Zur Beurteilung der Lagen unterschiedlicher Raumbereiche im Gebäudeverband von Bauernhäusern wurden in der Vergangenheit Diagramme und Vergleichszahlen für den sogenannten Wärme- und Lichtwert von Gebäudefronten entwickelt. Der Wert der Südlage liegt nach Heckl bei 1 (100 %). Nach Westen und Osten hin nimmt der Wärme- und Lichtwert zunächst allmählich und dann rascher ab. In Nordlagen beträgt er nur noch 20 %. Im Inneren der Darstellung sind am Beispiel eines Mehrseithofes Räume eingeschrieben, deren Fronten sich für die betreffenden Himmelsrichtungen eignen. Die Höhe des Licht- und Wärmewertes ist jedoch auch von Wind beeinflusst, der die Kältewirkung an den Hauptwindseiten verdoppelt und die demnach vom geschätzten Wärmewert abgezogen werden muß. Die Kurve des höchstmöglichen Licht- und Wärmewertes ist nach der tatsächlichen Besonnung und Hauptwindrichtung zu eruiieren. (vgl. HECKL, 1950, S. 148)

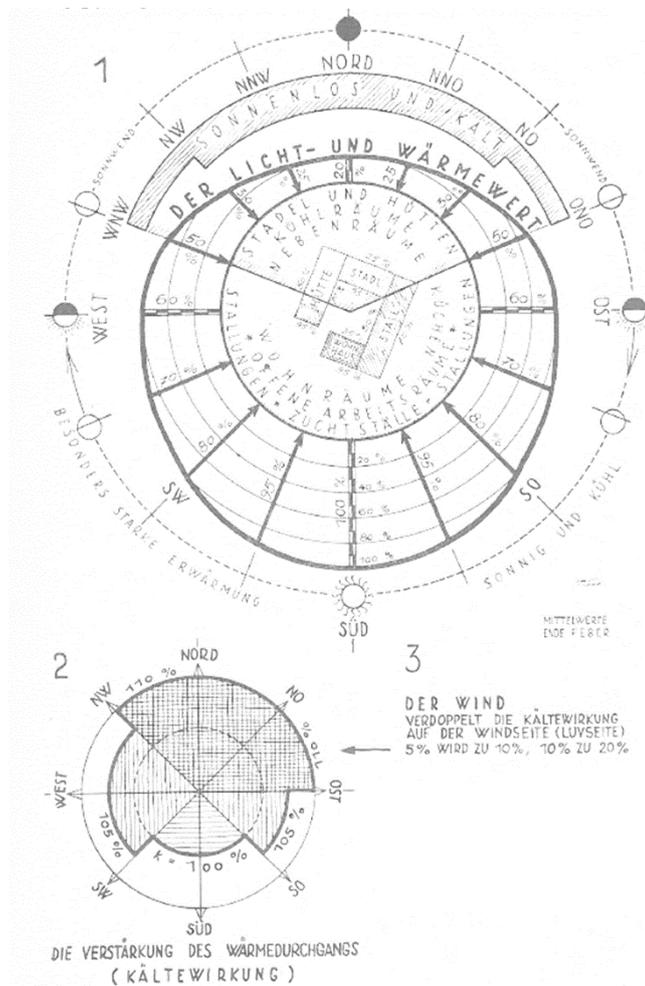


Abbildung 70: Praktische Vergleichszahlen (von 20 bis 100) zur Beurteilung der Lage von Raumbereichen unter dem Einfluss von Himmels- und Windrichtungen (Heckl, 1950, S. 148)

4.1.3 Gebäudehülle

Die Funktionsfähigkeit der Gebäudehülle an der Schnittstelle zwischen dem konditionierten Innenraum und dem Außenklima beeinflusst den notwendigen Energieaufwand zur Sicherstellung von behaglichen Innenraumbedingungen. Zielkonflikte entstehen dabei durch die gleichzeitige Notwendigkeit von Wärme- und Hitzeschutz, Tageslichteintrag und solaren winterlichen Wärmege winnen sowie adäquaten Temperaturverhältnissen im Sommer. Fensterflächenanteile, Fenstergeometrie, Sonnen- und Wärmeschutzeinrichtungen sind auf diese Erfordernisse abzustimmen. In Klimazonen mit erhöhtem Heizwärmebedarf stehen die Nutzung passiver solarer Gewinne sowie die Minimierung von Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten im Vordergrund. In warmen und heißen Gebieten sind solare Strahlungseinträge und Wärmeinfiltration zu begrenzen. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2012, S. 40) Die entscheidenden baukonstruktiven Einflussgrößen hierfür sind Wärmedämmmaßnahmen, die Verwendung von Sonnenschutz sowie die Nutzung innerer Material-Wärmespeicherfähigkeit. Anzahl und Größe von Öffnungen beeinflussen die Energiebilanz von Gebäuden durch zwei gegeneinander wirkende Effekte. Trotz aktueller Materialverbesserungen weisen Fenster circa zwei bis fünfmal höhere Transmissionswärmeverluste auf als opake Flächen gleicher Größe. Ein hoher Fensterflächenanteil erhöht daher den Heizwärmebedarf eines Gebäudes. Über die Nutzung solarer Gewinne kann dieser gleichzeitig reduziert werden, wobei Orientierung und Wärmetransmissionseigenschaften der Fenster entscheidend sind. Zur Reduktion des Heizwärmebedarfs ist eine verbesserte Dämmung der Gebäudehülle grundsätzlich wirksamer als die Nutzung solarer Gewinne, die bei hohen Verglasungsanteilen lukriert werden können. Bei guten Wärmeschutzeigenschaften tragen nur nach Süden orientierte Fenster mit U-Werten $\leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ zur Senkung des Heizwärmebedarfs bei, die jedoch sommerlicher Wärmeschutzmaßnahmen bedürfen. Ost- und westseitige Fenster erhöhen bei gutem Standard von Wand und Fenster bis zu einem Flächenanteil von 40 % den Heizwärmebedarf nur geringfügig. Nordorientierte Fenster können Wärmeverluste nicht durch solare Gewinne kompensieren. (vgl. HEGGER u. a., 2012, S. 69)

Aus den Kenntnissen über witterungs- und klimatische Standorteigenschaften sowie der Lage und Orientierung von Fensteröffnungen lässt sich die Wahl des geeigneten Sonnenschutzes herleiten. (vgl. HOCHBERG u. a., 2010, S. 84) Feststehende, starre Systeme können nicht an die äußeren solaren Bedingungen angepasst werden. Sie haben dadurch eine eingeschränkte Sonnenschutzwirkung. (VARGA u. a., 2013) Die Anordnung beweglicher, außenliegender Sonnenschutzsysteme ist daher sinnvoll, da flexibel auf Einstrahlungswerte und Komfortanforderungen reagiert und ein dosierter Einlass von Licht, Luft und Wärme gewährleistet werden kann. (vgl. HOCHBERG u. a., 2010, S. 82) An Südfassaden kann direkt einfallende Solarstrahlung durch horizontale Elemente ausgeblendet werden ohne dabei den Ausblick nennenswert einzuschränken. Das energieärmere, diffuse Tageslicht kann ungehindert in den Raum eindringen und diesen natürlich belichten. Auch Auskragungen und Dachüberstände können an der Südfassade als saisonaler Sonnenschutz genutzt werden. Bei Ost-West-Orientierung ist der Strahlungseintrag auf die Fassade aufgrund des nahezu senkrechten Einfallswinkels hoch und die Reflexion an den Scheiben gering. Ost-West-Fassaden lassen sich vorzugsweise mit Vertikalelementen verschatten. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2006, S. 46f)

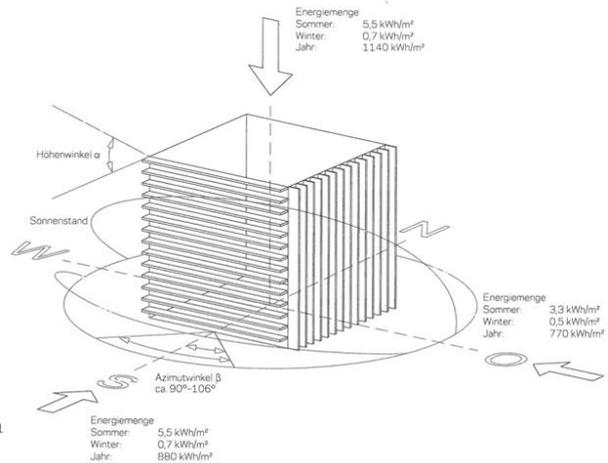


Abbildung 71: Einwirkende Energiemengen am Standort Stuttgart für unterschiedlich orientierte Flächen der Gebäudehülle und Vorschläge für Sonnenschutzkonzepte (Hochberg, 2010, S. 84)

Gebäudehüllen bestimmen das äußere Erscheinungsbild von Bauwerken maßgeblich, und sind für diese schlechthin identitätsstiftend. Die dabei zu treffenden Gestaltungsentscheidungen beeinflussen jedoch auch das thermische Gebäudeverhalten. So können sich Fassadenoberflächen bei direkter Sonneneinstrahlung und bei entsprechenden Materialeigenschaften auf bis zu 80 °C erwärmen, wodurch sich eine Luft-Grenzschicht vor der Fassade und damit um bis zu 10 K erhöhte Umgebungstemperaturen bilden können. Bei geöffneten Fenstern kann so Wärme in das Gebäude eingetragen werden. (vgl. TREBERSPURG u. a., 2011, S. 11)

4.1.4 Bauweise

Leichte Gebäude unterliegen in der Regel größeren Temperatur- und Feuchtschwankungen als Massivbauten, und können schneller aufgeheizt bzw. abgekühlt werden. Die Wärmespeicherwirkung eines Baustoffes ist abhängig von dessen Dichte und spezifischer Wärmekapazität. Daraus kann die volumenbezogene Wärmespeicherzahl ermittelt werden, die ausdrückt, wieviel Wärme in einem Kubikmeter eines Baustoffes gespeichert werden kann. (Siehe Kapitel 3.1.1) Ein hohes Wärmespeichervermögen des Baumaterials erhöht den nutzbaren Anteil der passiven solaren Gewinne, und verbessert den thermischen Komfort an heißen Tagen. Die gesamte speicherwirksame Masse eines Raumes wird als Summe der speicherwirksamen Masse der raumbegrenzenden Bauteile und der Speichermasse der Einrichtung berechnet. (vgl. ÖNORM 8110-3 (idF. v. 1999) 8.2) Die Eignung eines Baustoffes, Schwankungen der Raumlufttemperatur ausgleichen zu können, ist von der Geschwindigkeit der Wärmeaufnahme abhängig. Diese wird von der Wärmeleitfähigkeit beeinflusst. Die Wärmeaufnahme nimmt ab, wenn sich Raumtemperatur und Bauteiltemperatur annähern. Bis zu einer Tiefe von 8 cm – 10 cm sind schwere Bauteilschichten zur Wärmespeicherung geeignet. (vgl. HEGGER u. a., 2012, S. 74) Wenn Wärmespeicherfähigkeit und Wärmeeindringgeschwindigkeit der direkt bestrahlten, primär speichernden Flächen gering sind, kann nur wenig Wärme aufgenommen werden. Es erwärmt sich nur die Oberfläche, und Wärme wird wieder an den Raum abgegeben. (vgl. HERZOG, 2004, S. 41)

Für den Heizenergiebedarf ist die Speichermasse eines Gebäudes verglichen mit der Wärmedämmung von geringerer Bedeutung. Bei zunehmendem Dämmstandard der Gebäudehülle geht der Hauptteil der Wärme nicht über Transmission verloren, sondern über Undichtheiten in der Hüllfläche. Bei massiven Wänden wird die erforderliche Luftdichtheit in der Regel mit einem durchgehenden Putz erreicht, bei leichten Bauteilen ist insbesondere im Bereich von Randanschlüssen und Stößen für Luftdichtheit zu sorgen. (vgl. HEGGER u. a., 2012, S. 76)

Transparentes oder transluzentes Baumaterial ermöglicht solare Energieeinträge in Gebäude aufgrund von Strahlungstransmission. Trifft diese Strahlung im Rauminnen auf Oberflächen, wird ein Teil ihrer Energie über Absorption auf das Material übertragen und über Wärmeleitung weitertransportiert. Der solare Energieeintrag auf strahlungsundurchlässiges Baumaterial wird entsprechend der Wärmekapazität des Materials eingelagert, die Energie wird zeitversetzt über Wärmestrahlung in den Raum zurückgeführt. Durch geeignete Materialwahl und Bauteildimensionierung kann dieser Effekt dazu genutzt werden, Temperaturspitzen auszugleichen ohne dass neue Energiezufuhr für Heizen oder Kühlen zugeführt werden muss. (vgl. HERZOG, 2004, S. 24)

4.1.5 Gebäudezonierung

Raumzonierungen und entsprechende Grundrisskonfigurationen können durch die Nutzung solarer Gewinne zur Minimierung der Wärmeverluste von Gebäuden beitragen. Auch Vitruv bezieht die räumliche Zonierung und die Ausrichtung unterschiedlicher Nutzungsbereiche in seine Empfehlungen zur Gebäudekonzeption mit ein: „Die Winter-Speisesäle und Badegemächer sollen gegen West-Süd-West gerichtet sein, deshalb, weil man sich der Abendbeleuchtung bedienen muss; außerdem weil auch die Abendsonne, indem sie ihre Strahlen gerade gegenüber ausbreitet, Wärme zurücklässt und zur Abendzeit dieser Himmelsrichtung mäßig erwärmt. (...) Die Schlafzimmer und die Bibliotheken müssen gegen Osten gerichtet sein, denn ihr Gebrauch erfordert die Morgensonne. (...) Die Frühlings- und Herbstspeisezimmer sind mit ihren Fenstern nach Osten gewendet: denn dann macht sie die Kraft der Sonne im Vorschreiten gegen Westen bis zu der Zeit, wo man sich dieser Zimmer bedienen muss, gemäßigt warm. Die Sommerspeisesäle sollen gegen Norden gerichtet sein, weil diese Himmelsgegend nicht, wie die übrigen um die Zeit der Sommersonnenwende, wegen der Hitze schwül wird, und weil sie, von der Sonnenbahn abgewendet, immer kühl bleibend, im Gebrauch als gesund und angenehm sich bewährt.“ (vgl. VITRUVIUS & REBER, 2009, S. 299)

Gebäude und Raumkonfigurationen sind hinsichtlich der Nutzung solarer Gewinne und Minimierung von Wärmeverlusten zu zonieren. Entsprechend ihrer Funktion sind Räume mit unterschiedlichen Anforderung im Grundriss zu positionieren. Im gemäßigten Klima Mitteleuropas können zum Beispiel Nebenräume oder temporär genutzte Bereiche als nordorientierte, unbesonnte Pufferzonen genutzt werden. In nach Ost, Süd und West ausgerichteten Aufenthaltsräumen können Strahlungseinträge in Abhängigkeit von der Tageszeit zur Raumerwärmung genutzt werden. Diese als solarorientiert bezeichnete Raumkonfiguration wird vor allem bei klassischen Passivhäusern umgesetzt. (vgl. HEGGER u. a., 2012, S. 70) In heißen Wüstengebieten hat die Gebäudezonierung entsprechend der zu erwartenden, strahlungsinduzierten Raumerwärmung anders zu erfolgen, Haupträume sind dann in sonnenabgewandten Bereichen unterzubringen. Bei sogenannter zwiebelförmiger Raumanordnung werden Raumbereiche, an die hohe Temperaturansprüche gestellt werden, von jenen mit unkritischeren Anforderungen umgeben. (vgl. HERZOG, 2004, S. 25) Auch durch vertikale Raumgliederung ergeben sich Möglichkeiten zur energieeffizienz-steigernden Gebäudezonierung. Bei geschoßweiser Staffelung sind die wesentlichen Aufenthaltsräume südorientiert und im Erdgeschoß positioniert. Nebenräume und temporär genutzte Bereiche wie etwa Schlafräume sind darüber und nach Norden ausgerichtet. Dieses Prinzip der Gebäudezonierung entspricht einer Mischung aus solarorientierten und zwiebelförmiger Raumgliederung. (vgl. HEGGER u. a., 2012, S. 70)

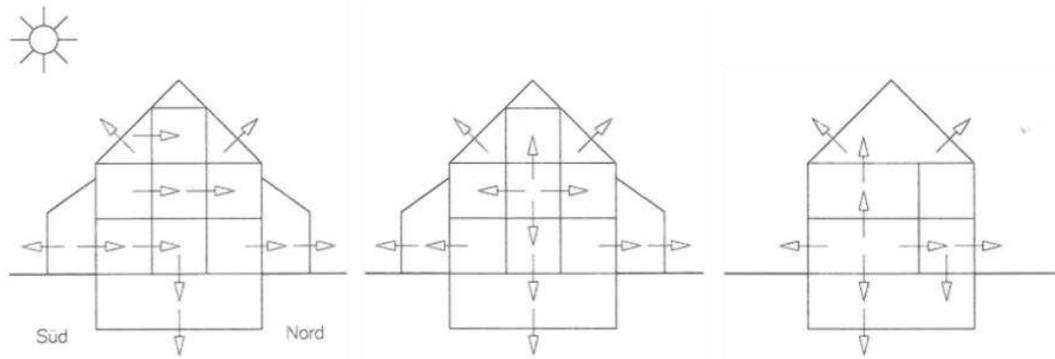


Abbildung 72: Solarorientierte Raumanordnung (Hegger, 2012, S. 70)

Abbildung 73: Zwiebelförmige Raumanordnung (Hegger, 2012, S. 70)

Abbildung 74: Geschößweise Staffelung (Hegger, 2012, S. 70)

4.1.6 Natürliche Ventilation

Natürliche Lüftung ist neben direkter und indirekter Strahlungskühlung, Verdunstungskühlung, Erdkühlung und Luftentfeuchtung eine von fünf passiven Kühlstrategien. (vgl. LECHNER, 2009, S. 267) Durch den Austausch von Raum- gegen Außenluft aufgrund von Luftbewegungen, durch Druck- und Temperaturunterschiede zwischen Innen- und Außenraum bzw. durch Wind- und thermische Auftriebskräfte kann eine Reduktion hoher Innenraumtemperaturen herbeigeführt werden. Diese Art der natürlichen Lüftung wird vor allem durch Fensteröffnungen, Fugen und bewusst gesetzte Undichten in der Gebäudehülle sowie durch Schachtlüftung zur Nutzung von Auftriebskräften für die Entlüftung innenliegender Räume ermöglicht. (vgl. HEGGER u. a., 2012, S. 86) Bei Fenster- bzw. einseitiger Fassadenlüftung sollten Öffnungen in möglichst großem Vertikalabstand zueinander angeordnet sein, um rauminterne thermische Auftriebskräfte und Luftaustausch aufgrund von Temperaturschichtungen effizient nutzen zu können. Dafür sind Fenster mit einer vertikalen Geometrie und Öffnungen im Brüstungs- und Oberlichtbereich günstig. Auch bei Querlüftung sollte ein vertikaler Abstand zwischen Luftein- und -austrittsstelle gegeben sein. (vgl. HERZOG, 2004, S. 41)

Bei geringer oder mittlerer Luftfeuchtigkeit kühlt sich die Erdoberfläche in den Abend- und Nachtstunden deutlich ab. Daher kann die Nachtluft zur natürlichen Klimatisierung von Gebäuden effektiv genutzt werden. Eine wichtige Voraussetzung dafür sind ausreichend vorhandene und aktivierbare thermische Speichermassen, die tagsüber die eingestrahelte Wärme aufnehmen bzw. puffern und die nachts durch vorbeiströmende kühle Nachtluft thermisch entladen werden. Die zweite wichtige Voraussetzung für die Wirksamkeit der Nachtlüftung ist die Einleitung großer, kühler Luftmengen in das Gebäude und ihre Entlangführung an den thermischen Speichermassen. (vgl. HAAS-ARNDT & RANFT, 2007, S. 88) Nachtlüftung ist insbesondere in Gebieten mit hohen Tagestemperaturschwankungen bei Nachttemperaturen von maximal 15 °C gut einsetzbar. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2006, S. 62)

Für den Lufttransport aufgrund von thermischem Auftrieb sind tief gelegene Zuluft- und hoch gelegene Abluftöffnungen im Gebäude notwendig. Eine ausreichende Höhe der erwärmten Luftsäule und ein möglichst großer Temperaturunterschied zur Außenluft begünstigen den thermischen Auftrieb, der durch Atrien, Vertikalschächte oder Kamine verstärkt werden kann. In Gebieten mit hoher Sonneneinstrahlung können über Dach geführte Kaminauskragungen, sogenannte Solarkamine, von der Sonne erwärmt werden. Die darin enthaltene Luft wird zum Aufsteigen gebracht und führt die nachgezogene Raumluft aus dem Gebäude ins Freie. Sind innerhalb und außerhalb von Gebäuden dieselben Temperaturen vorherrschend, versagen die thermischen Auftriebskräfte. Bei entsprechenden Klima- bzw. Wetterverhältnissen kann natürliche Lüftung dann durch vorhandene Luftbewegungen und

die Erzeugung von Druckunterschieden im Bereich der Öffnungen von Luftschächten herbeigeführt werden. (vgl. HAAS-ARNDT & RANFT, 2007, S. 89f)

Abbildung 75: Druckunterschiede zwischen Dach und Bodenniveau aufgrund zunehmender Luftgeschwindigkeiten in größerer Höhe (Lechner, 2009, S. 270)

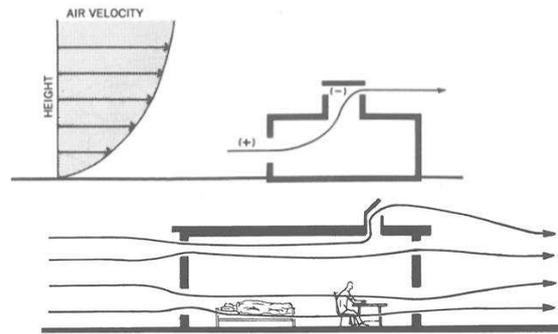


Abbildung 76: Für die Komfortlüftung werden Öffnungen auf Ebene von Personen empfohlen, hoch liegende Öffnungen entlüften die in Deckennähe gesammelte Warmluft (Lechner, 2009, S. 274)

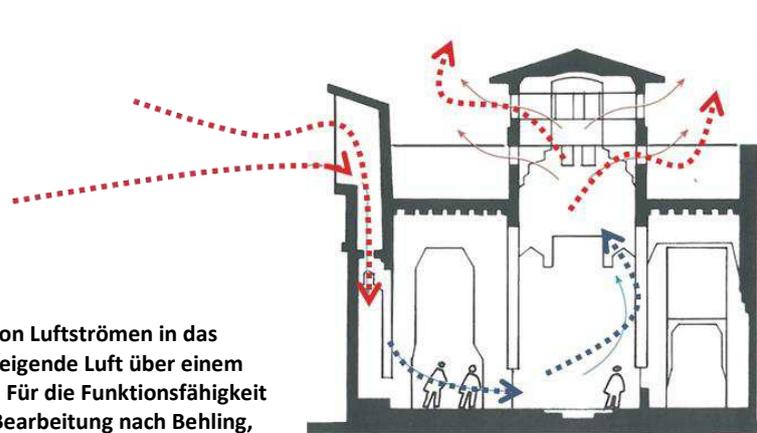


Abbildung 77: Ventilation durch Einleitung von Luftströmen in das Gebäudeinnere durch Windfänger und aufsteigende Luft über einem Zentralraum mit Öffnungen im Dachbereich. Für die Funktionsfähigkeit sind Temperaturunterschiede erforderlich (Bearbeitung nach Behling, 1996, S. 64)

4.2 Klima- und Gebäuediversität

Als Reaktion auf Temperatur-, Niederschlags-, Wind- und Solarstrahlungsverhältnisse und auf der Grundlage eines zumeist lokal beschränkten Sortiments an verfügbarem Baumaterial sind regional unterschiedliche Gebäudeformen entstanden, um den menschlichen Grundbedürfnisse nach Schutz vor Witterungseinflüssen und behaglichen Raumbedingungen gerecht zu werden. (vgl. BEHLING u. a., 1996, S. 44) Diese elementaren Behausungsformen und architektonischen Lösungen zeichnen sich darüber hinaus durch einen ressourcenoptimierten Herstellungsaufwand und ein hohes Maß an Funktionalität aus. Ihre Anpassung an lokale Umweltbedingungen stellt ein für die Bewohner überlebenswichtiges Charakteristikum dar. (vgl. MITROVITS, 2014, S. 3) Im Hinblick auf die Analyse und den Vergleich von bauklimatischen und energie-relevanten Besonderheiten ausgesuchter Objekte aus unterschiedlichen Klimaregionen Österreichs werden Beispiele vernakulärer Architektur und ihre Adaptionseigenschaften an teils extreme Klimaumgebungen vorgestellt.

4.2.1 Arktisches und subarktisches Klima

Regionen oberhalb des nördlichen Polarkreises auf 66,3 Grad nördlicher Breite werden als arktisch bezeichnet, südlich davon gelegene Gebiete mit ähnlichen klimatischen Bedingungen sind subarktisch. Unterschieden wird zwischen den unbewohnbaren und gefrorenen Polarmeeren und Gletschern, den Küsten und Inseln mit maritimem Klima, der baumlosen Tundra mit Permafrostboden und der Taiga mit großen Koniferwäldern. In Abhängigkeit von der Entfernung zum Meer sind Arktis und Sub-Arktis durch starke annuelle Temperaturunterschiede gekennzeichnet. Die täglichen Temperaturschwankungen während der bis zu 24 Stunden andauernden Dunkelheit bzw. Helligkeit in den winterlichen Polarnächten bzw. an sommerlichen Polartagen sind jedoch gering, wobei die Amplituden im Sommer deutlich höher sind als im Winter. In Tundragebieten liegen typische Tagestemperatur-Mittelwerte im Winter bei -23 °C bis -34 °C, im Sommer werden selten Werte von über 10 °C erreicht. Ozeane haben massiven Einfluss auf die klimatischen Gegebenheiten in arktischen Regionen. Küstengebiete in hohen Breiten wie im Westen Nordamerikas oder in Skandinavien weisen aufgrund von feuchten Meeresströmungen deutlich gemäßigteres Klima auf als in kontinentalen Lagen wie zum Beispiel in Sibirien auf gleichem Breitengrad. (vgl. COOK, 1997, S. 130) Niederschlag fällt während des ganzen Jahres, am meisten jedoch im Sommer. Durch die sommerliche Erwärmung der Landmassen und aufsteigende Luft kommt es zu konvektiven Niederschlägen. Die Niederschläge im Winter fallen größtenteils als Schnee. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2012, S. 46)

Klimatische Gebäudeadaption

Die adäquate Bauweise in extrem kalten Klimaregionen wird durch die Eigenschaften von *Iglus* (oder *Igluviga*) der Inuit in Alaska, Nordkanada und Grönland verdeutlicht. (vgl. COOK, 1997, S. 130) *Iglus* sind durch ihre kompakte, kuppelförmige Gebäudegeometrie für Temperaturbedingungen unterhalb des Gefrierpunktes ausgelegt. Ihr Durchmesser beträgt etwa fünf Meter, mehrere Einzelbauwerke können zu Gebäudeverbänden zusammengefasst sein. Die Konstruktion ist aus spiralförmig zu einer Kuppel aufgeschichteten Schnee- und Eisblöcken in Formaten von circa 100 cm * 50 cm * 20 cm gebaut und mit einer zentralen Lüftungsöffnung am Scheitel versehen. Für eine zusätzliche Isolationsschicht kann die Innenseite mit Tierhäuten verkleidet sein. (vgl. BEHLING u. a., 1996, S. 46) *Iglus* weisen zwei Öffnungen auf, wobei eine als Eingang und eine Weitere im Scheitelbereich der Kuppel als Rauchabzug dient und für die Frischluftzirkulation erforderlich ist. Häufig ist dem *Iglu* ein Erschließungstunnel vorgelagert, der circa einen Meter unterhalb des Niveaus des Aufenthaltsraumes angeordnet ist und den kältesten Bereich der Behausung bildet. Die Schlafplätze befinden sich an der höchsten Stelle. Als Wärmequelle kann die Körperwärme von Tieren (zum Beispiel

von Hunden) genutzt werden. (vgl. MITROVITS, 2014, S. 57f) Typische Haupträume bieten Platz für zwei Familien, jede mit ihrer eigenen Schlafplattform und einer seitlichen Lampennische, natürlicher Lichteintrag erfolgt über Eisfenster. (vgl. REINHARDT, 2017, S. 419) Die Raumtemperatur kann aufgrund der hohen Isolierfähigkeit des Schnees bis zu 50 °C über der Umgebungstemperatur liegen, wobei im Inneren fast immer Plusgrade erreicht werden. (vgl. SEIDL, 2012, S. 240) Obwohl das Temperaturniveau innerhalb dieses Wohntypus weit unter dem üblichen Behaglichkeitsniveau liegt, sind in *Iglus* dennoch überlebenssichernde Bedingungen gegeben. Zusätzliche Dämmmöglichkeiten und Gebäudevarianten ergeben sich aus der Kombination von Schnee mit anderen Baumaterialien wie Erde und Holz sowie Zeltaufbauten mit Isolationsschichten aus Tierhäuten. (vgl. COOK, 1997, S. 130f)

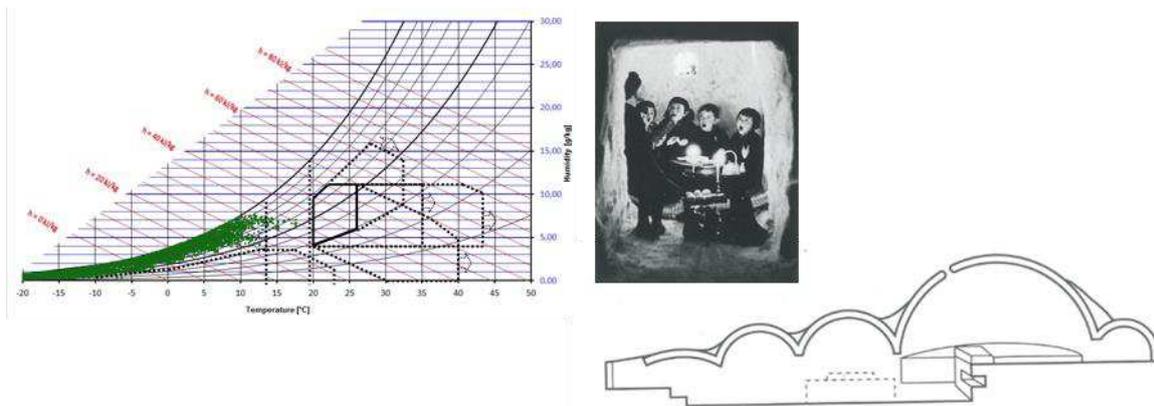


Abbildung 78: h,x Diagramm Hall Beach (Kanada), 68,8 °NB, -81,3 ° Ost, Seehöhe 7 m

Abbildung 79: Überlebenssichernde Innenraumbedingungen in Iglus (Behling, 1996, S. 46)

Abbildung 80: Schnitt durch ein Haus im Stil der Karibu-Inuit in Kanada mit zumindest einer Mittelkammer und einem höher gelegenen Schlafplatz und einem Kochplatz im Eingangsbereich (Reinhardt, 2017, S. 419)

4.2.2 Montanes Klima

Da neben der geographischen Breite auch die Seehöhe und die Geländetopographie klimabestimmende Faktoren sind, können arktische Bedingungen auch in hoch gelegenen Gebieten auf niedrigen Breiten und damit sogar in Äquatornähe vorherrschend sein. Mikroklimatische Unterschiede werden durch die Komplexität der Landschaft bestimmt. Dabei sind Standorte in Gebirgsregionen vorwiegend durch häufigen Niederschlag und saisonales Schneevorkommen gekennzeichnet.

Klimatische Gebäudeadaption

Aufgrund von Überflutungsgefahren, aus Tallagen abströmender Kaltluft bzw. hoher Windstärken werden Wohngebiete tendenziell weder im Talboden noch im Bereich von Gebirgskämmen errichtet. Die bevorzugten Siedlungslagen sind sonnige und windgeschützte Hangbereiche. Mehrgeschossige Gebäudeformen und die Vereinigung von Wirtschafts- und Wohnbereichen unter einem Dach sind eine Reaktion auf die klimatischen Erfordernisse und Geländebeziehungen in schnee- und niederschlagsdominierten Regionen. Große Dächer mit weiten Auskragungen halten Schnee von den Fassaden fern, bieten Raum für geschützte Frei- und Arbeitsbereiche sowie Lagermöglichkeiten für Brennholz. Futtereinlagerungen in Heuböden dienen als Wärmeisolatoren. Vertreter dieser prototypischen Gebäudeform finden sich im alpinen Raum ebenso wie in anderen von Gebirgsklima geprägten Kulturen wie zum Beispiel in Nepal. (vgl. COOK, 1997, S. 137) Eine verbreitete Bauweise in den trockenen Gebieten des tibetischen Kulturraums sind Stein- und Stampflehbauten, die um einen Hof gruppiert sind. Sie verfügen über wenige Öffnungen, dicke Wände (üblicherweise 45 cm) und außerdem über terrassierte Dächer, die sich als Trockenplatz für Erntegut und Brennmaterial eignen.

Die Holzfassaden der Häuser der Tamang in den bewaldeten Mittelgebirge Nepals weisen mit Steinen beschwerte Schindeldächer auf. (vgl. SMADJA & TOFFIN, 2017, S. 330)

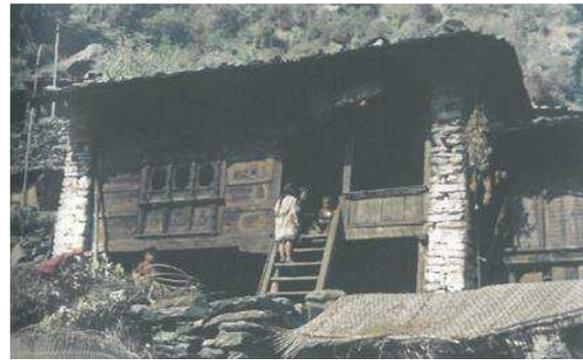
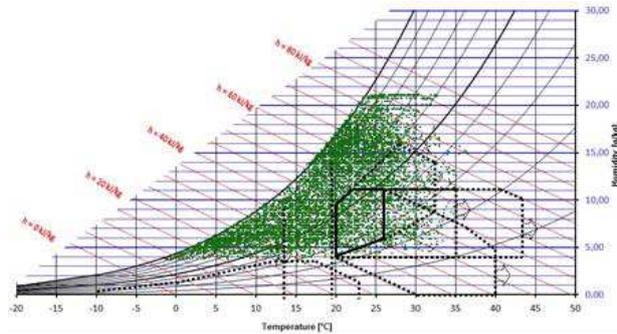


Abbildung 81: h,x Diagramm Kathmandu (Nepal), 27,7 °NB, 85,4 ° Ost, Seehöhe 1337 m

Abbildung 82: Gebäude der Tamang in den nepalesischen Mittelgebirgen (Smadja & Toffin, 2017, S. 333)

4.2.3 Kontinentales Klima

Kontinentales Klima bestimmt die großen, meeresfernen Ebenen in mittleren Breiten Asiens, Nord- und Südamerikas, Australiens und Teilen des südlichen Afrikas. Die Gebiete liegen in mittelfeuchten bis mitteltrockenen bzw. subtropischen bis subarktischen Zonen, und sind durch hohe Temperaturunterschiede, starke Winde, Niederschlagswerte unter 500 mm/m² und generell trockene Luft gekennzeichnet. Sowohl Winter als auch Sommer dauern vergleichsweise lang, Frühling und Herbst sind entsprechend kurz. Die Unterschiede zwischen den Monatsmitteltemperaturen sind kennzeichnend für das Maß der Kontinentalität, wobei die Temperaturspannen in Nord- und Zentralasien deutlich größer sind als in Kontinentalgebieten auf der Südhalbkugel. (vgl. COOK, 1997, S. 131)

Klimatische Gebäudeadaption

Vor allem die Winter bestimmen die traditionellen Bauweisen in kontinentalen Lagen, wobei dem Windschutz eine wesentliche Bedeutung zukommt. Die Adaption an die klimatischen Rahmenbedingungen erfolgt durch die Standortwahl in windgeschütztem Gelände wie Schluchten, Tallagen und in Windschatten von bewaldeten Hügeln. Die Bewohner der Great Plains den Trockengebieten Nordamerikas östlich der Rocky Mountains errichteten aerodynamisch Gebäude mit geringer Windangriffsfläche und winddichter Hülle bzw. in die Erde abgesenkte Konstruktionen. *Tipi*, von nordamerikanischen Nomaden errichtete, konische Gebäude aus Holzstangen und Büffel- bzw. Bisonhaut, sind gegen die vorherrschenden Winde luv-seitig aufgestellt, die Eingangsbereiche liegen im windabgewandten Bereich. Durch justierbare Rauchklappen kann die Innenraumbelüftung und -entlüftung an die vorherrschende Wettersituation angepasst werden. (vgl. COOK, 1997, S. 131f)

Neben einer Gebäudehülle aus Büffel- bzw. Bisonhaut, die in aufwändigen Gerb- und Trocknungsprozessen hergestellt wird, kommen im Sommer Matten aus Schilf, Rohrkolben oder Sumpfgras als Gebäudedeckung zum Einsatz. Die Wahl der Deckschicht erfolgt hinsichtlich der jeweils vordringlichen Anforderungen an Durchlüftung, Feuchteisolation und Wärmedämmung. (vgl. MITROVITS, 2014, S. 71f) Da der Transport der Konstruktionselemente zunächst mit Hunden erfolgte, war aufgrund der beschränkten Zugkraft der Tiere auch die Größe der *Tipis* beschränkt. Seit ab dem 16. Jahrhundert aus Europa eingeführte Pferde in Nordamerika verfügbar sind, können größere Konstruktionselemente transportiert und Gebäude von sechs bis acht Metern Höhe und einem Durchmesser von bis zu sieben Metern errichtet werden. (vgl. LEHNER, 2018, S. 2)

Europäische Siedler der Great Plains errichteten Gebäude aus verdichteter Erde, und schufen damit vergleichsweise luftdichte Konstruktionen mit hoher thermischer Speichermasse in windigen Regionen mit hohen Temperaturunterschieden.

In Asien lebten bis in die 1980er Jahre über 100 Millionen Menschen in Erd- bzw. Höhlenbauten, 30 Millionen davon in in Löss-Plateaus eingegrabenen Erdwohnungen. (vgl. COOK, 1997, S. 131f) In der chinesischen Provinz Henan sind unterirdisch angelegte Wohnungen um eine quadratische, bis zu 500 m² große und zwischen sieben und neun Meter tiefe Grube in das Erdreich eingearbeitet. Die Erschließung erfolgt über L-förmige Treppenläufe, Licht wird über den Innenhof eingetragen. Rudofsky beschreibt die Wohnungen als rein und frei von Ungeziefer, warm im Winter und kühl im Sommer. (vgl. RUDOFSKY u. a., 1989, Abb. 18)

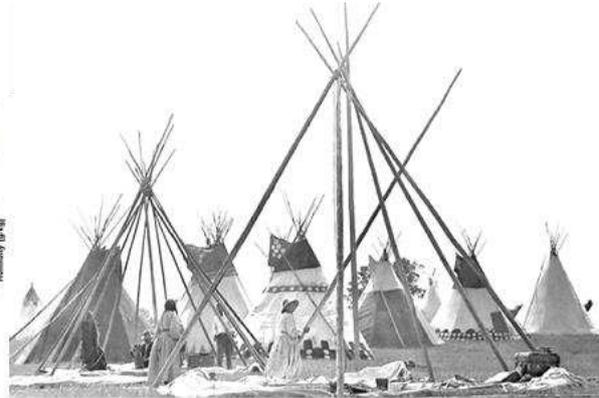
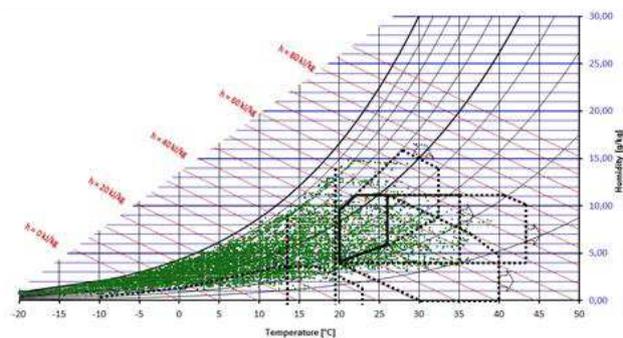


Abbildung 83: h,x Diagramm Helena (Montana, USA), 46,6 °NB, -112,0 ° Ost, Seehöhe 1187 m

Abbildung 84: Errichtung von Tipis der Blackfoot in Montana (Lehner, 2018)

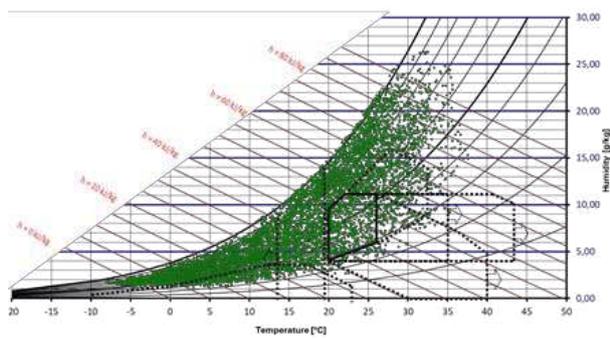


Abbildung 85: h,x Diagramm Zhengzhou (Henan, China), 34,7 °NB, 113,7 ° Ost, Seehöhe 110 m

Abbildung 86: Erdwohnungen in Tongguan, Henan (Rudovsky, 1989, S. 16)

4.2.4 Maritimes Klima

Als maritim werden feuchte Klimata an den Küstenlinien der Ozeane zwischen dem 40. und 60. Breitengrad wie etwa die nordwestliche und nordöstliche Küste der Vereinigten Staaten und Kanadas, küstennahe Regionen in Chile und Neuseeland sowie der Südosten Australiens und Japans beschrieben. Sie weisen kurze, kühle Sommer und kurze, milde Winter ohne durchgehende Schneebedeckung auf, verlaufen jedoch meist nicht frostfrei. Die monatlichen Temperaturmittelwerte zeigen nur geringe Schwankungen. In maritimen Regionen West- und Zentraleuropas können ozeanische Windströmungen und Feuchtigkeit meist aus West und Nordwest bis weit in den Kontinent vordringen. Dies macht das Klima wärmer als in anderen Gegenden ähnlicher geographischer Breite und vergleichbar mit Regionen, die zumindest um zehn Breitengrade näher am Äquator liegen. Der wärmende Einfluss des Atlantiks wird durch das südlich gelegene Mittelmeer aber auch das Schwarze Meer und die Kaspische See verstärkt. In maritimen Regionen gibt es keine Trockenperioden. Nebel, Feuchte und Wolkenbedeckung können ganzjährig, jedoch vorrangig im Winter auftreten. Die wärmsten Monate auf der nördlichen bzw. südlichen Hemisphäre sind August bzw. Februar. (vgl. COOK, 1997, S. 137)

Klimatische Gebäudeadaption

Strategien zur Adaption von Gebäuden an maritime Klimaverhältnisse sind sehr unterschiedlich, fokussieren jedoch vor allem auf den Schutz vor Feuchtigkeit. Es zeigen sich Konstruktionsparallelen in Bezug auf die Dachneigungen oder die Verwendung von Stroh und Schilf als Deckmaterial. Durch die Errichtung von großen, gedämmten Dächern und die Minimierung der Fassadenflächen können Wärmeverluste reduziert und die Vorteile eines zentralen Ofens zur Beheizung des gesamten Hauses genutzt werden. Sowohl in Europa als auch in anderen Regionen werden neben weichen Deckmaterialien auch Schiefer, Terrakottaziegel und andere keramische Baustoffe ohne wärmedämmende Wirkung für die Dachdeckung verwendet. Die Orientierung der Gebäude und kleine, unterteilte Fensterkonstruktionen ist unter anderem eine Reaktion auf die vorherrschenden Winde. Größere Fenster werden in höheren geographischen Breiten wie in Skandinavien verwendet, um das geringe Lichtangebot eines vielfach bedeckten Himmels zu kompensieren. Die Errichtung von ausladenden Veranden und Vordächer an Gebäuden im Südosten Australiens oder in Neuseeland ist möglicherweise von der Bautradition der Maori bzw. jener der Haida an der kanadischen Westküste abgeleitet, wo lokal verfügbare und widerstandsfähige Hölzer wie Rote Zeder für exponierte Bauteile verwendet werden. (vgl. COOK, 1997, S. 133f)

Nach ihrer Einwanderung in Neuseeland waren die von den tropischen Cook-Inseln stammenden Maori mit Klimabedingungen konfrontiert, die eine Veränderung ihrer Konstruktionsmethoden erforderten. Hohe, leichte und an innertropische Regionen angepasste Gebäude wurden durch niedrige Bauformen mit erhöhter Thermoisolation ersetzt. Die wesentlichen Eigenschaften der als *Wharepuni* bezeichneten Wohngebäude sind über viele Generationen erhalten geblieben. Sie weisen eine rechteckige Grundrissform, dicke Holzwandelemente, eine zentralen Pfosten- bzw. Stützenreihe und einen asymmetrisch positionierten Eingangsbereich an der kürzeren Gebäudeseite auf, dem zumeist eine Veranda vorgelagert ist. Deren giebelseitige Lage stellt eine Besonderheit im Vergleich zu anderen Baukulturen dar. Eine traufseitige Anordnung ist jedoch aufgrund der zum Schutz gegen Wind und Regen weit herabgezogenen Dachflächen nicht möglich. (vgl. LEHNER, 2016a, S. 53f)

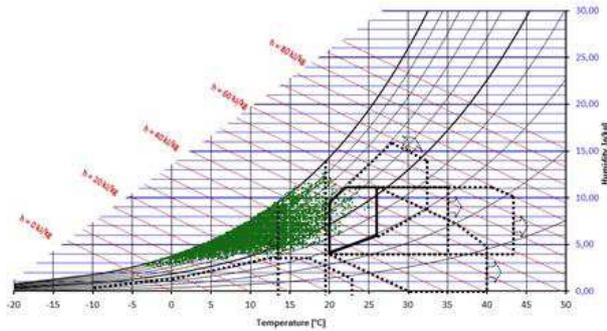


Abbildung 87: h,x Diagramm Invercargill (Neuseeland), -46,4 °NB, 168,3,0 ° Ost, Seehöhe 4 m
Abbildung 88: Neuseeländisches Wohnhaus eines Maori-Stammesführers (Brown, 2018, S. 410)

4.2.5 Mediterranes Klima

Im Mittelmeerraum erstreckt sich mediterranes Klima zwischen dem 30. nördlichen Breitengrad an der libyschen Küste und dem 45. nördlichen Breitengrad an der oberen Adria. Obwohl dieser Bereich nach der Region um das Mittelmeer benannt ist, sind mediterrane Klimaverhältnisse auch südlich des Schwarzen und des Kaspischen Meeres vorherrschend, ebenso auf Höhe der genannten Breitengrade an den Westküsten aller Kontinente wie in Teilen Kaliforniens, Chiles, Südafrikas und im Westen bzw. Südwesten Australiens. Das Klima ist gemäßigt und weist zwei ausgeprägte Jahreszeiten auf: sonnige, trockene und warme Sommer sowie milde und feuchte Winter, in denen die Temperaturen selten unter den Gefrierpunkt fallen. Die besondere Meer-Land-Konstellation mit dem Mittelmeer als großem Temperaturstabilisator inmitten einer Landmasse auf Höhe mittlerer Breiten ist weltweit einzigartig. In Kombination mit schroffen Landformationen und Gebirgsbegrenzungen allen voran den Alpen entstehen spezielle Mesoklimata und Windsysteme, die in verschiedenen Regionen unterschiedlich bezeichnet werden: der heiße trockene, aus der Sahara kommende *Scirocco*, die kalten Nordwinde *Mistral* in Zentral- und Südfrankreich und *Bora* in Griechenland bzw. am Balkan. Die klimatischen Verhältnisse Nordafrikas wechseln landeinwärts sehr rasch vom mediterranen zum Wüstenklima. (vgl. COOK, 1997, S. 134)

Klimatische Gebäudeadaption

Aufgrund seiner Temperatur- und Feuchteparameter bietet mediterranes Klima günstige bauklimatische Rahmenbedingungen, bei denen allerdings die Sommerhitze zu berücksichtigen ist. Schattenspendende Bauelemente haben daher in vielfältigen Erscheinungsformen eine lange Tradition. Arkaden und Veranden und verschattende Wandelgänge sind geeignet, ein komfortables Mikroklima zu erzeugen, das von der heißen Umgebung in kühlere und dunklere Innenräume überleitet. Mit Hilfe von Speichermassen können Temperaturschwankungen wirksam ausgeglichen werden. (vgl. BEHLING u. a., 1996, S. 56) Loggias, Balkone, Außentreppe, Terrassen sowie selbstverschattende Gebäudeanordnungen ermöglichen und erleichtern den Aufenthalt im Freien. Der Gepflogenheit der nachmittäglichen Siesta wird durch Fensterläden und Verblendungen entgegengekommen. Sie stellen Bauelemente dar, die auch in den benachbarten Wüstengebieten anzutreffen sind. (vgl. COOK, 1997, S. 134) Bautypologien vernakulärer Architektur des Mittelmeerraumes sind unter anderem aufgrund der regional geringen Waldvorkommnisse vielfach in Steinbauweise errichtet. Dies ermöglicht sehr stabile und konstante thermische Innenraumbedingungen, die im Sommer vorteilhaft sind, im Winter jedoch Heizungen erfordern.

Typen von Bauernhäusern im italienischen Apulien, die sogenannten *Trulli*, sind aus ringförmigen Steinschichten gebaut, die in einer flachen Kegelkuppel enden und von einem Schlussstein gekrönt sind.

Vielfach sind sie in Gebäudegruppen zusammengefasst. (vgl. KOEPF & BINDING, 2005, S. 483) Das Raumklima im Inneren wird durch die dicken Mauern aus mörtellos geschichteten Steinblöcken, in die kleine Nebenräume (Alkoven), Nischen und eine Feuerstätte für die Küche eingelassen sind, reguliert. Als archaische Hausform einer frühen, steinzeitlichen Zivilisation sind *Trulli* mit den balearischen *Talaytos*, den sardinischen *Nuraghi* und den *Sesi* in Pantelleria verwandt. (vgl. RUDOLFSKY u. a., 1989, S. 49) Der Ursprung der *Trulli* wird in Mesopotamien und Kreta vermutet, wo sie um 1500 v. Chr. entstanden sein dürften. Unklar ist, wann sie in Apulien aufkamen. In Alberobello findet sich eine aus mehr als 1000 Gebäuden bestehende Ortschaft, die seit 1996 den Status einer UNESCO Weltkulturerbestätte trägt. (vgl. SEIDL, 2012, S. 515) Die maximalen Innenraumtemperaturen liegen um etwa 4 °C unter den äußeren Temperaturhöchstwerten. Bei Außentemperaturschwankungen von 10 °C liegt die Schwankungsbreite im Innenraum bei circa 4 °C. Weiße Gebäudeoberflächen reflektieren die einfallende solare Strahlung und wirken der Sommerhitze entgegen, gleichzeitig begünstigen sie die Lichtverteilung im Gebäudeinneren, wodurch Fensterflächen klein gehalten werden können. Auch aus hygienischen Gründen sind die weiß gekalkten Oberflächen von Vorteil, und tragen dazu bei, Wasser für Putzzwecke einzusparen. (vgl. COOK, 1997, S. 134)

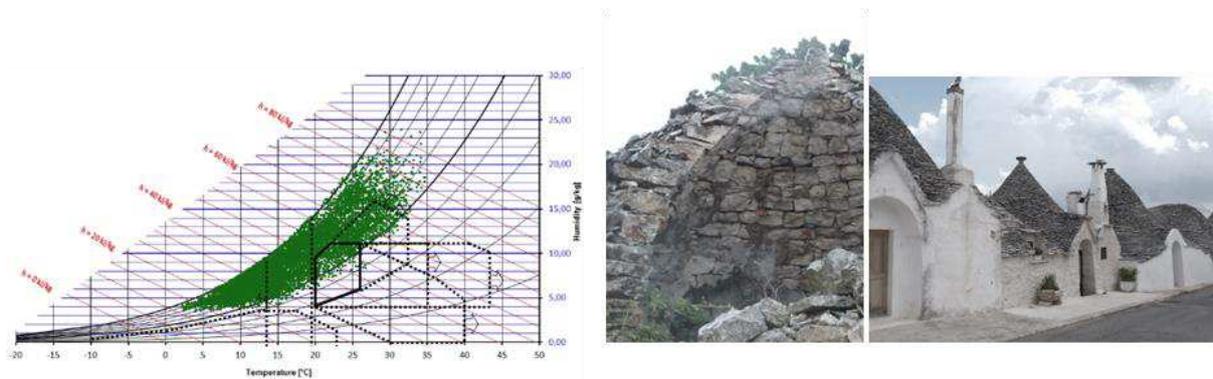


Abbildung 89: h,x Diagramm Brindisi (Italien), 40,7 °NB, 18,0 ° Ost, Seehöhe 10 m

Abbildung 90: Steinmuerwerkskonstruktion eines (eingestürzten, verlassenen) Trullis

Abbildung 91: Trullis in Alberobello, Apulien

4.2.6 Subtropisches Klima

Subtropische Klimagebiete liegen in etwa zwischen 25 Grad und 38 Grad nördlicher und südlicher Breite an den Ost- bzw. Südostseiten der Kontinente. Die südlichen Bundesstaaten der USA am Golf von Mexiko, Teile Brasiliens und Argentiniens, die Ostküste von Queensland in Australien, weite Teile des Südostens von China sowie Hochplateaus in Äquatornähe oberhalb von 900 m – 1200 m Seehöhe wie die Regionen um Addis Abeba, Nairobi, Bogota und Mexico City sind von subtropischem Klima geprägt. In subtropisch-feuchten Gebieten erreichen die durchschnittlichen Monatstemperaturen im Sommer Werte um 25 °C bzw. liegen im Winter kaum unterhalb von 10 °C. Aufgrund der hohen Luftfeuchtigkeit sind die täglichen Temperaturschwankungen vergleichsweise gering. Die jährlichen Windgeschwindigkeiten sind zwar niedrig, jedoch können Stürme wie Hurricans oder Taifune von der Karibischen See oder vom Chinesischen Meer her auftreten. (vgl. COOK, 1997, S. 137) In Abhängigkeit von der geographischen Breite, der Entfernung zum Meer und der Seehöhe kann subtropisches Klima unterschiedliche Ausprägungen annehmen. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2012, S. 32) In Küstennähe und an den Luvseiten von Gebirgen treten Regenwälder auf, abnehmende Niederschläge lassen Feucht- oder Lorbeerwälder und weiter im Landesinneren laubabwerfende Monsun- oder Trockenwälder entstehen. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2012, S. 78)

Klimatische Gebäudeadaptation

Gebäude in den Subtropen sind auf kurze Winter und auf mögliche Hitzeperioden abgestimmt, daher sind sowohl beheizbare als auch ausreichend belüftbare Räume notwendig. Mit Pufferzonen zwischen Innen- und Außenraum und beweglichen Trennwänden kann auf die vorherrschenden warmen und feuchten Luftverhältnisse in den Sommermonaten durch die Lenkung von Luftströmen reagiert werden. Stroh- und bambus-verstärkte Lehmwände tragen zur Wärmedämmung bei. Aufgrund der hohen Solarstrahlung und des hohen Wasserdampfgehaltes der Luft kann im Sommer Blendung auftreten. Dachüberstände, Veranden und verschließbare Läden mit kleinen Öffnungen an sonnenzugewandten Gebäudeseiten können dem entgegenwirken. Geringe Raumtiefen, große Raumhöhen und Öffnungen begünstigen Luftbewegung und Querlüftung, und sind ein Charakteristikum der Holzhäuser in Charleston (South Carolina) oder der schmalen und langgestreckten *Shotgun Houses* in New Orleans im Südosten der USA. Häufig auftretende Feuchtigkeit und Kondensation erfordern offene, belüftbare Bauten aber auch leichte bewegliche Möbel zur Vermeidung von Schimmel- und Algenbildung. (vgl. COOK, 1997, S. 138)

Shotgun Houses wurden im 19. Jahrhundert von Amerikanern afrikanischer Abstammung entwickelt. Ihr Baukörper besteht aus einer schmalen Holzrahmenkonstruktion, deren Breite jener eines einzigen Raumes entspricht. Die Räume sind hintereinander angeordnet, Fenster auf beiden Traufseiten begünstigen die Querlüftung. Die Gebäude haben hoch liegende Decken und überdachte Veranden, die bei allen Wetterlagen genutzt werden. (vgl. READ & MARENCO, 2017, S. 307)

Neben der Nutzung von Luftströmen kann Kühlung auch durch Verdunstung von Regenwasser zum Beispiel auf strohgedeckten Dächern erfolgen oder durch das Abheben der Fußböden von der feuchten Erdoberfläche. Der dabei entstehende Zwischenraum ist durch Ventilation trocken zu halten. Die Temperatur an der Oberseite des Fußbodens wird durch den Strahlungsaustausch mit der Erdoberfläche gesenkt. Die Unterseite des Fußbodens ist also kühler als die Oberseite. (vgl. BEHLING u. a., 1996, S. 58f) In tropischen und äquatornahen Hochländern mit höherer solarer Ein- und Abstrahlung als in küstennahen Gebieten werden auch Erde und Stein als Konstruktionsmaterial zur thermischen Nutzung von Speichermasse eingesetzt. (vgl. COOK, 1997, S. 138)

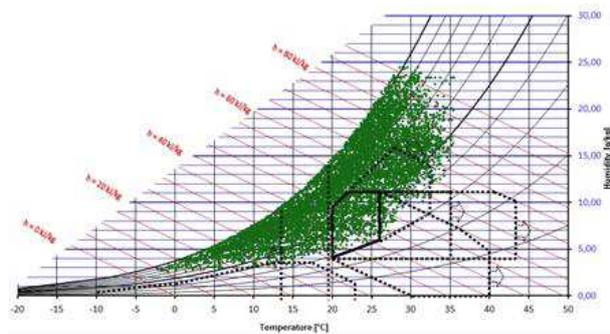


Abbildung 92: h,x Diagramm New Orleans (Louisiana, USA), 30 °NB, -90,3 ° Ost, Seehöhe 1 m

Abbildung 93: Shotgun house in Louisiana (Read & Marengo, 2017, S. 306)

4.2.7 Monsunklima

Monsune sind saisonal wiederkehrende oder anhaltende, richtungsstabile Winde mit einer jährlich zweimaligen Umkehr der Hauptwindrichtung, die speziell in Südasien in der Nähe großer Landmassen und auf Höhe der Wendekreise verortet sind. Monsune des indischen Subkontinents sind Südostpassate, die beim Überschreiten des Äquators unter der Wirkung der auf der Nordhalbkugel rechtsdrehenden Corioliskraft zu Südwestwinden werden. Im Winter dagegen wehen die Passate, unterstützt vom

asiatischen Festlandhoch, aus Nordosten, sodass ein jahreszeitlich wechselndes Windsystem entstehen kann. (vgl. HÄCKEL, 2012, S. 308) Monsunklimata sind warm bzw. heiß und weisen zwei, manchmal drei ausgeprägte Jahreszeiten auf. Der überwiegende Teil des Jahres ist trocken. Die bis zu vier Monate dauernde Monsun-Periode jedoch ist warm und feucht und von täglichen, manchmal schweren Niederschlägen von bis zu 38 Liter pro Stunde [sic!] gekennzeichnet. Neben Indien weisen auch Südostasien, Teile Vietnams, Kambodscha, Thailand, Burma, der Süden Brasiliens, Venezuela, Teile Mexikos und die Karibik Klimata auf, die von trockenen und feuchten Perioden und wiederkehrenden Winden geprägt sind. In Afrika treten Monsun-Klimata auf Höhen des 3. bis 18. Breitengrades beiderseits des Äquators auf. (vgl. COOK, 1997, S. 135)

Klimatische Gebäudeadaption

Die stark kontrastierten Ausprägungen der Jahreszeiten erfordern flexible Gebäudeeigenschaften und -funktionen. Schirmartige Dächer auf lehm- bzw. mit Ziegeln ausgefachten Holzkonstruktionen, kleine Öffnungen und eingeschnittene Balkone und Loggien sind typische Architekturmerkmale in Monsungebieten. Bewegliche Bauelemente erlauben die individuelle Steuerung von Lüftung und solaren Strahlungseinträgen. Veranden dienen sowohl als sonnen- als auch als regengeschützte Außenbereiche. Ein charakteristischer Gebäudetyp für heiße Monsunregionen ist der Bungalow mit seinem erhöhten Fußbodenniveau, den charakteristischen Vorbauten, Veranden und Dachüberständen und der Möglichkeit zur konvektiven Kühlung, die von der Walm- bzw. Giebeldachform unterstützt wird. (vgl. COOK, 1997, S. 136) In Indien und Sri Lanka wurde der Bungalow ab dem späten 18. Jahrhundert durch die britische Kolonialherrschaft eingeführt. Davor wurden Elemente europäischer Architektur wie zum Beispiel Säulen, Bögen, Fensterläden und Veranden durch Kolonialmächte aus Portugal und den Niederlanden in die traditionelle Architektur integriert. (vgl. WANASUNDERA, 2017, S. 118)

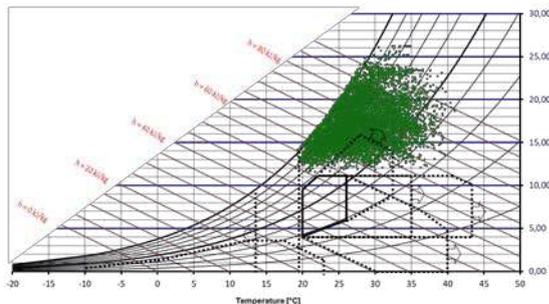


Abbildung 94: h,x Diagramm Chennai bzw. Tamil Nadu (Indien), 13,0 °NB, 70,2 ° Ost, Seehöhe 10 m

Abbildung 95: Bungalow-artiges Gebäude in Vijijawada, Provinz Andhra Pradesh

Abbildung 96: Durch westliche Kolonialmächte beeinflusste Bungalow-Bauform mit Walmdach und Veranda in Bergregion von Sri Lanka (Wanasundera, 2017, S. 118)

4.2.8 Tropisches Klima

Tropisches Klima ist in Lagen von 0 Grad bis 10 Grad nördlicher und südlicher Breite in den Dschungel- und Regenwaldgebieten der Karibik, Zentralamerikas, Guyanas, Amazoniens, Äquatorialafrikas, Neu Guineas, Indonesiens und Malaysias, Südindiens und küstennahen Gebieten Südostasiens verortet. In Küstengebieten Brasiliens und Madagaskars sowie auf Inseln können tropische Gebiete auch in höheren Breiten bis zu den Wendekreisen vorherrschend sein. Die mittleren Monatstemperaturen liegen ganzjährig über 18 °C, Tagesspitzenwerte erreichen 27 °C bis 32 °C. Bei hohen Niederschlagswerten von jährlich 1250 mm/m² bis 1800 mm/m², in vielen Gebieten bis zu 5000

mm/m² variiert die Luftfeuchtigkeit zwischen 55 % und 100 %. Das Zusammenwirken von Temperatur, die die Hautoberflächentemperatur zwar nur selten übersteigt, und Feuchtigkeit kann von nicht akklimatisierten Personen als unangenehm schwül und belastend empfunden werden. (vgl. COOK, 1997, S. 139)

Klimatische Gebäudeadaption

Schutz vor Niederschlägen und hoher Sonneneinstrahlung sowie die Begünstigung von natürlicher Lüftung sind wesentliche Gebäudeanforderungen in tropischen Regionen. Aufgrund der geringen Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht ist der Einsatz von Speichermassen wenig sinnvoll, daher sind offene Skelettkonstruktionen aus lokal verfügbaren, leichten und organischen Materialien typisch. Öffnungen in der Gebäudehülle bzw. der völlige Verzicht auf Wände begünstigt die Durchlüftung von Innenräumen. In Baumhäusern werden Luftbewegungen in der Höhe zur Ventilation genutzt. Siedlungen in Wassernähe aber auch Hausboote profitieren von der geringen Temperaturabstrahlung der Umgebung. Zum Schutz vor Überflutungen, Feuchtigkeit und Parasiten sind Gebäude vielfach vom Boden abgehoben. (vgl. COOK, 1997, S. 139)

Die zentralen Konstruktionselemente von *Fale Tele*, einem für Samoa typischen, steil aufragenden, kuppelförmigen Bautypus, bestehen üblicherweise aus drei vertikalen Hauptsäulen im Zentrum der Gebäude. (vgl. LEHNER, 2016a, S. 44f) Die Dachdeckung erfolgt aus sich reihenweise überlappenden Palmblättern. Der Verzicht auf Zwischenwände gewährleistet eine permanente Durchlüftung des Innenraumes. (vgl. MITROVITS, 2014, S. 105) Durch die Errichtung von Plattformen ist das Fußbodenniveau gegenüber der Umgebung erhöht, wodurch die komplexen Holzkonstruktionen permanent vor Spritzwasser geschützt sind. (vgl. LEHNER, 2016a, S. 44f) Auch die großen, weitauftragenden Satteldächer der Häuser der Batak im Norden Summatras sind auf Ventilation ausgereicht. Die Dachdeckung erfolgt traditionellerweise mit Binsen. (vgl. BEHLING u. a., 1996, S. 60) Der bauklimatische Vorteil dieser Deckungsart wird im Vergleich mit modernen, zinkgedeckten Dächern offensichtlich. Im Gegensatz zur dämmenden Wirkung des natürlichen Baustoffes erhitzt sich dieses Material unter den tropischen Bedingungen sehr schnell und gibt Wärme an den Innenraum ab. (vgl. MITTERECKER, 2016, S. 21f)

Die Hauptdächer von *Rumah Ibu* eines traditionellen malayischen Gebäudetyps sind vergleichsweise steil ausgebildet, wodurch Regenwasser schnell abgeleitet werden kann. Die flacheren Seiten- bzw. Traufenelemente sind dazu geeignet, Wasser in weiter Entfernung von den Gebäudewänden abzuleiten. Die Kombination aus flacherer und steilerer Dachneigung begünstigt zudem die Luftkonvektion im Innenraum. (vgl. COOK, 1997, S. 139)

Ähnliche Dachkonstruktionen finden sich auch in der Wohnhausarchitektur Zentraljavas in Indonesien. Durch das Zusammenwirken von hoch aufragenden und flachgeneigten Dachelementen werden interne Luftbewegungen sowie Schutz vor Regen und steil auftreffender Solarstrahlung begünstigt.

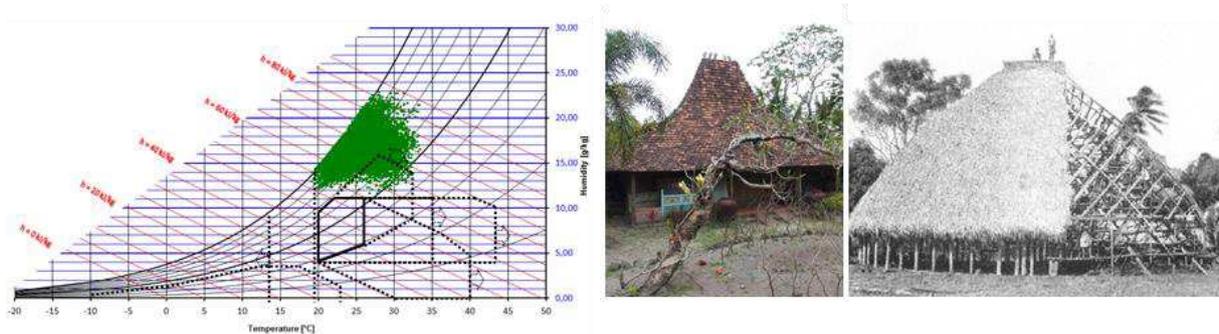


Abbildung 97: h,x Diagramm Djakarta (Indonesien), $-6,3^{\circ}\text{NB}$, $106,9^{\circ}\text{Ost}$, Seehöhe 30 m

Abbildung 98: Wohnhaus bei Yogyakarta in Indonesien

Abbildung 99: Fale Tele auf Samoa (Lehner, 2018 nach Krämer)

4.2.9 Steppen- und Wüstenklima

Wüstenklimata unterscheiden sich voneinander je nach Breitengrad, Höhenlage, Meeres- und Gebirgsnähe zum Teil erheblich, vor allem aufgrund der Ausprägungen von Sommer und Winter, den tagesbezogenen Temperaturamplituden, dem Feuchtegehalt der Luft und der Niederschlagshäufigkeit. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2012, S. 110f) Die großen heißen oder tropischen Wüsten wie die Sahara, die Arabische Wüste, die Sonora Wüste im Westen Mexikos und Teilen Arizonas, die Thar Wüste im Westen Indiens, die Kalahariwüste im Südwesten Afrikas sowie innerkontinentale Lagen Australiens liegen in Hochdruckgebieten zwischen dem 15. und 30. Breitengrad und oft im Regenschatten von Gebirgen. Sie bedecken circa 20 % der Erdoberfläche, und weisen eine Jahresmitteltemperatur von etwa 18°C auf. Seltene maritime Wüstenvarianten wie das Gebiet um Jeddah, Karachi, Kuwait oder die Küste von Peru sind aufgrund ihrer Meeresnähe durch hohe Luftfeuchtigkeit charakterisiert. Wüsten wie das Great Basin in Nevada, die Patagonische Wüste in Südamerika, Turekstan im Osten der Kaspischen See sowie die Wüsten Gobi und Taklamakan in Zentralasien mit ihren weltweit größten Jahres-Temperaturspannen sind auf mittleren Breiten und in kontinentalen Lagen gelegen, und treten ebenfalls im Regenschatten von Gebirgen auf. Im Sommer überschreiten die Tagestemperaturen vielfach Werte von 43°C , gleichzeitig liegen die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht im Bereich von $16,5^{\circ}\text{C}$ bis $27,5^{\circ}\text{C}$, wobei in den heißesten Wüstengebieten im Winter auch Frost vorherreschen kann. Die Werte für Niederschläge sind mit maximal 250 mm/m^2 pro Jahr sehr gering oder tendieren regional gegen Null. Langanhaltenden Trockenperioden können aufgrund der geringen Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens oder der fehlenden Vegetation Überschwemmungen folgen, zudem weisen alle Wüsten unberechenbare Windphänomene auf. (vgl. COOK, 1997, S. 132)

Klimatische Gebäudeadaption

Mit schweren Bauweisen und Konstruktionen aus Erde oder Stein kann großen Temperaturextrema zwischen Tag und Nacht entgegengewirkt werden. Die Wandstärken müssen dabei mind. 25 cm betragen, um die Phasenverschiebung der Temperaturabgabe nutzen zu können. Gewölbekonstruktionen begünstigen die nächtliche Wärmeabgabe aufgrund des Größenunterschiedes zwischen ihrer Innenseite und der größeren, himmelsexponierten Außenoberfläche. (vgl. COOK, 1997, S. 132f) Auch bei Höhlenformationen wirkt die Masse von Stein und Fels temperatur-stabilisierend wie zum Beispiel für die 600 dichtgedrängten Wohnungen in Mena Verde in Colorado. Wie zahlreiche weitere in Klippenabhängigen integrierte Siedlungen sind sie südorientiert. Dadurch werden tiefer im Höhleninneren gelegene Bereiche im Winter vom Sonnenlicht erreicht und im Sommer abgeschattet. (vgl. LEHNER, 2016a, S. 152)

Bei entsprechenden klimatischen Verhältnissen können vorherrschende Winde zur Gebäudekühlung genutzt werden. In pakistanischen Haiderabad werden von April bis Juni Außentemperaturniveaus von bis zu 50 °C erreicht. Gleichzeitig sind Winde aus zumeist gleicher Richtung vorherrschend. Diese werden mit Hilfe von Dachvorrichtungen zur Windumleitung, den sogenannten *Badgiren*, zwecks Kühlung in die Innenräume geführt. (vgl. RUDOFISKY u. a., 1989, S. 114) Insbesondere für die Gebäudegestaltung in maritimen Wüstengebieten wie an der Westküste der Arabischen Halbinsel ist die Anpassung der Gebäudegeometrie an den Sonnenverlauf, die Ausrichtung der Gebäudeöffnungen an die Hauptwindrichtungen bei gleichzeitiger Abschottung gegen intensive direkte Solarstrahlung sowie die permanente Durchlüftung der Innenräume zum Abtransport der inneren Wärme- und Feuchtigkeitseinträge von vordringlicher Bedeutung. (vgl. JÄGER-KLEIN u. a., 2015b, S. 353) Durch die Anordnung von Höfen und Baukörpern mit selbstverschattenden Geometrien können Temperaturunterschiede in ein und demselben Haus hervorgerufen werden, die eine tageszeitenabhängige Nutzung unterschiedlicher Raumbereiche sinnvoll macht. (vgl. COOK, 1997, S. 132f) Ornamenthafte Paneele und auskragende Elemente, wie die sogenannten *Mashrabiyya* der islamischen Architektur mit ihren Gitterfenstern, dienen der Raumverschattung, und bieten Blendschutz gegen die hohe Himmelshelligkeit. (vgl. COOK, 1997, S. 132f)

Das lebensfeindliche Wüstenklima und spärliche Nahrungsquellen zwingen die Menschen, als Nomaden zu leben. Transportable Zelte ermöglichen es dann, tagsüber vor Hitze und nachts vor Kälte Schutz zu finden. (vgl. BEHLING u. a., 1996, S. 67) Wüstengebiete in mittleren Breiten wie die Wüste Gobi erfordern Anpassungsstrategien, die mit jenen in arktischen Regionen vergleichbar sind. Daher sind transportable Konstruktionen und wind-abhaltende, aerodynamische Gebäudeformen sowie die Nutzung von Fellen auf einfachen Rahmenkonstruktionen als Dämmmaterial gebräuchlich. (vgl. COOK, 1997, S. 132f) In Anatolien, Zentralasien und in der Mongolei prägt ein Filz- oder Gitterzelt die Wohnform von Hirtennomaden, das als *Jurte* bezeichnet wird. Theorien zur Entstehungsgeschichte des auch *Ger* oder *Esgii Ger* (rundes Zelt) genannten Gebäudes zufolge geht sein Ursprung auf traditionelle Wohngruben bzw. Zeltkonstruktionen von Rentierzüchtern Sibiriens zurück. (vgl. BIRTALAN, 2017, S. 296) Die Jurte besteht aus einem gekreuzten, zusammenklappbaren Holzgitterrahmen, der einen Strebekranz als Dachkonstruktion trägt. In Dachmitte befindet sich ein horizontal gelagertes Rad, das zur Stabilisierung der Konstruktion und als Rauchabschluss dient. Eine schafwollene und mit Gurten befestigte Filzdecke, die den gesamten Rahmen überzieht, sowie eine Gras- oder Filzteppichpolsterung bilden die Isolierung. (vgl. SEIDL, 2012, S. 575) Eingang und Rauchabzug stellen die einzigen Öffnungen der Behausung dar, und ermöglichen die Durchlüftung des Innenraumes. Die mehrlagige Deck- bzw. Dämmschicht wird zur Imprägnierung regelmäßig mit Fett behandelt. (vgl. MITROVITS, 2014, S. 89) Eine typische *Jurte* hat einen Durchmesser von circa fünf Metern. (vgl. BEHLING u. a., 1996, S. 49) Industriell gefertigte Bausätze, die einem Durchmesser von etwa sechs Metern aufweisen, sind heute je nach Ausstattung um 400 € bis 450 € erwerbbar, ihr Aufbau kann innerhalb von 45 Minuten erfolgen. (vgl. LEHNER, 2018)

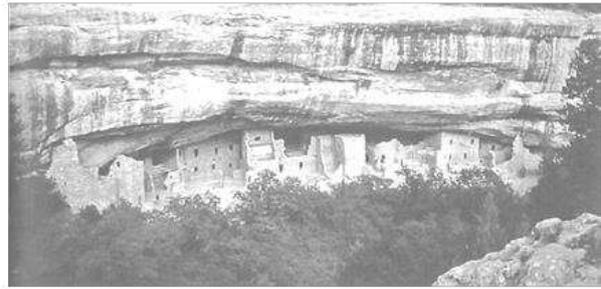
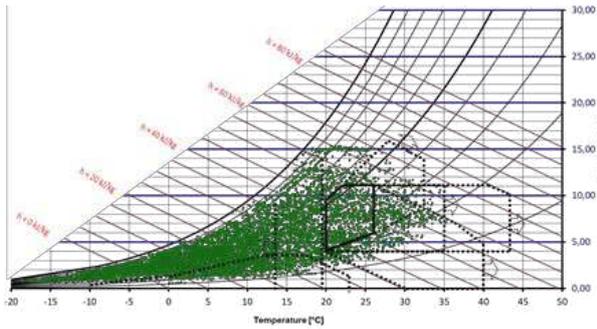


Abbildung 100: h,x Diagramm Colorado Springs (USA), 38,8 °NB, -104,7 ° Ost, Seehöhe 1890 m
 Abbildung 101: Spruce Tree House in Mesa Verde, Colorado (Lehner, 2016, S. 153)

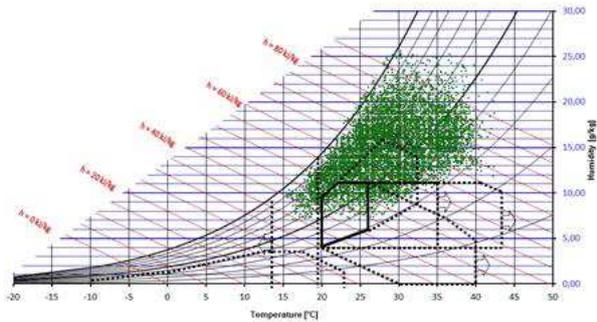


Abbildung 102: h,x Diagramm Jeddah (Saudi Arabien), 21,7 °NB, 39,2 ° Ost, Seehöhe 4 m
 Abbildung 103: Dachlandschaft vom Nasif House Richtung Nawar House in Jeddah (Jäger-Klein, 2015)
 Abbildung 104: Qabel House in Jeddah (Jäger-Klein, 2015)

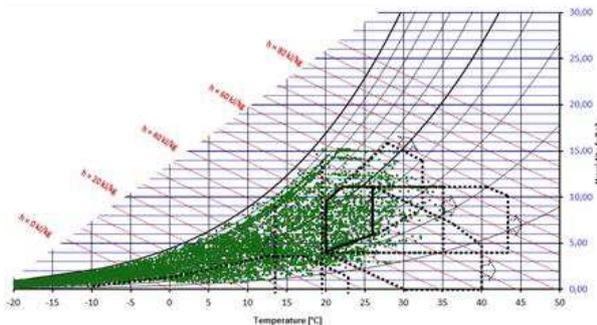


Abbildung 105: h,x Diagramm Ulan Bator (Mongolei), 47,9 °NB, 106,8 ° Ost, Seehöhe 1264 m
 Abbildung 106: Aufgebaute Jurtenkonstruktion (Behling, 1996, S. 49)
 Abbildung 107: Aufbau von Teilen eines Ger durch ein Team der Technischen Universität Wien in der mongolischen Steppe (Lehner, 2018)

5 Vernakuläre, rurale Architektur in Österreich

Für die Erkundung der kulturellen Leistungen der Bevölkerung einer bestimmten Region und zeitlichen Epoche bildet der bäuerliche Baubestand einen wichtigen Forschungsrahmen. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 2) Im Umfeld dieser meist anonymen Architektur liegt das großteils theorieferne und erfahrungsbasierte Wissen des bauenden Menschen. Um diese Bestände an baurelevantem Know-how für den architektonischen Diskurs zugänglich zu machen, ist die Bauforschung unter anderem auf Erkenntnisse der Sozialanthropologie angewiesen. (vgl. ROESLER, 2013, S. 18) Im folgenden Kapitel werden Haupttypen von Haus- bzw. Gehöftformen aus unterschiedlichen Regionen Österreichs vorgestellt. Als theoretische Basis für die Untersuchungen und Vergleiche der bauklimatischen und bauphysikalischen Eigenschaften ausgewählter Fallbeispiele werden grundlegende Angaben zu geometrischen Baukörpereigenschaften, räumlichen Organisationsformen, Konstruktions- und Bauweisen sowie zur thermischen Raumkonditionierung und Raumbelichtung vernakulärer Gebäude aus ethnologischen und bautechnischen Quellen aufbereitet.

5.1 Bautypologien

Als Gehöft wird die in übersehbarer Entfernung befindliche Gesamtheit der Baulichkeiten eines bäuerlichen Anwesens einschließlich der eventuell vorhandenen Verbindungswege und Hofräume verstanden. Der Begriff umfasst demnach eine Bandbreite, die von einem Einzelgebäude ausgehend über verschiedene Übergangsstufen bis zur weilerartigen Ansammlung von Baulichkeiten eines bäuerlichen Betriebes reichen kann. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 3) Der Gehöftbegriff beschreibt, in welcher Weise die einzelnen Gebäude vor allem Wohnhaus, Stall, Scheune und Schuppen in Zusammenhang stehen. Der Terminus Hausform bezieht sich hingegen auf die unterschiedlichen Ausformungen des Wohnhauses. Im Lauf der Jahrhunderte haben sich unterschiedliche, flächenmäßig abgegrenzte Gebiete von Gehöft- und Hausformen mit auffallend gleichbleibenden Merkmalen herausgebildet. Diese Regionen werden als Hauslandschaften bezeichnet, und sind vor allem während des Siedlungsbaus im Früh- und Hochmittelalter entstanden. (vgl. SCHMIDT, 1973, S. 7f) Die Benennung von Gehöftformen soll jedoch vor allem nach geometrischen Gesichtspunkten erfolgen und geographische Zusätze nur zur Verdeutlichung von regional begrenzten Unterschieden verwendet werden. (vgl. DIMT, 2009, S. 11f)

5.1.1 Einteilung von Gehöftformen

Üblicherweise erfolgt die Unterteilung von Gehöften nach ihrer Grundrissanlage bzw. der funktionellen Raumgliederung der Hauptgebäude aber auch nach Dachform und Baumaterial. Unterschieden wird dabei vor allem nach folgenden Gesichtspunkten:

Anzahl der Hauptgebäude; Gehöfte können aus einem einzigen, aus zwei oder mehreren Gebäuden bzw. mehreren Gebäudetrakten bestehen. Unterschieden wird demnach in Ein-, Zwie-, Haufen- und Mehrseithöfe.

Anordnung der Gehöfteile nach Geschoßebenen; Gehöfte können als ebenerdige Anlagen oder Stockwerksbauten ausgebildet sein.

Umrissform der Gesamtanlage; Ein Gehöft kann zu einer einzigen Grundrissform zusammengeschlossen sein, es kann aus jeweils für sich selbst stehenden Bauten oder aus mehreren, in Winkeln aneinandergefügten, einen Innenhof umschließenden Gebäudetrakten bestehen.

Abstand bzw. Verbindung der Gebäude; Zwischen den beiden Extremen des aufgelockerten Haufenhofes und des verdichteten Einhofes liegen die partielle, vertikale Raumkonzentration beim Paar- bzw. Zwohof und die verschiedenen Stufen des horizontalen Zusammenschlusses bei den

Mehrseithöfen. So wird zum Beispiel der geregelte Mehrbauhof in sogenannte Seiter oder Kanter eingeteilt.

Regelmäßigkeit der Anlage; Die Regelmäßigkeit bezieht sich im Wesentlichen auf den Hofinnenraum und auf durchlaufende oder rückspringende Wandfluchten.

Funktionale Zuordnungen; Die funktionale Gliederung von Wohn- und Wirtschaftsteil ist vor allem bei der Differenzierung von Einhofformen, Hakenhofbildungen sowie bei der Raumzuordnung innerhalb von Mehrseithofformen von Bedeutung.

Art der Verbindungswege; Die Art der Verbindungswege steht oftmals in engem Zusammenhang mit der Hausbreite, und wird vor allem bezüglich der Unterscheidung von Einhof und Streckhof zum entscheidenden Kriterium.

Art der Aufschließung; Die Eingänge von Wohn- und Wirtschaftsbereichen können je nach Gehöfttyp unterschiedlich gestaltet sein. So wird der Wohntrakt bzw. Flurraum des Vierkanters unmittelbar von außen betreten, jener des nach der Umrissform ähnlichen Oststeirischen Vierseithofes über einen Hofinnenraum. Der Tennenraum kann bei freier Gehöftlage in der Regel von außen befahren werden, bei den ostösterreichischen Hakenhöfen und in Dorfverbänden erfolgt die Zufahrt ursprünglich über die Vorderseite durch ein großes Einfahrtstor und einen schmalen Hofraum. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 77ff)

5.1.2 Haupttypen der Gehöftformen

Die Anlage von Gehöften erfolgte nie ungeordnet oder zufällig, sondern in Abstimmung mit betriebsökonomischen Erfordernisse. Davon ausgehend entwickelte sich eine Vielzahl an Varianten und Mischformen, die im Lauf der Zeit, von der frühmittelalterlichen Erstkolonisation bis zum 19. Jahrhundert in unterschiedlichen Siedlungsformen zu finden sind. Die Zahl der Gehöftformen erreicht im 18. und 19. Jahrhundert nicht nur einen Höhepunkt, sondern auch eine beträchtliche Regelmäßigkeit. (vgl. DIMT, 2009, S. 12)

Haufenhofformen

Der Begriff Haufenhof, auch als Streubau, Streuhof oder Gruppenhof bezeichnet, umschreibt eine Gehöftform mit weitgehend baulich getrennten Funktionen des Landwirtschaftsbetriebes, bestehend aus verhältnismäßig kleinen und für sich selbst stehenden Gebäuden. Diese sind um ein freistehendes, meist traufseitig erschlossenes Wohnhaus und oft ohne erkennbar gleichbleibendes Prinzip angeordnet. Die Art der Gebäudeansammlung folgt unterschiedlichen Lagegegebenheiten wie den Gelände-, Klima-, Wirtschafts-, Arbeits- und Wegeverhältnissen. Die Trennung der Funktionen der Einzelgebäude erfolgt nicht nur bezüglich des Stall-, Scheunen- und Tennenraumes, auch einzelne Viehgattungen sind mitunter in selbständigen Stallungen untergebracht. Dazu kommen, Wagenschuppen, Most- und Krautkeller, Presshaus, Getreidespeicher, Holz- und Strehütten sowie Baulichkeiten der Hauswirtschaft wie Backofen, Dörrhaus, Waschhütte und Auszugshaus. Eine derartige Anlage besteht aus bis zu zehn Einzelobjekten, und gleicht einer Weileranlage. Der Haufenhof wird als sehr alte Gehöftform angesehen. Ursprünglich in ganz Europa angesiedelt ist er heute in Teilen Nordeuropas, am Balkan und im Alpenraum vor allem in Kärnten und der Steiermark vertreten. Angesiedelt in holzreichen Gegenden und in oft entlegenen Seitentälern ist die Hofform im Verschwinden begriffen. Die Gründe dafür liegen im hohen Materialaufwand bei der Errichtung, der Wetteranfälligkeit und den Bau- und Erhaltungskosten. Insgesamt wird der Haufenhof als Frühzustand einer zur Verdichtung tendierenden Anlageform angesehen. Durch die Ausbildung von Stallscheunen gehen in weiten Teilen des inneralpinen Raumes aus Haufenhöfen Paarhöfe hervor. Andere Entwicklungsrichtungen führen zur Bildung von Mehrseithöfen, wobei verstreut liegende Gebäude zusammengerrückt werden und Hofräume bilden. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 87–90)

Paar- bzw. Zwiehofformen

Der Paarhof wird durch die größte mögliche Konzentration einerseits der Wohn- und andererseits der Wirtschaftsräume zu je einem großen Hauptgebäude bestimmt. Unabhängig davon können noch weitere kleine Bauten von untergeordneter Bedeutung hinzutreten. Bei idealtypischen Ausprägung stehen einander zwei zweigeschoßige und in ihrem äußeren Erscheinungsbild nach Größe, Umrissform, Firsthöhe, Dachneigung und Dachform weitgehend gleichartige Baukörper firstparallel und in einer Giebelflucht gegenüber: die Stallscheune bzw. das Futterhaus und das Wohnspeicher- bzw. Feuerhaus. Wird der Paarhofbegriff etwas weiter gefasst, ergeben sich insgesamt drei Haupttypen, die in der Ebene von der Siedlungsart und den Verkehrszügen beeinflusst wird, und in Hanglagen von der Aufschließung des Scheunenraumes abhängig ist, die unter Ausnutzung des Geländes von der Bergseite erfolgt. Bei Nebeneinanderstellung sind beide Baukörper firstparallel mit ihrer talwärts gerichteten Giebelseite in einer Fluchtlinie oder von dieser etwas vor- und rückspringend angeordnet. Je nach Abstand der Gebäude zueinander wird ein mehr oder weniger geräumiger Hof gebildet. Dieser kann von ausladenden Dächern überdeckt oder mit einem überdachten Erschließungsweg zwischen dem Flur des Wohnhauses im Obergeschoß und dem Futterhaus überbrückt sein. Bei Hintereinanderstellung sind Wohnhaus und Wirtschaftsgebäude in einer Firstlinie angeordnet. Dieser Anlagentypus wird vor allem in dicht verbauten Dörfern aus Gründen der Raumersparnis angewendet. Bei Querstellung sind beide Hauptgebäude im rechten Winkel zueinander angeordnet. Der Paarhof vereint die Vorteile von Anpassungsfähigkeit an steiles Gelände, räumlicher Verdichtung und Funktionalität. Mit seiner auf Viehzucht ausgerichteten Bewirtschaftung stellt er eine spezifisch alpine Gehöftform dar. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 83ff) Gemeinsam mit dem Haufenhof bildet er die Grundformen im Siedlungsbereich der Kleinweiler- und der Einödhöfe. (vgl. DIMT, 2009, S. 16)

Abbildung 108: Grundriss eines Paarhofes mit Haufenhofcharakter in Gafrenz (Dimt, 2009, S. 18)

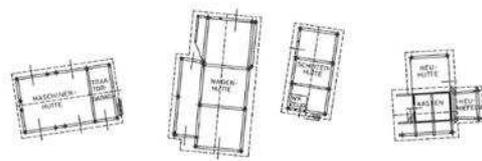
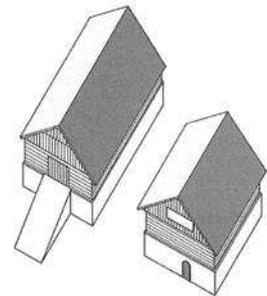
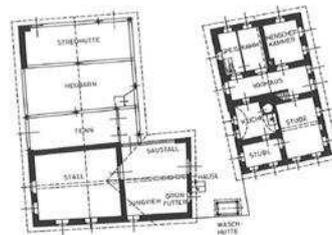


Abbildung 109: Axonometrie eines Paarhofes mit zweigeschoßigem Wohngebäude und zweigeschoßiger Stallscheune (Dimt, 2009, S. 16)



Eine Sonderform des Paar- bzw. Zwiehofes ist der der Kärntner Ringhof, dessen Wohnteil aus einem freistehenden Haus mit integriertem Getreidespeicher besteht. Der Wirtschaftstrakt wird aus einem sogenannten Blockstadel, bestehend aus zwei parallel nebeneinanderstehenden und um einen abgeschlossenen Viehhof angeordneten Stallscheunen, gebildet. Die Blockstadel sind stets so in das Gelände integriert, dass ihre Obergeschoße durch Hocheinfahrten erreichbar sind. (vgl. SCHICKHOFER u. a., 1985, S. 28) Die Zuordnung zu Zwiehofformen erfolgt aufgrund der Trennung in Wohn- und Wirtschaftsbereich, gleichzeitig ist eine formale Beziehung zu anderen Gehöftformen vor allem zum Haufenhof und zu alpinen Mehrseithofformen gegeben. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 86f)

Mehrseithofformen

Unter dem Begriff Mehrseithof werden Gehöftformen zusammengefasst, bei denen ein Innenhof von den Hauptgebäuden ein und desselben Betriebes mehr oder weniger geschlossen und regelmäßig umstellt wird. Mehrseithöfe gehören im Wesentlichen dem außeralpinen Bereich an. Durch die wirtschaftliche Ausrichtung auf Ackerbau gewinnt der Scheunenbau an Bedeutung, der ein

selbständiges und häufig großvolumiges Gebäude darstellt, demgegenüber der Stalltrakt deutlich zurücktritt. Je nach der Zahl der Winkel zueinanderstehender Gebäudetrakte, der Art ihrer Verbindungen, der Ausbildung der Wohntrakte und ihrer Stellung im Gebäudeverband weist diese Gehöftgruppe eine Vielfalt an Formvarianten auf. Diese wird zusätzlich erhöht, da Mehrseithöfe auch in gebirgigen Gegenden und damit mit geländebedingen Unregelmäßigkeiten auftreten können. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 90) Je nach Verschmelzung der Gebäudetrakte treten offene und geschlossene Vierendeelhöfe mit einer Reihe von Zwischenstufen in Erscheinung. Diese reichen von einfachen Verbindungen freistehender Baukörper durch Tormauern oder Zäunen wie zum Beispiel beim Innviertler Vierendeelhof, über den partiellen Zusammenschluss zunächst der Wirtschaftstrakte und in weiterer Folge der Wohnbereiche wie beim Hausruckhof, bis zur vollständigen Verschmelzung der Einzelgebäude wie etwa beim Oststeirischen Vierendeelhof. Diese Verschmelzung kann auch im Dachbereich vollzogen werden, wobei die einzelnen Trakte nur mehr aus dem inneren Raumgefüge erkennbar sind, sodass ein Vierkanthof entsteht. Unterschiede zwischen Mehrseithofformen ergeben sich auch in Bezug auf die Geschoßzahl. Bei oberösterreichischen Formen weist zumindest der Wohntrakt, beim Vierkanthof auch die Gesamtanlage Stockwerkbildung auf. Im alpinen und oststeirischen Raum sind die Typen eingeschößig ausgebildet. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 91f)

Der regelmäßige Vierendeel- und Vierkanthof steht am Ende einer Gehöftformentwicklung, die zu Beginn der Neuzeit einsetzt und im 19. Jahrhundert ihren Höhe- und zugleich Endpunkt erreicht. (vgl. DIMT, 2009, S. 32) Vierkanthöfe werden in drei Typen unterteilt; dem Kleinvierkanter, einem mittelgroßen Typus und dem Großvierkanter. Ein Kleinvierkanter weist eine Seitenlänge von unter 30 Metern auf. Er zeigt zwar alle Kriterien eines Vierkanters, doch fehlt ihm zumeist eine einheitlich hohe Firstlinie über allen Gebäudetrakten. Ein mittelgroßer Typus hat eine Seitenlänge zwischen 30 m und 40 m. Seit dem 19. Jahrhundert existieren Großvierkanter mit Seitenlängen von über 40 Metern, einheitlicher Firsthöhe und über allen Trakten ausgebauten Obergeschoßen. (Da die Traktlängen von Vierkantern nicht immer gleich sind, wird auch die Summe zweier ungleicher Seitenlängen als Vergleichsmaß herangezogen. Bei einer Summe unterschiedlicher Seitenlängen von bis zu 60 Metern spricht man von Kleinvierkanter, beim Mitteltyp liegt diese zwischen 60 m und 80 m und bei Großvierkantern bei über 80 Metern.) Wohnhaus und Stadel sind in der Regel an der Vorder- bzw. Rückfront des Gebäudes angeordnet, Stallungen und Schuppen bilden die Seitentrakte. (vgl. PÖTTLER, 2000, S. 6).

Bei Dreiseithöfen umschließen drei eingeschößige Gebäudetrakte einen oftmals langgestreckten Hofraum. In der idealtypischen Ausprägung bilden die Giebel der beiden Paralleltrakte und die sie verbindende Hofmauer mit integriertem Einfahrtstor samt Gekür eine ausgeprägte Schauseite. Kern der Anlage ist der schmale Wohntrakt mit dem in Verlängerung unmittelbar anschließenden Stallraum, an den die Scheune winkelförmig angrenzt. Im Paralleltrakt sind je nach betriebswirtschaftlichen Verhältnissen Schuppen, diverse Kleinviehställe und Speicherräume untergebracht, oder er wird von einer Auszugswohnung eingenommen. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 92f) Dreiseit- bzw. Dreikanthöfe sind vor allem für das hoch- und spätmittelalterliche Rodungsgebiet nördlich der Donau charakteristisch. (vgl. DIMT, 2009, S. 36)

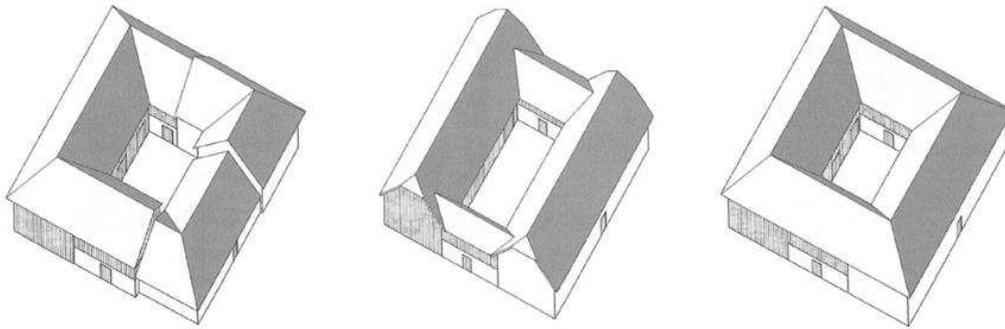


Abbildung 110: Regelmäßiger Vierseithof mit lückenloser Schließung und erkennbarer Zusammenführung einzelner Bautrakte (Dimt, 2009, S. 32)

Abbildung 111: Vierseithof mit ungleich hohen Bautrakten (Dimt, 2009, S. 32)

Abbildung 112: Vierkanthof mit gleich hohen Bautrakten und regelmäßiger Dachlandschaft (Dimt, 2009, S. 32)

Einhofformen

Die in horizontaler und vertikaler Richtung durch innere Verbindungswege und einem einzigen, einheitlich konstruierten Dach zusammengeschlossenen Wohn- und Wirtschaftsräume einer Vollbauernstelle werden als Einhof bezeichnet. Innerhalb dieser Typengruppe ist der Grad der Verschmelzung der Gehöfte jedoch sehr unterschiedlich. Gedrungene Umrissformen zeigen etwa der Flachgauer Einhof oder der Tiroler Mittertennhof, langgestreckte Rechteckformen charakterisieren Gehöfte im Unterinntal oder Mitterpinzgau. Der Wohnteil kann unmittelbar an den Stallraum anschließen, es kann jedoch auch ein als Hof bezeichneter Durchfahrts- oder ein Tennenraum zwischengeschaltet sein, man spricht dann von Mittertennbauten. Wohn und Wirtschaftsteile sind in der Regel unter einem einheitlichen Dach in Richtung des Firstverlaufes hintereinander gereiht. Eine Ausnahme bildet der Tiroler Mittertennhof mit einer Nebeneinanderstellung der Wohn- und Wirtschaftstrakte. Die Aufschließung des Einhofes im Erdgeschoss kann sowohl trauf- als auch giebelseitig erfolgen. Eine besonders günstige Durchgängigkeit des Baukomplexes ist gegeben, wenn die Aufschließung sowohl in Längs- als auch in Querrichtung erfolgt. Bei Sonderformen wie Gebäuden in der Region um Obdach sind Wohn- und Scheunenteil über einem Stalluntergeschoß angeordnet. Stockwerkbauten, bei denen Stall, Wohn- und Scheunenteil in drei Geschoßen übereinanderliegen, finden sich im italienischen und rätomanischen Grenzraum.

Einhofformen setzen einen gleichbleibenden Umfang des Wirtschaftsbetriebes voraus. Bei Vergrößerungen kommt es durch Errichtung von Nebengebäuden oder Anbauten zu Bildung von Haken- und T-Formen und damit zu einer Auflösung der Grundform bzw. zur Entstehung neuer Typen. Die Vorteile eines größtmöglichen Zusammenschlusses der Funktionen und Räume eines Gehöftes und einer größtmöglichen Verminderung der Dach- und Außenwandflächen liegen in der Schutzwirkung vor klimatischen und sonstigen äußeren Einflüssen. Dazu kommen arbeitsökonomische Vorteile hinsichtlich der Ersparnis an Baumaterial. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 80ff)

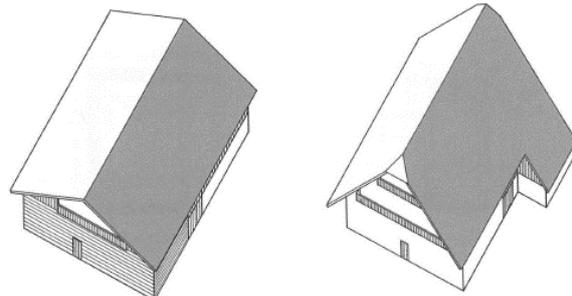


Abbildung 113: Zweigeschoßiger Einhof mit flach geneigtem Satteldach (Dimt, 2009, S. 40)

Abbildung 114: Mittertenn-Einhof mit Steildach (Dimt, 2009, S. 40)

Haken- und Streckhofformen

Das Erscheinungsbild der Dorfanlagen der östlichen und südöstlichen Flachlandschaften wird von Haken- und Streckhofformen geprägt. Die regelmäßigen Parzellengefüge sind bestimmend für die Ausrichtung und Gestaltung der Grundrissanlagen. Daher sind diese Gehöftformen keine für sich zu betrachtenden Einzelobjekte, sondern im Zusammenhang mit einem Dorfverband zu verstehen. Sie sind jedoch auch in abgelegenen Lagen zu finden etwa als Berglerhäuser im südlichen Burgenland oder als Kleinbetriebe im südsteirischen Weinügelland und in Unterkärnten. Ein schmaler, eingeschossiger Wohnstalltrakt, an den Futterkammer und Schuppen angeschlossen sein können, wird giebelseitig zur Straße gestellt. Die Scheune kann im rückwärtigen Teil in Fortsetzung der Firstrichtung oder quer dazu in direktem Anschluss an den Wohnstalltrakt oder freistehend angelegt sein. Auf dieser variablen Stellung der Scheune beruht die Unterscheidung von Haken- und Streckhof. Die zweite Längsseite des Hofraumes wird bereits von der fensterlosen Außenseite des Nachbargehöftes gebildet. Die Straßenseite ist wie beim Dreiseithof mit einer Tormauer abgeschlossen. Der Wohnbereich mit der typischen Abfolge von straßenseitiger vorderen Stube, Vorhaus, Küche und hinteren Stube, Kammern und Speicher sowie die anschließenden Wirtschaftstrakte sind traufseitig über einen den ganzen Baukörper entlanggezogenen Verbindungsgang zugänglich. Dieser kann durch das vorgezogene oder mit Holzständern gestützte Dach als einfache sogenannte *Gred'n* ausgebildet oder arkadenartig mit gemauerten Pfeilern bzw. Säulen und flachen Bögen als *Trett'n* bezeichneter Gang in den Baukörper einbezogen sein. Die Abfolge von Giebeln und Tormauern charakterisiert das Ortsbild von Dorfverbänden. Fallweise bleiben die Höfe zur Straße hin offen, die somit als Hofgasse bezeichnet wird. Beim sogenannten *Zwerchhof* wird anstelle der Tormauer ein hakenförmig (umgangssprachlich: *zwerch-umi*) angeordneter Quertrakt unter Einschluß der Hofeinfahrt und des Giebelfeldes des Haupttraktes eingeführt. Dabei wird die Entstehung einer gemeinsamen First- und Traufenlinie mit den Nachbargehöften angestrebt. Dadurch werden weitere Räume gewonnen, die vor allem für Wohnzwecke verwendet werden. Die eigentlichen Gehöftanlagen sind durch den entstehenden Zusammenschluss der einzelnen Gebäude von außen nicht mehr erkennbar. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 93ff)

Transformationsformen

Streckhöfe, Hakenhöfe, Doppelhaken- und Doppel-T-Höfe sind frühneuzeitliche Rationalisierungsformen des voralpinen Berglandes, die aus Haufenhöfen hervorgegangen sind. Das Charakteristikum des Streckhofes ist die hintereinander gereichte Anordnung der vier Haupttrakte des Bauernhauses unter einem gemeinsamen Dach. Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal zwischen dem pannonischen und dem alpinen Streckhof betrifft den Siedlungsraum: Der Pannonische Streckhof steht auf einer schmalen, riemenförmigen Bauparzelle innerhalb einer Sammelsiedlung, der alpine Streckhof ist ein Einödhof in Streulage. Durch Zubauten entstehen sogenannte *Wiederkehren* und damit Gebäudeteile, die im rechten Winkel zum Haupttrakt angeordnet sind und zur Form des Hakenhofes führen. Durch eine Verschiebung des Mitteltraktes entsteht ein Gehöft, das im Grundriss einem liegenden, gespiegelten T ähnelt, weshalb man auch von einem Doppel-T-Hof spricht. Diese Rationalisierungsform verfügt über kurze Arbeitswege durch eine zentrale, innenliegende Verkehrsachse. Nachteilig ist die Anfälligkeit der aufwändigen Dachlandschaft gegen Wind- und Wetterschäden. (vgl. DIMT, 2009, S. 20f)

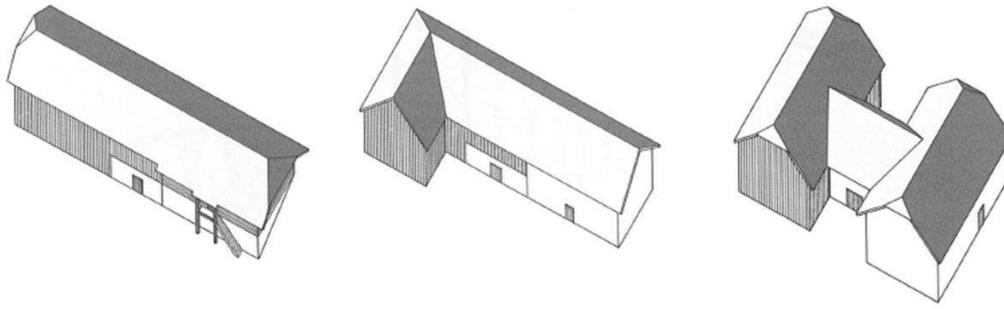


Abbildung 115: Zweigeschoßiger Streckhof (Dimt, 2009, S. 20)

Abbildung 116: Hakenhofbildung durch Zubau einer *Wiederkehr* an den Haupttrakt eines Streckhofes (Dimt, 2009, S. 20)

Abbildung 117: Doppel-T-Hof (Dimt, 2009, S. 20)

Zusammenfassend erlaubt die nachfolgende Tafel Heckel's einen Überblick über die Grundformen der Gebäudeanordnung österreichischer Gehöftsysteme. Dabei wird unter Einfachformen aus Einzelgebäuden, Umbauformen mit umbauten Hofräumen sowie Anbauformen in geschlossenen Dorfsiedlungen unterschieden. (vgl. HECKL, 1950, S. 138)

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Dissertation ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this doctoral thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

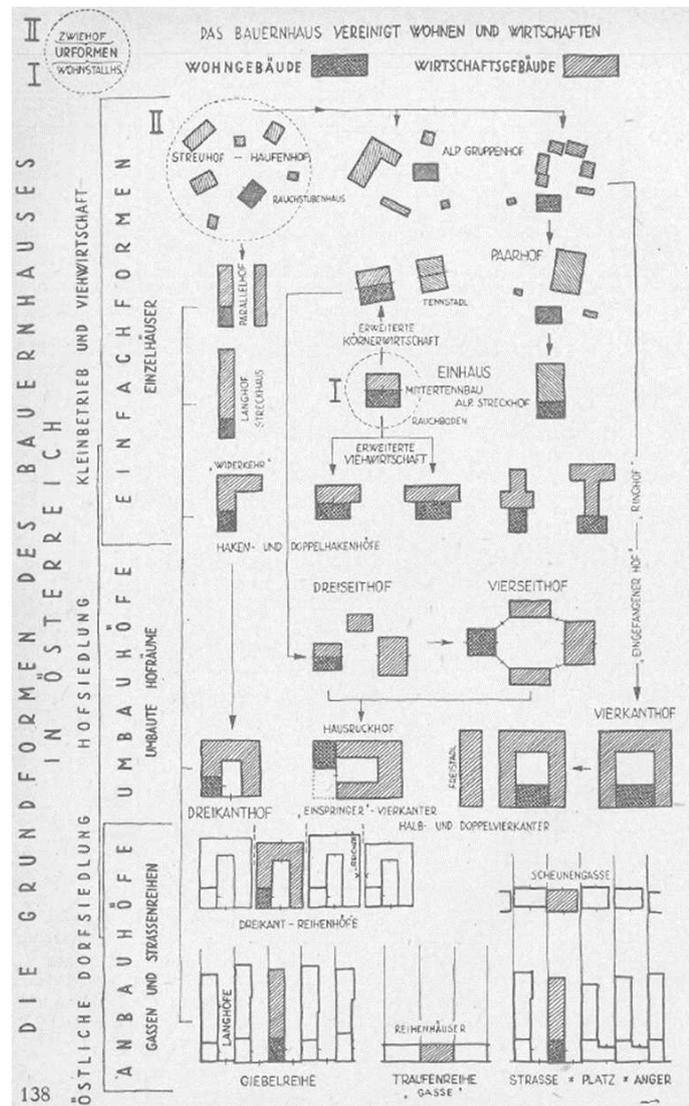


Abbildung 118: Tafel mit Grundformen österreichischer Bauernhäuser (Heckel, 1950, S.138)

5.2 Raumeinheiten

Einzelne Raumfunktionen innerhalb eines Wirtschaftsbetriebes durchdringen einander, gehen ineinander über oder haben mit der Zeit eine Bedeutungszu- oder -abnahme erfahren. Eine klare Zuordnung von Gebäude- und Raumeinheiten zu Wohn- und Wirtschaftsbereichen kann daher nicht immer klar erfolgen. So verloren etwa Bergeräume durch neue Ernte- und Vermarktungsmethoden an Bedeutung, während Unterbringungsräume für Maschinen größere Ausmaße annahmen und neue Raumanforderungen entstanden. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 37)

5.2.1 Wohnbereich - Feuerhaus

Der Raumbereich eines Gehöftes, in dem sich die zentrale Feuerstelle befindet, wird als Wohn- oder Feuerhaus bezeichnet. Dieses kann entweder selbständig auftreten oder mit dem Wirtschaftsteil verbunden sein. Sofern eine gewisse bauliche Selbständigkeit gewahrt bleibt, wird der Wohntrakt auch als Hausstock bezeichnet. Er umfasst Koch- Ess-, Schlaf- und Aufenthaltsräume. Neben Abstell- Speise- bzw. Speicherkammern stellt er zugleich einen Arbeitsraum für die bäuerliche Familie und ihrer Bediensteten dar, deren Schlafstätten sich auch im Wirtschaftstrakt befinden konnten. Altbauern blieben entweder voll in den Räumen des Familienhaushaltes integriert oder erhielten einen eigenen Schlafraum in Nähe der Wohnstube, und nutzten die Hauptwohnräume der Familie. Sie konnten auch eine eigene, meist aus Stube und Küche bestehende Wohneinheit innerhalb des Gehöftverbandes beziehen wie zum Beispiel einen Paralleltrakt eines Dreikant- oder Vierseithofes. Als Altbauernwohnung konnte auch ein Auszugshaus als selbständiger, in geringer Entfernung zum Hauptgebäude und innerhalb des Hofverbandes liegender Bau errichtet sein. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 37)

Lage der Flure

Die Lage der Vorhäuser bzw. Flure ist für die räumliche Gliederung von Haustypen ein wesentliches Charakteristikum vor allem in westösterreichischen Gebieten, wo die Unterteilung in Küchen- und Stubenräume bereits früh erfolgte. Der Flur dient vor allem der Erschließung der Wohnräume, als Arbeits- und Abstellplatz sowie bei entsprechender Geräumigkeit auch als Durchfahrtsraum. Vom Flur aus kann die Beheizung des Stubenraumes erfolgen, in der warmen Jahreszeit kann er als kühler Aufenthalts- und Essraum genutzt werden. Die verschiedenen Bezeichnungen für den Flur deuten auf seine ursprünglichen Funktionen hin: In Teilen Innerösterreichs bildet er als *Laube* oder *Lab`n* einen ursprünglich halboffenen Vorraum und damit keinen Raum im eigentlichen Sinn. In Vorarlberg oder im Flachgau gibt die Bezeichnung als *Haus* oder *Hus* einen deutlichen Hinweis auf seine ursprüngliche Funktion als zentraler Wohnraum mit Herdstelle. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 44) Der Flur diente auch als Sammelstelle für den Rauch der Stube, des Backofens und anderer Heizstellen. (vgl. HABERLANDT & DACHLER, 1906, S. 47) Lage, Funktion und Durchgängigkeit des Flurs bestimmen die Einteilung von Haustypen in die Kategorien Seiten- und Mittelflurhäuser. Erstere sind vor allem für Frühformen sowie kleine Haustypen charakteristisch, und können durch Abteilung eines hinteren Abschnittes zu Eckflurhäuser weiterentwickelt werden. Mittelflurhäuser sind entsprechend geräumiger, und weisen Grundrisse mit getrennten Funktionsbereichen auf.

Beim Flurküchenhaus führt der Hauseingang unmittelbar in die Küche, die zugleich als Zugangsraum für die übrigen Wohnräume genutzt wird und den zentralen Raum des Hauses darstellt. Beim Vorhallenhaus ist der Flur dem eigentlichen Hauptbereich des Hauses vorgelagert, und dient lediglich als Zugang zu den einzelnen Wohnräumen, er besitzt also keine Feuerstelle. Der durchgängige, bei manchen Gehöfttypen auch durchfahrbare Flur ist vor allem in Einzelhofgebieten bzw. lockeren Weilersiedlungen vertreten. Er besitzt beidseitig einen Ein- und Ausgang, der je nach Gehöftform durch

das Haus in den Innenhof oder bei Einhöfen in den Tennenraum, fallweise auch in den Stallraum münden kann. Sogenannte abgeriegelte Flure sind vorwiegend in Gebäuden innerhalb von Dorfsiedlungen und bei Objekten mit geringer Raumtiefe zu finden. Ihre Durchgängigkeit wird von Küchenräumen im hinteren Bereich aufgehoben, die Flure selbst sind zu kurzen Vorhäusern reduziert, die Eingänge liegen meist traufseitig.

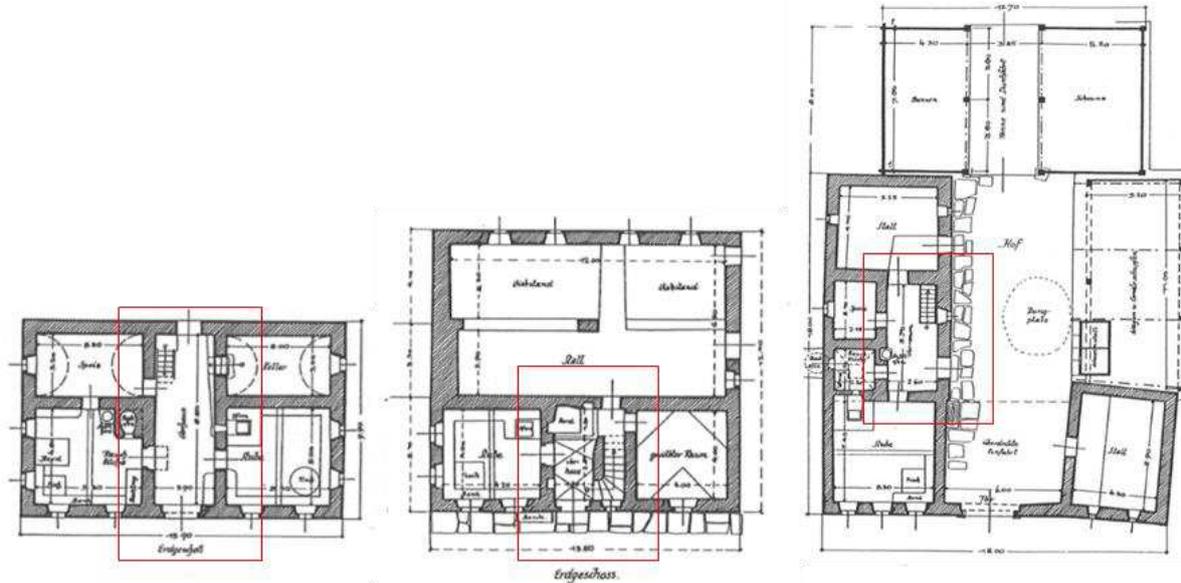


Abbildung 119: Durchgängiges Vorhaus eines Paarhof-Wohntraktes im Bezirk Saalfelden (Klaar, Bauaufnahmen)

Abbildung 120: Flurküche eines Einhofes im Bezirk Hallein (Klaar, Bauaufnahmen)

Abbildung 121: Abgeriegeltes Vorhaus eines Dreiseithofes im Bezirk Weitra (Klaar, Bauaufnahmen)

Durch die Dreiteilung von Küche, Stube und Flur und mit steigenden Raumansprüchen bzw. dem Bedürfnis nach stärkerer Trennung der Wohnfunktionen erhöhte sich die Anzahl der Räume, die ihrer Funktion nach in Wohn- und Schlafkammern, auch als *Stübl* oder *Gaden* bezeichnet, sowie in unbeheizbare Hauswirtschaftskammern eingeteilt werden. Mancherorts wurde auch eine zweite Stube geschaffen, die als Aufbewahrungsort für den wertvollen Familienbesitz und zu Repräsentationszwecken genutzt wurde. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 44ff)

Lage von Feuerstellen

Einzelne Wohnfunktionen konzentrierten sich zunächst in einem Raum, und wurden im Zuge jüngerer Entwicklungen auf mehrere Raumzonen aufgeteilt. Die Raumvermehrung vollzog sich dabei sowohl additiv als auch unterteilend. Vor allem die Art und Lage der Feuerstelle machte ein Gebäude zur Wohnung, und bestimmte dessen Grundrissentwicklung. Feuerstellen dienten gleichermaßen der Speisenzubereitung und Raumerwärmung sowie weiteren spezifischen Funktionen wie dem Backen, Dörren und Räuchern. Fallweise ist auch ihre Nutzung als Schlafstelle und Einrichtung zur Zubereitung von Dampfbädern nachgewiesen. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 38) In sogenannten Rauchhäusern ist eine offene Feuerstelle in einem zweigeschoßigen Herdraum untergebracht. Durch das Fehlen eines Rauchschlotes war ihr Rauch im gesamten Gebäude spürbar, und wurde zur Nachtrocknung und Räucherung von Getreidegarben, die auf Rauchböden über der Feuerstelle gestapelt wurden, genutzt. (vgl. PÖTTLER, 1992b, S. 292)

In Rauchstubenhäusern war die Rauchstube der einzige beheizbare Raum, der als Wohn-, Koch-, Ess- und Schlafraum genutzt wurde. (vgl. PÖTTLER, 2001, S. 28ff) Ihr typenbildendes Merkmal ist eine Feuerstätte mit integriertem Backofen und direkt daran angeschlossenen Herd. Als zentraler, nahezu alle Zwecke des häuslichen Wohnens und Arbeitens erfüllender Wohnraum sowie aufgrund der starken

Rauchentwicklung der Feuerstätte weisen Rauchstuben beachtliche Ausmaße von bis zu 60 m² Bodenfläche und 3 m Höhe auf. Die Grundform des Rauchstubenhauses ist ein nur einzelliges Haus mit Vorraum, der zunächst offen blieb und erst in späterer Zeit durch Vermehrung der Räume in der Hausmitte zu liegen kam. Beim Küchenstubenhaus wird neben dem Herdraum ein eigener, rauchfreier Ofenraum geschaffen, der als Stube bezeichnet wird. Im Gegensatz zur beheizten Stube ist mit dem Begriff Kammer ein Raum ohne Heiz- oder Feuerstelle gemeint. (vgl. MOSER, 1985, S. 114)

Um die Stuben rauchfrei zu halten, wurden Rauchküchen mit reiner Kochfunktion erstellt, indem der Herd entweder in den Flur verlegt oder die Rauchstube unterteilt wurde. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 42f) Bis ins 19. Jahrhundert gab es zum offenen Feuer in der Küche keine Alternative. Erste Schritte das Feuer unter einer Herdplatte zu versenken waren Ende des 18. Jahrhunderts dem wohlhabenden Bürgertum oder exklusiven Großküchen vorbehalten. Spätestens ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts fanden eiserne Herde mit bedeckter Feuerung, die sogenannten Sparherde, Eingang in die bäuerlichen Küchen. (vgl. FLIEGE, 1998, S. 285) Mit ihrem Aufkommen setzte ein räumlicher Umwandlungsprozess in Richtung Sparherdküche oder Wohnküche ein, je nachdem ob der Sparherd in einer ehemaligen Rauchküche oder Rauchstube aufgestellt wurde. Vielfach wurden eigene Ofenstuben geschaffen, die unabhängig von den alten Feuerstätten der Rauchstuben beheizt wurden. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 44)

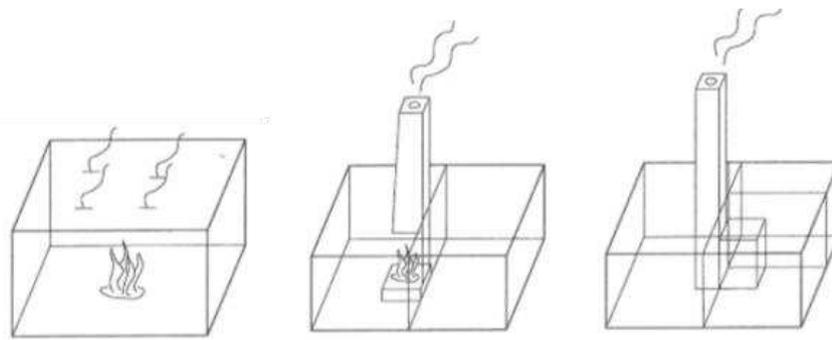


Abbildung 122: Entwicklung der Entrauchung von Wohnräumen: Einraumhaus mit zentraler Feuerstelle, Flurküche mit Feuerstelle und Rauchfang, Flurküche mit Herdplatte und Kamin, Extrabeheizung der angrenzenden Räume (Aicher & Kaufmann, 2015, S. 168)

Heiz- und Kochstellen

Das Feuermachen für Koch- und Heizzwecke war eine unverzichtbare Aktivität des täglichen Lebens. Zudem waren Feuer, brennende Späne und Fackeln wichtige Lichtquellen. (vgl. HAYWARD, 1997, S. 427) Da das Anzünden des Feuers mangels Streichhölzer schwierig war, wurde entzündetes Brennmaterial üblicherweise über Nacht am Glühen gehalten und morgens mit Spänen wieder entfacht. Die Feuerstellen wurden so das ganze Jahr in Betrieb gehalten, jedoch am Karfreitag geräumt und am Karsamstag mit geweihtem Feuer für das kommende Jahr erneut beheizt. (vgl. RAITH, 2016) Je nach Art der Feuerung und der Wärmeabgabe wird zwischen zwei Vorrichtungen unterschieden, die nachfolgend beschrieben werden. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 38)

Herd

Unter dem Begriff Herd versteht man das Feuer, das auf einer offenen, meist mehrseitig zugänglichen Fläche unterhalten wird. (vgl. PÖTTLER, 1978, S. 18) Der Herd diente vorwiegend zum Kochen und als Lichtquelle, jedoch weniger zur Raumbeheizung. Vom Bodenseegebiet ausgehend und mit regional unterschiedlicher Verbreitung entstand ab dem 16. Jahrhundert der Typus des Sparherds, der das letzte Glied der Entwicklung von Kochfeuerstellen darstellt. Mit seinem geschlossenen Feuer,

Aschenkasten, Wasserschaff und Backrohr trägt er zur Brennstoffersparnis bei, und gibt zugleich Eigenwärme ähnlich einem Kachelofen an den umgebenden Raum ab.

Ein wesentlicher Fortschritt besteht in der Rauchfreihaltung des beheizten Wohnraumes, da der Rauch anfangs in die zur Räucherammer umfunktionierte Rauch- oder Schwarze Küche, später durch ein Blechrohr und einen Kamin abgeleitet wurde. Zunächst wurden Sparherde gemauert und mit Kacheln verkleidet, später als Eisenrahmen mit gesetzten Ofenkacheln konstruiert und vielfach mit einem ofenartigen Aufbau versehen. Die jüngste Form stellen transportable und gänzlich aus Eisen hergestellte Sparherde dar. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 38f)

Ofen

Ein Ofen ist ein aus feuerfestem Material errichteter, geschlossener Feuerraum, der Hitze über längere Zeit speichert und nach außen abgibt, wobei je nach Art der Brennholzbeschickung zwischen Vorder- und Hinterladerofen unterschieden wird. (vgl. PÖTTLER, 1978, S. 19) Ein wesentliches Element der Doppelfeuerstätte eines Rauchstubenhauses ist der Backofen. Er ist meist als grobgemauerter Vorderladerofen mit einem davor liegenden, offenen Herd ausgebildet. Die Form dieser Herd-Backofen-Kombination konnte sich im innerösterreichischen Raum vereinzelt bis ins 20. Jahrhundert halten. Im Lauf seiner Entwicklung erhielt der Ofen mehrere regional unterschiedliche Funktionen, die wiederum mehrfach kombiniert sein konnten. Er diente zum Brotbacken, Dörren, Kochen, als Schlafstelle und Trocknungsanlage. Durch Übergießen mit Wasser wurde er zur Dampf- und Schwitzbadaufbereitung verwendet oder auch nur zur Raumheizung genutzt. Manche Funktionen wurden später aus Gründen der Feuersicherheit in abseits vom Wohnhaus gelegene, freistehende Gebäude ausgelagert.

Stubenöfen dienen in erster Linie zur Erwärmung des Wohnraumes und werden als Hinterladeröfen beheizt. Sie sind dort gesetzt, wo Küche und Stube bzw. Flur und Stube Wand an Wand anschließen, und werden demnach von der Küche oder vom Hausgang aus beschickt, wohin sie ihren Rauch auch entlassen. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 39–42) Die Effizienz von Öfen wurde nach und nach optimiert. Neuere Entwicklungen weisen eine verbesserte Luftzirkulation und Rauchfänge auf. Moderne Fliesen sind je nach ihrer Lage am Ofenkörper aus Ton, Steingut oder Schamott geformt. Zudem haben sich gestalterische und Farbpräferenzen mit zumeist grüner, brauner oder blauer Kachel-Farbgebung und Ornamentierungen entwickelt. (vgl. VAREKA, 1997, S. 444) Eine Besonderheit stellen fallweise Öfen in Tirol dar, die aus massivem Mauerwerk errichtet, mit Putz überzogen und gekalkt wurden. (vgl. HAYWARD, 1997, S. 428)

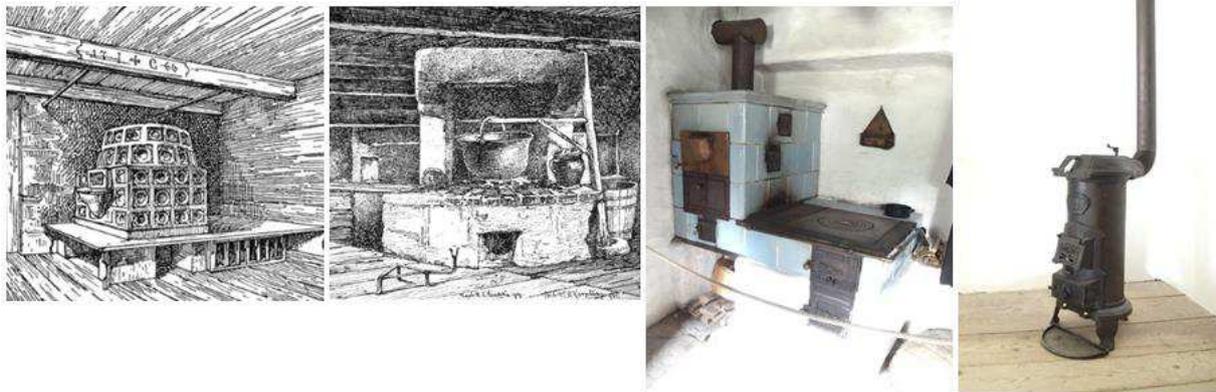


Abbildung 123: Skizze eines Kachelofens in Salzburg (Dachler, 1906, S. 133)

Abbildung 124: Skizze eines Rauchstubenherdes mit Kesselschwinge (Dachler, 1906, S. 126)

Abbildung 125: Gekachelter Sparherd, Freilichtmuseum Großgmain

Abbildung 126: Eiserner Sparherd, Freilichtmuseum Großgmain

Rauchabzug

Die Rauchabzüge von Feuerstätten sind je nach ihrer Anwendung in Rauchstuben, Rauchküchen, Vorhäusern oder bei Sparherden verschiedenartig ausgeführt. Solange der Wohnraum noch keine Geschoßdecke, sondern nur das Gebäudedach selbst über sich hatte, erfolgte die Rauchableitung durch Fugen in der Dachdeckung oder durch Rauchlöcher im Giebelbereich der Außenwand. Abzugsöffnungen, die unmittelbar über der offenen Feuerstelle angebracht waren, bargen die Gefahr des Windeinblasens. Erst die Anordnung eines Vorraumes zur Sammlung des Rauches schaffte dagegen Abhilfe. (vgl. DACHLER, 1906, S. 136ff) Das Bedürfnis nach Sicherheit vor Bränden und Komfort spielte bei der Entwicklung von Feuerschutzvorrichtungen und Rauchabzügen stets eine wichtige Rolle. Um die Rauchentwicklung in einem erträglichen Maß zu halten, nutzte man thermozirkuläre Wirkungen, durch die Luft und damit Rauch in einer beheizten Rauchstube in Bewegung versetzt und Rauchabzug bewirkt werden konnte. Als Schutz gegen Feuerfunken wurde über dem offenen Herd ein baldachinartiger Feuerhut, der als *Rauchhut* oder *Kogel* bezeichnet wird, aus beidseitig mit Lehm bestrichenem Strohgeflecht angebracht. Durch das offene Feuer wurde die Luft über der Feuerstätte rasch erwärmt. Der durch den Feuerhut von Funken befreite Rauch quoll über die Ränder der Schutzvorrichtung hervor, und setzte sich zunächst an der hoch liegenden Decke der Rauchstube ab. Dabei bildete sich im oberen Viertel des Raumes über den Köpfen der Hausbewohner ein so genannter Rauchhimmel. Durch die Tür drängte bodennahe Kaltluft in den Stubenraum, wurde durch das Herdfeuer erwärmt, und stieg aus dem Funkenhut zur Decke auf. Der dort bereits vorhandene Rauch wurde in Richtung Tür abgedrängt. Durch eine Wandluke oberhalb der Türöffnung bzw. durch die geöffnete obere Hälfte des geteilten Türblattes gelangte der bis auf eine Temperatur von etwa 40 °C abgekühlte Rauch über einen hölzernen Trichter im Vorhaus und durch einen Rauchschtot ins Freie. (vgl. PÖTTLER, 2001, S. 34f)

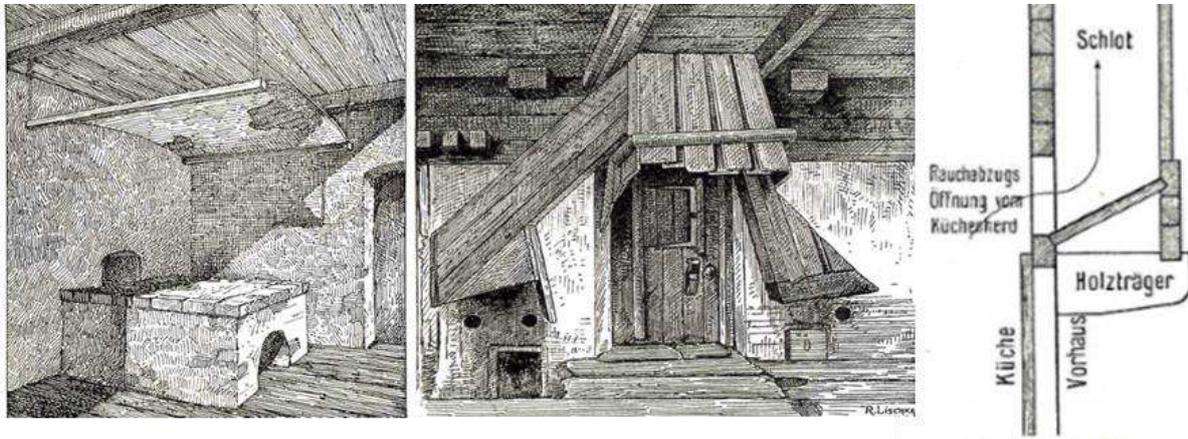


Abbildung 127: Skizze einer Herdstelle mit Feuerhut (Dachler, 1906, S. 123)

Abbildung 128: Skizze von Rauchtrichtern zur Rauchableitung für mehrere Feuerstellen (Dachler, 1906, S. 139)

Abbildung 129: Schnitt durch eine Trennwand zwischen Küche und Vorhaus und einen vertikalen Holzschlot zur Rauchableitung (Dachler, 1906, S. 140)

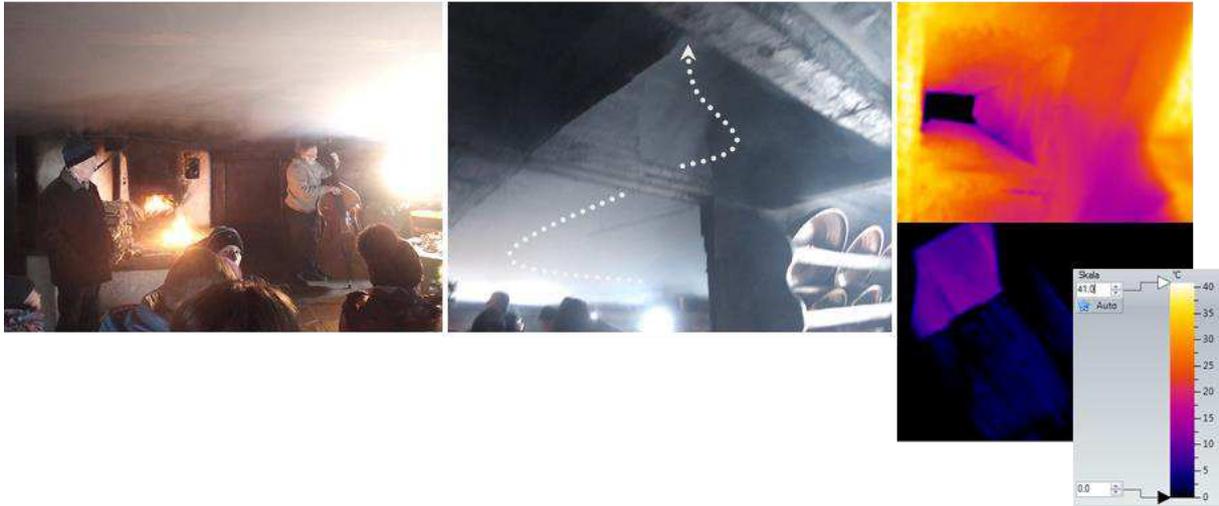


Abbildung 130: Rauchhimmel in einer Rauchstube bei beheizter Doppelfeuerstelle, Freilichtmuseum Stübing

Abbildung 131: Einleitung des abgedrängten Rauches in einer Rauchstube durch eine Tür- bzw. Wandöffnung in einen vertikalen Rauchschtot im Vorhausbereich, Freilichtmuseum Stübing

Abbildung 132: Thermographische Darstellung der inneren Oberflächentemperatur des Rauchschtotes einer beheizten Feuerstelle im Bereich der Raucheinleitung (oben) und Rauchausleitung ins Freie (unten) bei Außentemperaturen um den Gefrierpunkt (Temperaturskala 0 °C bis 41 °C)

Fünf kleinformatige, höhengestaffelte Fenster je Außenwand, von denen drei in einer unteren und zwei in einer oberen Reihe angeordnet sind, sind für die Befensterung von Rauchstuben charakteristisch. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 39–42) Die Vermutung, wonach Rauch über die oberen und mit Schiebebalken verschließbare Fenster, die auch als *Dampflöcher*, *Rauchbalken* oder *Hoachfenster* bezeichnet werden, entweichen würde, wird von Pöttler infrage gestellt. Demnach sollten die Fenster der Rauchstube während des Heizvorganges nicht geöffnet werden, da die von dort einfließende, kalte Luft den Rauch nach unten und damit in Richtung der sich im Raum aufhaltenden Personen drückte. (vgl. PÖTTLER, 2001, S. 34f) Erst nach Einstellung des Heizvorganges sollte der Rauch durch die Rauchabzugsfenster entlassen werden. (vgl. PÖTTLER, 1981a, S. 15)

Abbildung 133: Innenansicht der Fensterwand einer (beheizten) Rauchstube mit höhengestaffelten Fenstern, Freilichtmuseum Stübing

Abbildung 134: Rauchverteilung bei geöffneter, oberer Fensterreihe, Freilichtmuseum Stübing



Mit dem Übergang auf gemauerte Herdräume und Rauchküchen konnte auf den Feuerhut verzichtet werden, vor allem als kaminähnliche, trichterartige Rauchfänge üblich wurden. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 39–42) Eine eigentümliche Art des Rauchabzuges findet sich in zweigeschossigen Gebäuden im salzburger Flachland. Die Abtrennung zwischen Küche und Dachboden erfolgt durch ein einfaches Holzgitter, sodass der in den Dachraum einströmende Rauch das dort eingelagerte Viehfutter durchdringen konnte. Auf diese Weise behandelt wurde dieses angeblich gut von den Tieren angenommen, und soll aufgrund der antiseptischen Eigenschaften des Holzrauches bekömmlich gewesen sein. Zudem wurde der Rauch des Holzfeuers zur Konservierung von Fleisch verwendet, das

offen und an waagrechten Stangen in der Rauchstube oder hoch im Vorhaus bzw. in Bereichen abgehängt war, durch die der Rauch geleitet wurde. (vgl. DACHLER, 1906, S. 136ff)

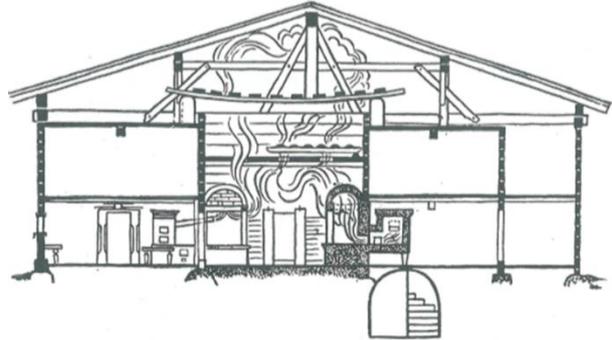


Abbildung 135: Schnitt durch ein Salzburger Rauchhaus; Rauchverwendung zur Nachbehandlung von Nahrungsmitteln oberhalb der Feuerstelle (Pöttler, 1992b, S. 292)

5.2.1 Wirtschaftsbereich - Futterhaus

Stärker als im Wohnhausbau haben bei Wirtschaftsgebäuden mit der ständigen Weiterentwicklung der Produktionsmethoden immer wieder Gebäudeumformungen stattgefunden, die den Gesamtcharakter von Gehöftlandschaften grundlegend verändern konnten. Die drei wichtigsten Gehöftteile der bäuerlichen Wirtschaft bilden Stall, Scheune und Schuppen, wobei je nach Betriebsführung noch weitere Räume und Nebengebäude hinzukommen können. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 52)

Stall

Verschiedene Viehgattungen erfordern nicht nur unterschiedliche Arten der Unterbringung, sondern auch der Betreuung wie Fütterung oder Entmistung. Wenn die Tiere zusammen in einem einzigen Stallgebäude untergebracht sind, werden sie zumindest durch entsprechende Unterabteilungen voneinander getrennt. Die Nähe der Stallabteilungen zum Wohnbereich aber auch die Raumhöhe richtete sich unter anderem nach dem Wert des Tierbestandes, und folgte etwa der Reihenfolge Pferde, Kühe und Schweine, wobei Letztere aufgrund des Geruches in weiterer Entfernung zum Wohnbereich untergebracht waren. (LEHNER, 2016b) Die getrennte Haltung verschiedener Tierarten wurde auch aufgrund unterschiedlicher Wärmeansprüche, Fütterungs- sowie Ein- und Austreibzeiten von Zug- und Jungvieh empfohlen. Bei kleineren Betrieben erweisen sich jedoch geringere Unterteilungen als ökonomisch vorteilhafter. (vgl. HECKL, 1950, S. 153) Stallbauten wurden früh in Mauerbauweise errichtet, da Holz durch den Feuchtegehalt des Stalldunstes und die chemischen Substanzen der tierischen Ausscheidungsprodukte stark angegriffen wurden. Mit der Mauerung erhielten die Ställe vielfach Decken in Gewölbeform, die später durch auf Eisenschienen gelagerte Ziegeldecken und ab Mitte des 20. Jahrhundert durch Stahlbetondecken ersetzt wurden. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 52ff)

Scheune

Die Scheune, die auch als *Stadel*, *Tenn* oder *Rem* bezeichnet wird, ist jener Teil des bäuerlichen Gehöfts, in dem Erntegut wie Getreide und Heu eingebracht, gelagert und auch weiterverarbeitet wird. (vgl. KOEPF & BINDING, 2005, S. 414) Die Größe des nutzbaren Bergeraumes orientierte sich unter anderem nach der örtlichen Lage der Gehöfte in trockenen oder feuchten Regionen. (vgl. HECKL, 1950, S. 177) Der Bergeraum für das Getreide und damit die Scheune im eigentlichen Sinn umfasst auch einen Tennenraum, der der Zu- bzw. Durchfahrt und Unterdachstellung der beladenen Erntewägen dient und zugleich einen Dreschplatz miteinschließt. Je nach Betriebs- und Gehöftform ergeben sich Unterschiede der Scheunengebäude hinsichtlich Größe und Art des Lagergutes. Bei Gehöften in stark getreidebauorientierten Regionen lagern in der oft mächtigen Scheune häufig nur die Getreidegarben bzw. nach dem Drusch das Stroh. Voraussetzung für die Lagerung sind dunstsichere Decken unterhalb des Kastens, Holzfußböden, trockene Wände und Decken, Durchlüftungsfähigkeit, Schutz gegen Mäuse und Vögel, Verdunstungsfähigkeit und arbeitsökonomische Aspekte. (vgl. HECKL, 1950, S. 181) In den

alpinen Viehzuchtgebieten dient der vergleichsweise kleine Scheunenraum, der meist das Obergeschoß des Stalls bildet, auch der Futterunterbringung, sofern dieses nicht in Heustadeln auf den Wiesenflächen gesammelt ist. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 54ff) Scheunen stellen einen integrierenden, meist mit dem Stall oder Schuppen verbundenen Bestandteil des Gehöftes dar. Eine Typisierung kann durch Unterteilung in ebenerdige Bauten mit durchfahrbarer, zweitoriger Niedertenne und in Scheunen als Stallobergeschoß mit Hochtenne, die über eine Rampe befahren werden muss, erfolgen. (Bei Hanglage wird das Gebäude nach Möglichkeit so gestellt, dass die Scheune vom Berg her über eine kurze Tennbrücke erschlossen werden kann.) Eine Mischform ergibt sich bei Mittertennhöfen, bei denen die Bergeräume im Obergeschoß liegen, die Tenne jedoch ebenerdig und niveaugleich mit dem Stall angeordnet ist. Eine weitere Unterteilung von Scheunenbauten erfolgt nach Lage der Tenne zum Firstverlauf des Gebäudes. Längsscheunen sind giebelseitig, Querscheunen traufseitig erschlossen, und werden über einen kurzen Tennenraum befahren. Eine Mischform ist die Kreuzscheune, bei der im rechten Winkel an die längsgerichtete Haupttenne beidseitig ein weiterer, kürzerer Tennenraum ansetzt, der meist der Unterbringung von Wagen und Werkzeugen dient. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 54ff)



Abbildung 136: Stallraum mit Ziegelgewölbe im Schwarzmayrhof, St. Ulrich bei Steyr (Archiv ÖFLM, 1966)

Abbildung 137: Skizze einer Tennenauffahrt (HABERLANDT & DACHLER, 1905)

Abbildung 138: Durchfahrbare Tenne, Museum Tiroler Bauernhöfe

Schuppen

Schuppen sind in leichter Bauweise errichtete Bauwerke zur Lagerung und Unterbringung von Gegenständen. (vgl. KOEPF & BINDING, 2005, S. 423) Der umgangssprachlich auch als *Schupfen* oder *Schoppen* bezeichnete Wirtschaftsteil steht häufig in baulicher Verbindung mit dem Stall- oder Scheunentrakt. Vor allem bei Ein- oder Paarhöfen im Gebirge werden die Abstell- und Lagerfunktionen des Schuppens (vor allem für Wagen, Maschinen und Ackergeräten sowie Bau-, Brennholz und Einstreu) zur Gänze von der hierzu entsprechend ausgestatteten Scheune übernommen oder auf mehrere Wirtschaftsgebäude aufgeteilt. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 59)

Nebengebäude

Neben Stall, Scheune und Schuppen gibt es im bäuerlichen Betrieb eine Reihe weiterer Raum- bzw. Nutzungsbereiche, die entweder in den Hauptwirtschaftsgebäuden, im Wohntrakt oder in mehreren selbständigen, untergeordneten Baulichkeiten integriert sind. Ihre Funktion dient der Versorgung des Viehs etwa als Futter oder Streukammer, der Vorratshaltung landwirtschaftlicher Produkte zum Beispiel als Keller oder Speicher, der Produkt-Weiterverarbeitung in Spinn- und Brechelstuben, als Mühlen, Pressen, Back- und Dörröfen aber auch der Instandhaltung und Versorgung des Hofes zum Beispiel in Werkstätten und Schmieden sowie Brunnen, Holz- und Bienenhütten. Nebenräume nehmen also vielfach eine Übergangsstellung zwischen Land- und Hauswirtschaft ein. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 59)

5.3 Materialien und Konstruktionen

Aufgrund der für bäuerliche Bauschaffende schwierigen bzw. teuren Transportmöglichkeiten für Material wurden organische und mineralische Baustoffe aus der nächsten Umgebung gewonnen. Im gesamten alpinen Bereich waren dies vor allem Nadelgehölze. Besonders Fichte, Kiefer, Tanne und Lärche fanden aufgrund langer und grader Stämme als Baumaterial häufige Verwendung. (vgl. GSCHWEND, 1997, S. 1240) In den alpinen Randzonen kam auch dem Laubholz vereinzelt Bedeutung zu. Eiche lieferte dauerhaftes Bauholz für Ständerbauten, Rotbuche wurde für Schwellen und Fußböden verwendet, heimische Edelhölzer wie Ulmen, Eschen, Ahorn, Birne, Nuß etc. wurden im Möbelbau eingesetzt. (vgl. HECKL, 1950, S. 57) In außeralpinen Regionen und überwiegend in den pannonischen Tieflandgebieten war Lehm der vorherrschende Baustoff. Reine Steinbauweise tritt nur vereinzelt bzw. inselhaft und in Abhängigkeit von den geologischen Gegebenheiten auf. Als Mischbauweise und damit in Kombination mit Holz hat sie auch den alpinen Raum stark durchdrungen. Die Anwendung von Skelett- und Massivbauweisen stehen mit den örtlichen Bautraditionen bzw. der Art des verfügbaren Baumaterials in Zusammenhang. In der Gehöftforschung wurde einst auch der Verbreitung bzw. den Wanderungen bestimmter Ethnien in frühgeschichtlicher Zeit Bedeutung beigemessen. So wurde etwa der Blockbau als keltisch-illyrische Eigenart erkannt, später sieht man Bauweisen, -techniken und Materialverwendungen primär als Folge pflanzengeographischer Gegebenheiten. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 5) Noch bis Mitte des 19. Jahrhunderts bestanden neun Zehntel der ländlichen Gebäude aus Holz, und neun Zehntel davon waren mit Stroh gedeckt. (vgl. HECKL, 1950, S. 60)

5.3.1 Horizontale Bauelemente

Die Erstellung von meist gemauerten Grundfesten erfolgte sowohl aus Gründen der Gebäudehaltbarkeit als auch zum Ausgleich des umgebenden Geländes. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 8f) Bei nicht unterkellerten, einfachen Bauten ist eine Steinpackung eine billige Fundierungsart. (vgl. HECKL, 1950, S. 116) Als Material für den Fundamentbau wurde zumeist lokal verfügbares, gebrochenes Gestein zur Errichtung von Trockenmauerwerken verwendet, später wurden mit Lehmmischungen als Mörtel Schichtmauerwerke erstellt. Aus den Aufmauerungen der Gebäudegründungen zum Schutz des Holzbaues vor Durchfeuchtung entwickelten sich einfache Lager- und Kellerräume mit offenem Boden, die zumeist unterhalb der Wohnbereiche angeordnet sind. (vgl. AICHER & KAUFMANN, 2015, S. 178)

Einfache Deckenkonstruktionen bestehen aus mittelstarken, dicht aneinandergereihten Rundhölzern. Die am weitesten verbreitete Bauart ist aus Tramen mit darüber verlegtem Sturzboden-Bretterbelag erstellt. Im Dachbodenbereich ist darüber ein Lehmestrich oder ein Ziegelpflaster verlegt. (vgl. DACHLER, 1906, S. 115f) Die Haltbarkeit von Tramdecken in Stallungen kann durch entsprechende Trocknung des Materials sowie Warmhaltung und Durchlüftung des Stallraumes erhöht werden. Die Balken sollten dabei sichtbar liegen und einen starken Sturzboden mit Beschüttung aufweisen. (vgl. HECKL, 1950, S. 121) Der Bau gewölbter Decken ist in Bauernhäusern bis ins 18. Jahrhundert selten, und wurde zuerst für Keller später in Küchen ausgeführt.

Fußböden bestehen in Waldgebieten überwiegend aus Holz, in Regionen mit Lehmvorkommen aus Lehm, sofern nicht bloße Erde verwendet wurde, wovon sich der Ausdruck *auf der Erd* als Bezeichnung für Fußböden ableitet. Im Bereich von Eingängen und in der Nähe von Feuerstellen sind Fußböden mit Steinplatten, den sogenannten *Katzenköpfen*, oder Ziegeln gepflastert. (vgl. DACHLER, 1906, S. 115f) Die ältesten Holzbodenformen sind aus Dielen, Bohlen oder Brettern erstellt, die sich vor allem durch ihre Dicke unterscheiden. Als Bohle wird ein 6 cm bis 10 cm starkes, tragfähiges Brett bezeichnet. Dielen weisen eine Stärke von circa 5 cm auf. (vgl. KOEPF & BINDING, 2005, S. 81, 131) Im Idealfall überspannen die möglichst breiten Dielen die gesamte Raumbreite, sodass der Fußboden keine Stoßfugen aufweist. Mit der industriellen Holzverarbeitung ab dem 19. Jahrhundert

wurden die Dielen dünner, einheitlich breit und mit Nut- und Federkonstruktionen verbunden, wodurch Längsfugen geschlossen werden konnten. Als Material wurden oftmals günstige Hölzer wie Fichte oder Lärche verwendet, wobei die einfache Machart der Böden einen schnellen und unkomplizierten Austausch von verschlissenen Elementen erlaubte. (vgl. BUNDESDENKMALAMT, 2018)

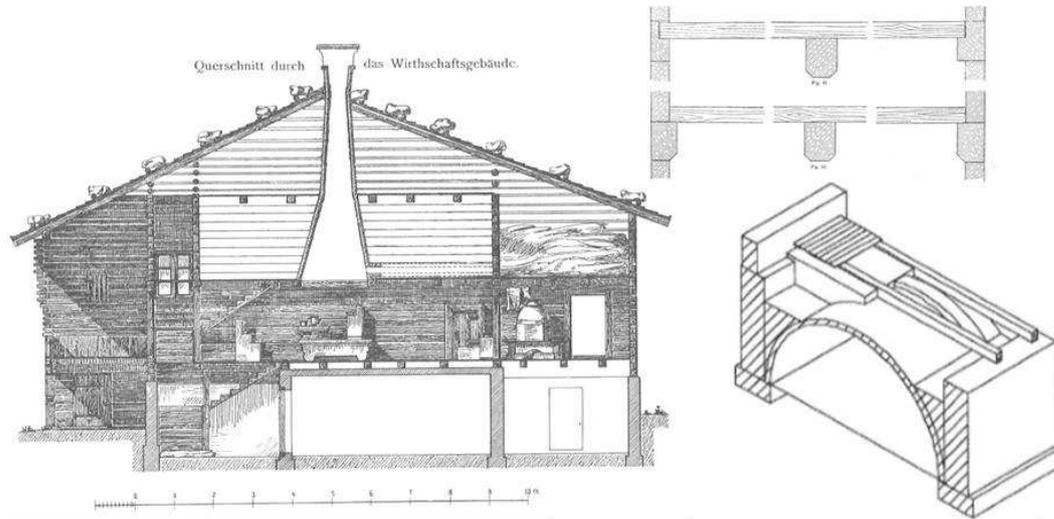


Abbildung 139: Querschnitt durch ein Vorarlberger Gehöft in Bizau (HABERLANDT & DACHLER, 1905)

Abbildung 140: Deckenaufbau mit Sturzboden auf Tramkonstruktion (Eigl, 1894, S. 17)

Abbildung 141: Gewölbekonstruktion für Kellerdecken (Weller, 2012, S. 150)

5.3.2 Holzwandkonstruktionen

Ständerbau

Die Bezeichnung Ständerbau ist ein Sammelbegriff für alle Holzbauweisen mit tragenden Ständergerüsten. (vgl. KOEPF & BINDING, 2005, S. 444) Die eigentliche Wandbildung oder -füllung erfolgt mit unterschiedlichen Materialien. Der Ständer- oder Pfostenbau wird zwar als älteste Bauweise im alpinen Raum angesehen, jedoch kommt ihm gegenüber den massiven und witterungsbeständigen Blockbauten aus waagrecht aufeinandergeschichteten Balken und mit Moos oder Lehm abgedichteten Fugen eine vergleichsweise untergeordnete Rolle zu. Seine Entwicklung vollzog sich in jenen außeralpinen Bereichen, in denen die sparsame Verwendung von Bauholz wichtig war. Zur Erhöhung der Haltbarkeit sind die Holzständer der Wandkonstruktionen auf Steinplatten gestellt oder in waagrechten, am Boden liegenden Balken bzw. Schwellen eingezapft. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 6)

Bohlenwände bestehen aus einem rechtwinkelig miteinander verbundenen Fachwerkgerüst. Dicht aneinandergefügte Bohlen bilden die Wandfüllung, und sind seitlich in die Nuten der vertikalen Ständer eingeschoben. (vgl. KOEPF & BINDING, 2005, S. 81) Sie stellen eine dauerhafte, elastische jedoch aufwändige Sonderform des Ständerbaues dar, die bei älteren Hausformen in Vorarlberg und im Rätikon bzw. bei Stallbauten in Teilen Kärntens zu finden ist. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 7)

Als Bundwerk werden Wandkonstruktionen bezeichnet, die aus einem Gerüst aus Ständern und Riegel bestehen, das mit Brettern hinterschalt ist. (vgl. KOEPF & BINDING, 2005, S. 91) Die teils komplexen, gitterartigen Konstruktionen wirken oftmals sehr ornamenthaft, und sind vielfach bei Scheunenbauten mitteltirolerischer Einhöfe ausgeführt. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 7)

Der Fachwerkbau ist eine Holzskelettbauweise aus senkrechten, waagrechten und schrägen Balken, deren Gefache mit verschiedenen Baustoffen wie zum Beispiel Holzbohlen, Flechtwerken mit Lehmewurf, Ziegel oder Bruchsteinen geschlossen sind. (vgl. KOEPF & BINDING, 2005, S. 162) Diese

Ausfachungen werden häufig mit Mörtel verputzt und gekalkt, während die Hölzer des Gerüstbaues sichtbar bleiben. Entsprechend einfacher als beim Block- und Mauerbau ist die Anbringung von Fenstern und Türen. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 6)

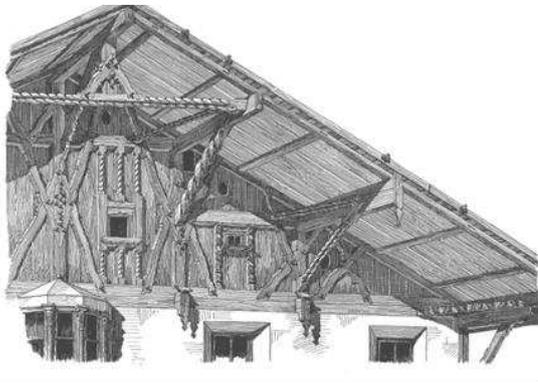


Abbildung 142: Zeichnung des Bundwerk-Giebels eines Hauses in Stuben (HABERLANDT & DACHLER, 1905)

Abbildung 143: Zeichnung des Fachwerkbau-Giebels eines Hauses in Ischgl (HABERLANDT & DACHLER, 1905)

Holzblock- bzw. Holzstrickbau

Dem Holzblockbau kommt im alpinen Bereich große Bedeutung zu, er fordert jedoch hohes handwerkliches Können. Im Vergleich zur Ständerbauweise war seine Weiterentwicklung durch die Abhängigkeit von der natürlichen Länge der Bauhölzer von vorneherein limitiert. Gleichzeitig bietet der Blockbau im Vergleich zum Ständerbau besseren Schutz vor Witterungseinflüssen, und ist von großer Dauerhaftigkeit. Für den Blockbau ist langschäftiges und geradewüchsiges Bauholz erforderlich, seine Anwendung ist daher an Nadelholzgebiete gebunden, da Laubholz nur mit großen Abfallverlusten zu geeigneten Konstruktionselementen verarbeitet werden kann. Am Südostrand der Alpen, wo Blockbauten aus Laubholz ausgeführt sind, wie zum Beispiel die sogenannten Berglerhäuser im Südburgenland, sind diese von geringerer Stabilität, und weisen Zwischenräume im Wandgefüge auf, die mit Lehm abgedichtet werden müssen. Der Blockbau besteht aus horizontal übereinandergeschichteten Balken ohne senkrechte Bauglieder. Verwendet werden meist erdständige Teile der Baumstämme. Um den natürlichen Wuchsschwund in der Holzstärke auszugleichen, sind diese wechselseitig gelagert, wodurch die Fugen zwischen den aneinanderschließenden Wandbalken nicht parallel sind. Die Abdichtung von Fugenzwischenräumen erfolgt mit Moos und Flachsfasern, manchmal auch mit Lehm- oder Kalkschlemmen. Um Verdrehungen entgegen zu wirken, werden die Balken mit Holznägeln fixiert.

Die natürlichen Maße des Baumaterials nehmen Einfluss auf die Gesamtproportion der Blockbauten bzw. erlauben nur Raumeinheiten mit begrenzter Dimension. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 7f) Die Größe der verbauten Holzelemente ist zudem durch die Muskelkraft der Arbeiter limitiert. Dabei wird angenommen, dass zwei Personen in der Lage sind, Holzstämme von maximal vier bis fünf Metern Länge ohne Hebewerkzeuge zu transportieren. (DWORKY, 2017)

Eckverbindungen von Holzblockbauten werden üblicherweise durch Überkämmungen erstellt. Dabei stehen die auch als *Wetterköpfe*, *Fürköpfe*, *Schrotköpfe* oder *Vorköpfe* bezeichneten Stammenden

über die Blockwände hervor. Wandverbindungen ohne Balkenvorstöße erfordern eine sorgfältige Ausführung der Eckverbindung, die vielfach mit Verzinkungen, Mal- oder Zierschroten künstlerisch gestaltet sind. Die räumliche Gliederung von Holzblockbauten erfolgt ebenfalls mit Blockwänden, wodurch das statische Gefüge des Gebäudes zusätzlich abgesichert wird. Je nach Anforderungen an die Durchlüftung und Abdichtung bzw. die Nutzung als Wohn- oder Lagerraum werden vollrunde oder scharfkantig zugerichtete Hölzer zur Ausführung von Blockwänden verwendet. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 7f)

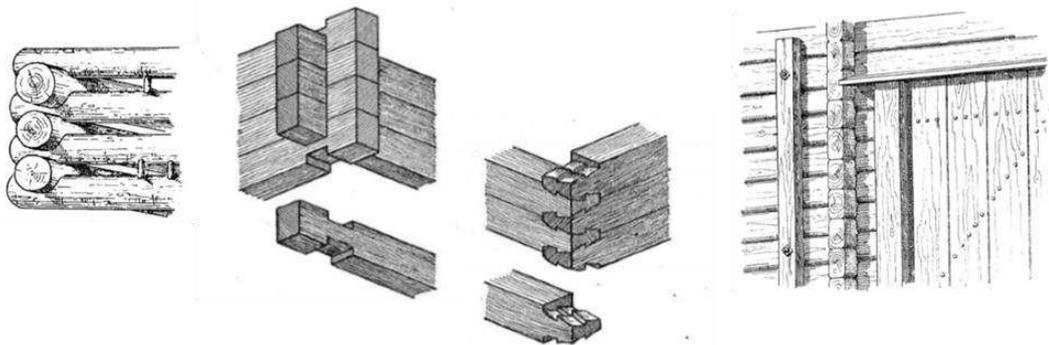


Abbildung 144: Eckverbindungen von Rundblockbauelementen (EIGL, 1894, S. 11)

Abbildung 145: Eckverbindungen von Holzblockbauelementen mit und ohne Balkenvorstöße (Dachler, 1906, S. 98)

Abbildung 146: Außen sichtbare Balkenköpfe von Blockbau-Innenwänden (EIGL, 1894, S. 13)

Holzblockwände mit 12 cm Stärke entsprachen Mitte des 20. Jahrhunderts allen Wärmeschutzanforderungen. Ihre Dämmeigenschaften wurden jenen von Ziegelmauern mit 60 cm bis 70 cm Dicke gleichgesetzt. (vgl. HECKL, 1950, S. 109)

Wandverkleidungen

In den niederschlagsreichen Gebieten entlang des westlichen Alpennordrandes weisen Blockwandbauten vielfach schützende Wandverkleidungen aus Schindelmanteln oder senkrechten Bretterschalungen auf. Bei den dort verbreiteten Einhöfen betrifft dies vor allem die der Wetterseite zugekehrten Stall- und Scheunenbereiche. Eine rundum auch am Wohnhaus angebrachte Verkleidung als *Ladenmantel* ist im inneren Salzkammergut ein charakteristisches Baumerkmal, ebenso im Montafon und im Patznauntal. Häufig sind an Wohntrakten von Gebäuden im Salzkammergut und Innviertel genagelte Schindelmantel angebracht, die als *Bsetz* bezeichnet werden. Hierfür werden die gleichen Schindeln wie für die Dacheindeckung verwendet. Ausgehend von Vorarlberg setzt sich in jüngerer Zeit die Verwendung von kleinen, gerundeten, maschinell gefertigten Schindelbrettchen durch, die den Bauten ein uniformes Aussehen verleihen. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 50)

Die Schicht aus unbehandelten Fichten- und Tannenschindeln macht das Holzhaus zudem winddicht, verbessert die Wärmedämmung, und ermöglicht partielles Ausbessern von Elementen nach mechanischen Beschädigungen. Das Schindelholz, meist aus Fichten- oder Tannenholz gefertigt, bleibt unbehandelt. Je nach Herstellungsart wird zwischen hand- oder maschinengespaltenen und gesägten Schindeln unterschieden, wobei gespaltene gegenüber gesägten Elementen aus Haltbarkeitsgründen eher verwendet werden. Zudem wird bevorzugt Holz aus hochgelegenen Bergregionen mit eng liegenden Jahresringen verbaut. Die Schlägerung hierfür erfolgt in der Regel nur im Winter. (vgl. AICHER & KAUFMANN, 2015, S. 185)

Ein Klebedach oder *Wurf* ist ein dachartiger Fassadenvorsprung im Fenstersturzsbereich, der sich in den Schindelpanzer des Gebäudes einfügt und als zusätzlicher Witterungsschutz dient. Die Vorkragung

beträgt etwa 10 cm bis 15 cm. Weitausladende Vordächer wurden im Barock häufig als Gliederungs- und Schmuckelemente eingesetzt, und verleihen den Fassaden starke Plastizität.

Auch im Innenraum werden Holzverkleidungen von Wänden und Decken sowohl zur Verbesserung der Wärmedämmung und Steigerung der Raumbehaglichkeit als auch als Raumschmuck erstellt. Im Bregenzerwald wurde dafür überwiegend Tannen- oder Fichtenholz verwendet. Einmal pro Jahr wurden die Vertäfelungen mit Seifen- oder Aschenlauge geschrubbt, wobei die Behandlung unter anderem zum Aufhellen der Wandoberflächen angewandt wurde. (vgl. AICHER & KAUFMANN, 2015, S. 178)

Um den Eindruck eines gemauerten Hauses zu erwecken, wurden fallweise mehr oder weniger dicke Mauermantel an Blockwänden gestellt, oder es wurden diese weiß übertüncht. Bisweilen wurden auf Matten oder Lattengerüsten haftende Mörtelverputzschichten an den Blockwänden angebracht. Zwar brachten derartige Verkleidung Vorteile hinsichtlich des Brand- und Witterungsschutzes mit sich, erwiesen sich für die Haltbarkeit der Holzbauten jedoch als abträglich. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 12) Die thermische Beherrschbarkeit von Innenräumen konnte durch die verbesserte Fugenabdichtung der Balkenlagen von Blockbauwänden jedoch optimiert werden.



Abbildung 147: Schindelmantel und Klebedächer an einer Hausfassade in Blons, Vorarlberg (2015)

Abbildung 148: Wandvertäflung im Innenraum, Museum Tiroler Bauernhöfe (2015)

Abbildung 149: Anbringung eines Lattengerüstes für den Wandverputz einer Blockbauwand (Archiv ÖFLM Stübing, 1969)

Holz-Dauerhaftigkeit

Holzoberflächen unterliegen einer spezifischen Beanspruchung, die sich aus biogenen und von Organismen ausgelösten Vorgängen am Holz sowie durch Schadwirkung durch die Sonne vor allem durch UV-Strahlung und wechselnder Feuchtigkeit ergeben. (vgl. SCHÖNBURG, 2009, S. 51ff) Insbesondere das auf die anisotrope Holzstruktur innerhalb der Jahresringe zurückzuführende, ungleichmäßige Quellen und Schwinden verursacht die Bildung von feinen Rissen und allmähliche Vermorschung. Diese wird vor allem dann verstärkt, wenn Wasser Verunreinigungen wie Kohlendioxid (CO₂), Schwefeldioxid (SO₂), Schwefelwasserstoff (H₂S) oder Salzsäure (HCl) enthält. Holzoberflächen können durch Sonnenstrahlung und photochemische Reaktionen verfärben. Tiefer in das Holz eindringende UV-Strahlen schädigen die Holzstruktur durch den Abbau von Polymeren vor allem des Lignins. (vgl. SCHÖNBURG, 2009, S. 51ff) Durch einfache Verwitterung wird Holz in seiner Substanz zwar nicht zerstört, jedoch verändert sich sein Erscheinungsbild durch Ligninabbau und Regenabwaschung. Farbveränderungen changieren bei Sonnenexponiertheit zwischen Rotbraun und Schwarzbraun, bei Regeneinfluss werden angekohlte Partikel ausgewaschen, und es entstehen graue bis silberne Holzoptiken. (vgl. AICHER & KAUFMANN, 2015, S. 189)

Die Dauerhaftigkeit des Holzes ist abhängig von seinen Arteigenschaften wie Rohdichte, Härte und Struktur, Fällreife des Baumes, Lager- und Standortbedingungen sowie Schädlingsverbreitung. (vgl. SCHÖNBURG, 2009, S. 41) Nachfolgend sind Angaben zur Dauerhaftigkeit von Holzarten bei unterschiedlichen Einbausituationen aufgelistet:

Einbausituation	Holzart	Dauerhaftigkeit (Jahre)
Ungeschützt frei stehend	Lärche, Eiche, Douglasie	60 - 85
	Kiefer, Fichte, Esche	35 - 60
Unter Wasser stehend	Lärche, Kiefer, Buche	bis 500
	Eiche, Walnußbaum	100 - 500
Im Erdreich stehend	Eiche, Lärche, Kiefer	8 - 20
	Fichte, Buche, Esche	3 - 5

Abbildung 150: Dauerhaftigkeit von Holzarten in Abhängigkeit der Einbausituation (Schönburg, 2009, S. 41)

Konstruktiver Holzschutz

Zum Schutz vor Feuchtigkeit und Durchfeuchtung wurden konstruktive Maßnahmen wie die Anordnung von Dächern und Abdeckungen, das Anfasen und Abschrägen von Holzkanten und Holzenden, das Vermeiden von horizontalen Flächen, das Einplanen von Hinterlüftungsebenen sowie die Ausführung von Dachüberständen, Klebedächern und Vorsprüngen über die Fassadenebene angewandt. (vgl. AICHER & KAUFMANN, 2015, S. 188)

Komplexe Holzkonstruktionen sind so auszuführen, dass stark exponierte Holzteile separat nachbehandelt oder getauscht werden können. Durch leicht auswechselbare Verschleißteile wie Gesimse-, Traufen- und Ortgangbretter, Hirnholzabdeckungen etc. können anderer Bauteile geschützt werden. (vgl. EDER, 1997, S. 27ff) Bis zum zweiten Weltkrieg wurde Holz für den Blockbau mehrheitlich mit dem Beil behauen. Das Material erwies sich dadurch als besonders dauerhaft, da seine Faserung weniger verletzt wurde als beim gesägten Holz. Zudem wurde es überlieferungsgemäß vielfach im Winter geschlägert. Konnte es danach entsprechend lang und trocken gelagert werden, stellte es einen haltbaren Baustoff dar, der durch die früher übliche, von den offenen Herdstellen ausgehende Rauchbehandlung zusätzliche Dauerhaftigkeit erfuhr. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 11)

Weitere Aspekte des baulichen Holzschutzes betreffen den Einbau von Holzbauteilen mit möglichst jenem Feuchtegehalt, der während der Nutzung zu erwarten ist. (vgl. SCHÖNBURG, 2009, S. 89f) Die sogenannte Fasersättigung des Holzes stellt dabei eine Grenze zwischen dem Vorhandensein von freiem und gebundenem Wasser dar. Unterhalb der Fasersättigung ist Feuchte in den Zellwänden gebunden, oberhalb ist Wasser in den Zellhohlräumen vorhanden. Bei der Trocknung entweicht zuerst das freie Wasser. Wenn alles Wasser entwichen ist, hat das Holz seine Fasersättigung erreicht. Diese liegt bei Nadelhölzern bei 22 % - 34 %. Tannen und Fichten haben dabei eine höhere Fasersättigung im Vergleich zu Kiefern. Richtwerte für den mittleren Holzfeuchtegehalt nach Einsatzbereich liegen bei 6 % – 10 % im Falle von beheizten Gebäuden mit Raumtemperaturen über 21 °C, 9 % - 13 % in beheizten Gebäuden mit Raumtemperaturen von 12 °C bis 21°C und 12 - 19% in unbeheizten Gebäuden bzw. im Außenbereich. (vgl. EDER, 1997, S. 4ff)

Anstriche und Beschichtungen

Zum Schutz gegen Witterungseinflüsse wurde Holz traditionellerweise kaum beschichtet. Farbige Anstriche von unverkleideten Blockbauten sind zum Beispiel in Vorarlberg bis ins 19. Jahrhundert meist nur bei wohlhabenden Anwesen zu finden. Sie dienen jedoch weniger dem Holzschutz als vielmehr der Gestaltung des Hauses, obwohl dem oftmals verwendeten Ochsenblut aus rotem Ocker und anderen Eisenoxidprodukten als offenporige Anstriche eine Schutzwirkung gegen Schädlingsbefall bescheinigt wird. Ebenso wurde das Kalken, ein meist an der Innenseite von Verbretterungen aufgetragener Anstrich aus ungelöschtem Kalk und Wasser, angewendet, um Parasiten, Mikroorganismen und Ratten abzuhalten. (vgl. AICHER & KAUFMANN, 2015, S. 186ff)

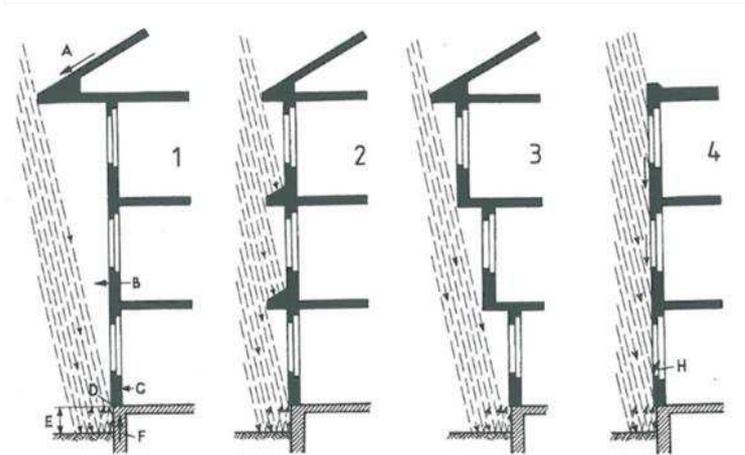


Abbildung 151: Konstruktiver und ornamenthafter Holzschutz einer Fassade in Dornbirn (2015)

Abbildung 152: Varianten für konstruktiven Holzschutz im Fassadenbereich (1 – 3) und extreme Witterungsexposition (4) (Eder, 1997, S. 26)

5.3.3 Mauerwerksbau

Der Übergang von Holz- auf Mauerwerksbau war vor allem durch obrigkeitliche und behördliche Maßnahmen und Verordnungen beeinflusst. Durch die vorangegangene, oft raubauliche Waldnutzung war vielfach eine Verknappung an geeignetem Bauholz aufgetreten. In einigen Gebieten wiederum wurden andere Nutzungen der Waldbestände angestrebt wie zum Beispiel für die Salinenwirtschaft oder die Jagd. Neben der Beschränkung der Holznutzungsrechte wurden Maßnahmen zur Brandverhütung wirksam, indem man zunächst im Bereich von Rauchküchen zur Mauerbauweise überging. Bei den Stuben wurde die alte Blockbauweise hingegen am längsten beibehalten. Durch den Einfluss von Klöstern und Gutswirtschaften und die zunehmende Heranziehung ortsfremder Handwerker wurde das gemauerte und weiß getünchte Haus zu einer Prestigeangelegenheit. Da das Wissen über die Anwendung der dafür notwendigen Bautechniken noch wenig verfügbar war, war die Steinbauweise zunächst auf Pfarrhöfe, Schulen und Gaststätten sowie wohlhabende Gehöfte beschränkt. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 11f)

Steinbauweise

Als primäre Form des Steinbaues wird das Trockenmauerwerk, das im Wesentlichen auf Blockunterbauten und Stallbauten beschränkt ist, angesehen. Es besteht meist aus flachen und wenig bearbeiteten Bruchsteinen, die ohne Verwendung von Mörtel sorgfältig übereinandergeschichtet sind. Beim Mörtelmauerwerk wird das Mauergefüge zusätzlich mit Mörtelzwischenlagen verfestigt. Die Wände erhielten in der Regel keinen Verputz, dieser und der weiße Kalkanstrich wurden erst später üblich bzw. fehlen in Gegenden ohne Kalkvorkommnisse. Eine typische Ausprägung des Mörtelmauerwerkes ist das Steinbloßmauerwerk im oberösterreichischen Mühlviertel. Dabei werden große Granitblöcke mit breitem Fugenverstrich gemauert. Die grauen Steinflächen werden unverputzt belassen und die breiten Mörtelbänder durch weiße Kalkung betont. Eine ähnliche Mauertechnik findet sich an der nördlichen Alpenrandzone, wo sich die braun-gelbliche Naturfarbe des Flyschgesteins von den Mörtelbändern abhebt. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 13) Vor allem im Gebiet der Enns mündung ist auch Donauschotter als Kalk-Rohmaterial geeignet, das durch die hydraulischen Anteile der verschiedenen Kalk-, Quarz- und Dolomitkiesel positive Eigenschaften für die Verwendung als Mauermörtel aufweist. (vgl. WACHA, 2010, S. 3)

Hinsichtlich der Entwicklung des Steinbaus im alpinen Bereich besteht Uneinigkeit. (Auch im Mittelmeerraum hat die dort traditionelle Steinbauweise infolge radikaler Entwaldungen einen in der griechisch-römischen Baukultur durchaus weit verbreiteten Holzbau abgelöst.) Im westlichen Tirol dürfte die regional vorherrschende Siedlungsweise in engen Dörfern und Weilern und die damit verbundene Brandgefahr eine Rolle bei der Steinbauentwicklung gespielt haben. Zudem kann im Fall von Hofübergaben die Raum- und Güterteilung bei Steinbauten im Vergleich zu den wenig veränderbaren Raumgefügen von Blockbauten einfacher erfolgen. Steinbau setzte sich außerdem im Granithochland oder den wohlhabenden und unter städtischem Einfluss stehenden Weinbaugebieten der Wachau durch. Je nach Art des Ausgangsmaterials als blockförmige Granite, kleinbrüchige Schiefer, würfelige Kalksteine oder unregelmäßig geformtes Konglomeratgestein zeigt die Steinbauweise unterschiedliche Ausprägungen. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 12f)

Ziegelbau

Vor allem im außeralpinen Flachland, im pannonischen Tiefland und in Teilen des Alpenvorlandes wurden Lehmziegel zum wichtigen Baumaterial. In jüngerer Zeit drang Ziegelbauweise auch in den alpinen Bereich ein, und ist dort an die Stelle des Holzbaues getreten. Ursprünglich wurden luftgetrocknete Elemente vermauert, die allerdings einen schützenden Verputz erforderten. Größere und dauerhafte Bauten wurden erst mit dem Aufkommen gebrannter Ziegel und damit in der bäuerlichen Architektur kaum vor dem 19. Jahrhundert möglich. Vielfach wurden die Mauerwerke unverputzt belassen wie insbesondere in oberösterreichischen Vierkant- und Hausruckhofgebieten. Die roten Ziegelrohbauten wurden durch Sturzbögen über den Fenstern belebt, und haben durch spezielle Schichtbauweisen eine charakteristische Streifung erhalten. Mit der Mauerbauweise wurde auch der Gewölbebau möglich, der vor allem bei Rauchküchen und im Stallbau Verwendung fand. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 13f) Bis Mitte des 20. Jahrhunderts waren die baulichen Mindestwärmeschutz-Anforderungen für Wohnräume im pannonischen Weinklima und in Bodensee-Tieflagen durch eine 38 cm starke Ziegelwand gegeben. Im Alpenvorland, in pannonischen Hochlagen und äußeren Alpentälern betrug die Ziegelwand-Mindeststärke 45 cm, in Hochlagen über 600 m Seehöhe und in inneren Alpentälern 50 cm. (vgl. HECKL, 1950, S. 109)

Stampflehmbau

Die Stampflehmbauweise ist eine spezifische Mauertechnik, die sich in Regionen mit entsprechenden Bodenarten und trockenem Klima entwickeln konnte und die vor allem im südlichen Burgenland angesiedelt ist. Die Mauern bestehen aus Lehmbrei, dem gehacktes Stroh oder Kuhmist als Bindemittel bzw. zur Magerung zugesetzt ist und der halbfeucht in einer versetzbaren Bretterschalung schichtweise eingestampft wurde. Die 40 cm bis 60 cm dicken Lehmwände wurden nach ausreichender Trocknung außen und innen mit Mörtel verputzt und mit Kalk getüncht. Äußerlich unterscheiden sich die Häuser von Ziegelbauten nur durch leichte Unebenheiten der Wandflächen, und können bei guter Ausführung bis zu 100 Jahre alt werden. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 14f) Durch die Aufnahme und Abgabe von Wasserdampf reguliert Lehm die Luftfeuchte auf natürliche Weise, und bietet zudem gute wärmespeichernde und schalldämmende Eigenschaften. Lehm kann auch als loses Rohmaterial für verschiedene Einsatzbereiche aufbereitet werden etwa als Schüttung in Zwischenböden, als Mörtel oder Putzmischung verarbeitet oder zu Steinen und Platten geformt werden. (vgl. AICHER & KAUFMANN, 2015, S. 188)

Abbildung 153: Steinbloßmauerwerk in Bad Leonfelden, Mühlviertel (2015)

Abbildung 154: Steinbloßmauerwerk in Pettenbach, oberösterreichisches Traunviertel (2015)



Abbildung 155: Ziegelmauerelemente in Neuzeug bei Steyr (2015)

Abbildung 156: Teilverputzte Stampflehmwand in südburgenländischen Neustift bei Güssing (2015)



5.3.4 Dächer

Die Entwicklung verschiedener Dachformen, -konstruktionen und -deckungsarten ist im Zusammenhang mit klimatischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu sehen, wobei infolge unterschiedlicher Entwicklungsvorgänge verschiedenen Dachausbildungen auf Wohnhaus und Wirtschaftsteil eines Gehöftes auftreten können. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 15)

Dachkonstruktionen

Bei den Dachbauarten in Mitteleuropa wird in hängende, auch als gelagerte, lagerhafte oder liegende Dächer bezeichnete, und stehende Dächer unterschieden. Als deren Prototypen werden das Pfetten- und das Sparrendach angesehen. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 16)

Bei Pfettendächern sind zwischen First- und Fußpfette je nach Weite des zu überspannenden Dachraumes ein bis drei Seitenpfetten angeordnet. Die Auflagerung der Konstruktion kann auf den Giebel- und Zwischenwänden oder auf einem Ständergerüst erfolgen. Giebelseitig können die Pfetten bis zu 2,5 m auskragen und schützende Vordächer bilden. An den ausgesetzten Enden bieten als *Hirnbretter* bezeichnete Abdeckungen einen wirksamen Witterungsschutz für die Konstruktion. Als Befestigung bzw. Unterlage für die Dachhaut werden über die Pfettenlage Rofen im Abstand von 1 m bis 1,5 m aufgelegt, die an ihrem unteren Ende zumeist über die Fußpfette vorragen und weite Überstände bilden. Diese Pfetten-Rofenkonstruktion erlaubt Dachneigungen bis herab zu einem Neigungswinkel von etwa 18 Grad und stellt eine einfache und stabile Konstruktionsart dar, die schwere Dachlasten von Dachhaut und Schneebedeckung aufnehmen kann und aufgrund der giebel- und traufseitigen Überstände an die klimatischen Gegebenheiten des alpinen Raumes angepasst ist. Der große Holzverbrauch erwies sich allerdings als nachteilig, ebenso wie das niedrige, den Dachbodenraum einengende Dachgerüst. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 18f)

Bei Sparrendächern werden Sparren als stehende Schräghölzer am First paarweise mit Scherzapfen aneinandergeschlossen und am Fußende mittels Schrägzapfen in einen Bundtram eingelassen. Dadurch entstehen abgeschlossene Dreiecksverbände, die hintereinander gereiht mit waagrechten Dachlatten verbunden werden. Zur Vermeidung von Durchbiegung und Knickung werden die Sparren in einem Böschungswinkel von zumindest 45 Grad aufgestellt. Bei großen Dächern wird ein Kehlbalken in mittlerer Höhe unterseitig in die Sparren eingezapft. Der Vorteil von Sparrendachkonstruktionen liegt in der holzsparenden Bauweise sowie in ihrem freien und unverstellten Dachraum, nachteilig sind die vergleichsweise geringen Spannweiten. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 22f)

Eine Mischform aus Pfetten- und Schersparrendach ist das Pfettenstuhldach. Sein Gerüst besteht aus Stuhlsäulen, Stuhlbalken, die den Seitenpfetten eines Pfettendaches entsprechen und firstparallel verlaufen, sowie den Querbalken bzw. Stuhlriegeln. Die Konstruktion ermöglicht die Bildung von steilen Dächern bei Breitgiebelhäusern mit geräumigen Dachgeschoßen. (vgl. PÖTTLER, 2001, S. 58) Sogenannte *Sperrhaxendächer* sind Steildächer mit Neigungen von bis zu 45°. Fünf waagrecht gelagerte Längsbalken (Pfetten) werden von einem Gerüst hochgehalten, das aus zwei Schräghölzern besteht, die sich am First kreuzen und in deren Schere eine Firstpfette eingelagert ist. Ein auf halber Dachhöhe angebrachter Horizontalbalken (Sperrhaxe) steht über die Schräghölzer vor, und bildet die Auflager der Mittelpfetten. Über die Pfetten werden die Rofen verlegt.

Die Zweiteilung der Dachkonstruktion in Pfetten- und Sparrendächer wirkt sich grundlegend auf die Form des Hauskörpers und die Möglichkeiten von Grundrissverteilungen aus. Pfettendächer auf meist kubischen Gebäudegeometrien erlauben betont breite Giebelfronten, Sparrendächer sind hingegen meist auf schmalen und traufseitig erschlossener Langhäusern errichtet. Eine Erweiterung dieser Gebäude ist durch die traufseitige Verlängerung oder durch Haken-, bzw. Winkelbildungen möglich. Im Verbreitungsgebiet der verschiedenen Dachgerüstformen zeigt sich, dass zwar das Pfettendach weit verbreitet ist, das Sparrendach im bäuerlichen Hausbau fehlt bzw. erst seit vergleichsweise kurzer Zeit angewendet wird. Gewisse Eigenschaften der Sparrenkonstruktion sind jedoch in Mischformen enthalten. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 18) In nachfolgenden Abbildungen werden Systemskizzen und darunterliegend Darstellungen von Real-Konstruktion (Ausstellungsgebäude des Österreichischen Freilichtmuseums während ihrer Demontage am Originalstandort) der genannten Dachtypen gezeigt.

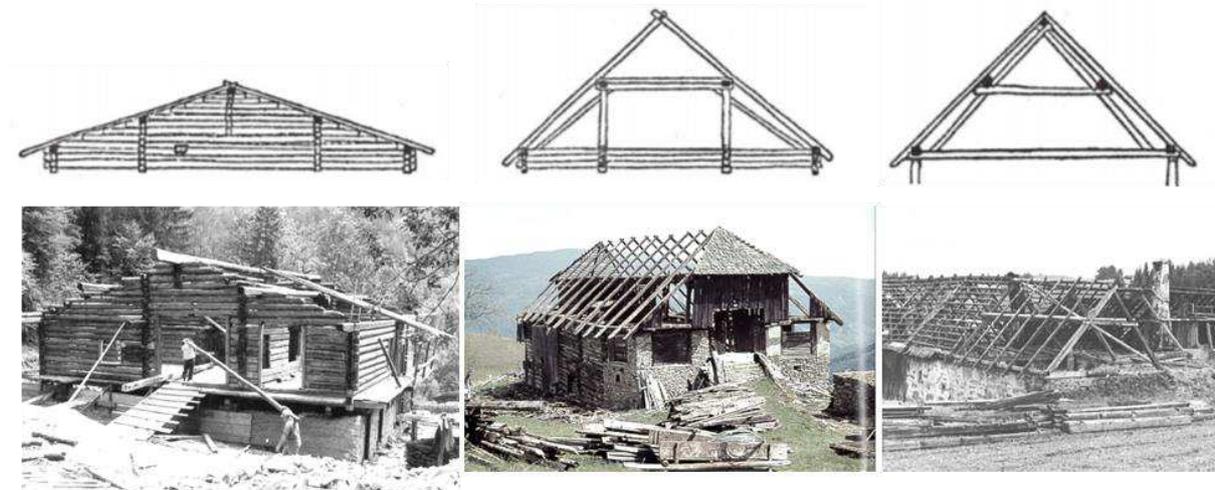


Abbildung 157: Pfettendachkonstruktion: Planansicht einer bis auf Firsthöhe aufgeblockte Giebelwand (Ansdachkonstruktion) (Tomasi, 1977, S. 23), Pfettendach eines Unterinntaler Einhofes (Pöttler, 1992, S. 30)

Abbildung 158: Pfettenstuhldachkonstruktion: Sparrenpfettendach ohne Firstpfette (Tomasi, 1977, S. 23), Pfettenstuhldach eines Murtaler Einhofes (Pöttler, 2001, S. 60)

Abbildung 159: Sperrhaxendachkonstruktion: Dachstuhl mit fünf Pfetten (Tomasi, 1977, S. 23), Sperrhaxendach eines Waldviertler Dreiseithofes (Pöttler, 1992b, S. 237)

Dachformen

Dachneigung sowie freie bzw. abgewalmte Giebel prägen das Erscheinungsbild von Dachformen, und stehen in enger Wechselbeziehung mit der Gerüstart und dem verwendeten Deckmaterial. Unterschieden wird zwischen flach geneigten und steilen Dächern, wobei die Neigungswinkel etwa zwischen 15 Grad und 65 Grad liegen. (Der Begriff Flachdach bleibt dabei dem tatsächlich horizontalen Dach vorbehalten.) Eine Unterteilung von Steildächern erfolgt in mittelsteile Dächer, deren Böschungswinkel im Bereich von 42 Grad bis 48 Grad und damit beim Wechsel von stumpfen zu spitzen

Firstwinkel angesetzt sind, und in Steildächer. Dachneigungen von 30 Grad bis 35 Grad sind selten, da die Vorteile von Flach- und Steildach noch nicht voll erreicht, ihre Nachteile aber schon bzw. noch gegeben sind.

Die Motive zur Aufsteilung von Dachflächen sind vielfältig und unter anderem auf Prestigegedanken und der Nachahmung von Kirchen- und Klosterbauten sowie auf bautechnische Aspekte zurückzuführen. Steilere Neigungswinkel begünstigen ein schnelleres Abfließen von Regenwasser, und lassen bei zunehmenden Ernteerträgen bzw. bei zunehmender Stallhaltung im Fall von Grünraumbewirtschaftung größerer Berge- und Lagerräume entstehen. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 31f)

Gemäß alter Zimmermannsregeln wurden Dachneigungen nach dem Verhältnis von Dachbreite zu Dachhöhe bemessen. Bei einem Verhältnis von 2 : 1 und einem Neigungswinkel von 45 Grad wird von einem Winkeldach mit einem Firstwinkel von 90 Grad gesprochen. Vielfach wurde diese Regel so ausgelegt, dass der Firstwinkel „einen Schuh über dem Winkel“ ausgeführt wurde. Die Dachhöhe entspricht dabei der halben Dachbreite plus einer Schuhlänge. Bei flacher geneigten Dächern wurden Dachfirste „einen Schuh unter dem Winkel“ konstruiert. (vgl. HECKL, 1949, S. 186)

Je nach Zahl und Ausbildung der Dachflächen wird zwischen vier Dachformgruppen unterschieden: Pult-, Sattel-, Schopf- bzw. Walmdach und Vollwalmdach. Das aus einer einzigen Schrägfläche bestehende Pultdach bleibt im Wesentlichen auf wirtschaftliche Nebengebäude beschränkt. Zumeist ist es als niedrigere Dachfläche an ein Hauptgebäude angefügt. Beim Satteldach schließen zwei zumeist gleich geneigte Dachflächen einen Giebel ein. Bei mittelsteilen Formen sind Dachabschleppungen zu beobachten, bei denen die Dachtraufe an einer oder beiden Längsseiten firstparallel herabgezogen und abgestützt wird. Die so gewonnenen Räume dienen als Unterstände und Abstellplätze.

Im Fall von Schopf- bzw. Walmdächern ist das Dach über den Giebel ein Stück weit herabgezogen. Diese zusätzliche, unvollständig ausgebildete Dachfläche greift in ihrer ursprünglichen Form nicht in den Dachbodenraum zurück, sondern ist als abgeschrägter Dachvorsprung aufzufassen. Das Schopfdach kann in funktioneller Hinsicht als Übergangsform zwischen Giebeldach und Vollwalmdach angesehen werden. Seine Vorzüge liegen in der Ausbaumöglichkeit des Dachraumes sowie im Schutz der Giebelwand vor Schlagregen. Größenunterteilungen erfolgen in Halb-, Drittel-, Viertel- und Achtelschöpfe, wobei mit zunehmender Verkleinerung des Schopfes auch die Schutzfunktion entsprechend geringer wird. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 32) Das an allen Seiten gleich weit und steil abgewalmte und zeltartig hohe Vollwalmdach überdeckt einen Hauskörper mit meist quadratähnlichem [sic!] Grundriss. Damit verbunden sind ein nur kurz ausgebildeter Dachfirst und ein eingengerter Dachbodenraum. Aufgrund von Repräsentationsbedürfnissen ist diese Dachform vor allem an den Wohngebäuden von Gehöften umgesetzt, denn Vollwalmdächer waren im nichtbäuerlichen Umfeld früh in ganz Österreich vertreten, insbesondere bei Amtshäusern, Pfarr- und Gasthöfen. (vgl. SCHMIDT, 1973, S. 10f) Vom Walmdach im eigentlichen Sinn sind jene Formen zu unterscheiden, die ebenfalls eine geschlossen umlaufende Traufenlinie aufweisen, jedoch durch ein auch im Dachbereich vollständiges Aneinanderführen mehrerer Gebäudetrakte in Erscheinung treten, wie etwa bei den Dächern von Vierkanthöfen. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 34f)

Die Komplexität von Dachgeometrien als Ausdruck der Hierarchie von Bautypen ist als Gemeinsamkeit unterschiedlicher Baukulturen zu beobachten. Lehner verweist dabei auf die differenzierten Bezeichnungen von javanischen Dachformen. Ausgehend von Wirtschaftsgebäuden bis zu Moscheenbauten werden je nach Dachausbildung mit ein, zwei, vier, acht und zwölf Dachflächen unterschiedliche Begriffe verwendet: *panggung-pe*, *kapung*, *limasan*, *joglo*, *tajug*. (LEHNER, 2018)

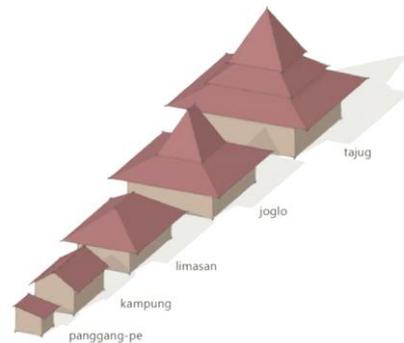


Abbildung 160: Javanischen Dachtypen (Lehner, 2018)

Neben der Neigung sowie der Anzahl und Ausbildung von Dachflächen ist auch die Weite des trauf- und giebelseitigen Überstandes für die Dachform bedeutsam. Deren Hauptaufgabe ist der Schutz der Hauswände und der an ihnen entlanggeführten Gehwege gegen Schlagregen. An den windausgesetzten Seiten sind Überstände meist knapp bemessen, um die Windangriffsfläche möglichst gering zu halten. Für die Dimensionierung der Dachüberstände bei Bregenzerwälderhäuser gilt folgende Faustformel: eine Armlänge am Giebel des Vorderhauses, eine Ellenlänge an der Traufseite, eine Handbreite am Giebel des Hinterhauses. (vgl. AICHER & KAUFMANN, 2015, S. 181)

Die bei flachen Pfettendächern weiten Dachausladungen werden mit steigender Neigung knapper und entfallen bei Sparrenkonstruktionen schließlich gänzlich, sofern die Querträme nicht vorragen. Um auch hier Dachüberstände zu schaffen, werden sogenannte *Anschüblinge* bzw. *Aufschüblinge* auf die Sparren aufgebracht, wodurch abgeflachte Dachansätze entstehen. Im Falle von Dachlawinen werden so Schneemassen abgeleitet, und kommen in größerer Entfernung von den Hausmauern zu liegen. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 35f) Giebelflächen sind bei Holz- aber oftmals auch bei gemauerten Häusern in der Regel durch Holzverschalungen mit integrierten Lüftungsöffnungen abgeschlossen. Bei weit ausladenden Vordächern können die Giebelfelder auch offengehalten werden, um eine gute Austrocknung der Dachraumeinlagerung zu erzielen. (vgl. DACHLER, 1906, S. 108) Mitunter werden voneinander stufenartig abgesetzte Bretterflächen ausgebildet oder horizontale Klebedächer angebracht, wodurch die Hauswände effektiv vor Schlagregen geschützt sind. Auch das schräge Vorziehen von Giebelflächen ist eine Art des baulichen Witterungsschutzes. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 47f)

Als Dachüberstände im Zuge von Wohnhausaufstokungen an Schutzwirkung verloren, wurden Abflussrinnen gebräuchlich. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 34f) Zum Schutz vor Schlagregen und zur Ableitung des Traufwassers wurden diese ursprünglich aus ausgehöhlten Stämmen hergestellt, die an Rinnhaken aus krummen Ästen im Dachsaumbereich befestigt sind. (vgl. DACHLER, 1906, S. 107)



Abbildung 161: Auf Sparren angebrachte *Anschüblinge* im Dachsaumbereich, Freilichtmuseum Stübing

Abbildung 162: Stufenartig abgesetzte und schräg vorgezogene Giebelfläche als Schlagregenschutz für die darunter angeordnete Blockbauwand, Freilichtmuseum Stübing

Abbildung 163: Auf Krummstäben aufgelegte Abflussrinne, Freilichtmuseum Stübing

Dacheindeckung

Als Materialien für die Dachdeckung sind weiche Deckungsarten aus Holz und Stroh dominierend, in westlichen Alpengebieten und bei Verfügbarkeit von spaltbaren Gesteinsarten können Häuser auch mit harter Deckung aus Steinplatten gedeckt sein. (vgl. SCHMIDT, 1973, S. 10f) Holz und Stroh entsprechen in vieler Hinsicht den Anforderungen in Bezug auf Schutz gegenüber Nässe, Frost und Hitze, und sind für den Wärmehaushalt der Gebäude von Vorteil, ebenso widerstehen sie den für den Alpinwinter kennzeichnenden Wechsel von Sonnenstrahlung und Nachtfrost. Die Dächer konnten zudem ohne größere finanzielle Belastung instandgehalten werden. Zurückgedrängt wurde die Art der Materialverwendung unter anderem aufgrund von Brandgefahr und den damit verbundenen hohen Versicherungsprämien sowie in jüngerer Vergangenheit durch den Einsatz von industriell gefertigten Deckungen. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 24)

Legschindeldach

Legschindeldächer bestehen aus 70 cm bis 90 cm langen und 15 cm bis 25 cm breiten, handgespaltenen und durch den damit unversehrten Holzfaserverband dauerhaften Schindeln aus Lärchen- oder Fichtenholz, die in drei-, manchmal vierfacher Überdeckung auf einem engen Lattenrost frei aufgelegt sind. Die so entstehende 8 cm dicke Schindeldecke wird von mit Natursteinen beschwerten Lattenreihen, den sogenannten *Schwerstangen*, die im Abstand von 2 Metern aufgelegt sind, niedergehalten. Trotz der für diese Deckungsart nötige, flache Dachneigung von 16 Grad bis 24 Grad und der unvermeidlichen Verwerfung der Schindel sind Legdächer sehr wasserdicht. Allerdings ist es notwendig, dass sie in regelmäßigen Abständen von etwa drei Jahren gewendet und die dem Wetter ausgesetzte Seite dabei nach unten gedreht wird. Dies sichert dem Dach eine Haltbarkeit von bis zu 50 Jahren. Lärchenschindel, deren Lebensdauer mitunter mit bis zu 80 Jahren angegeben wird (vgl. HECKL, 1950, S. 127), sind dabei haltbarer als Fichtenschindel, die etwa 30 Jahre lang verwendbar sind. Der niedrige Dachraum der flachen Pfettendächer, der hohe Holzverbrauch und der zunehmende Mangel an Schindelmaterial sowie gebietsweise restriktive Waldordnungen haben zum Rückgang des Legschindeldaches beigetragen. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 25) Zur Wartung des Daches, das im Winter von zu starker Schneelage befreit werden muss, dient ein Dachaufsatz mit einer meist nach Süd oder Ost ausgerichteten Ausstiegsöffnung. (vgl. DACHLER, 1906, S. 104)

Nagelschindeldach

Bei steileren Nagelschindeldächern, die einen schnelleren Abfluss von Regenwasser und Abgleitung von Schnee ermöglichen, werden die weniger beanspruchten Schindeln in meist zweifachen Lagen und mit geringerer Überdeckung aufgebracht. Die Haltbarkeit dieses materialsparenden Daches kann dadurch noch erhöht werden. Die 40 cm bis 60 cm langen und 10 cm bis 15 cm breiten

Sparschinden werden von der Traufe zum First in einzelnen Scharen aufgelegt und mit Eisennägeln an den Dachlatten befestigt. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 26) Diese Art der Dacheindeckung wurde mit dem Aufkommen von industriell gefertigten Eisennägeln im 19. Jahrhundert ermöglicht. Sie führte auch zur ersten Umbauphase im Bestand und zum Aufsteilen der Dächer auf Neigungen von 45 Grad und darüber hinaus. (vgl. AICHER & KAUFMANN, 2015, S. 180) Die Lebensdauer von weichen Nagelschindeln wird mit 20 Jahren bis 40 Jahren angegeben. (vgl. HECKL, 1950, S. 127) Im alpinen Bereich hat das ehemals aus Asbestfasern und Zement hergestellte Eternitdach, das farblich an die graue Dachlandschaft mit Deckungen aus verwittertem Holz anschloss, vielerorts das Schindeldach abgelöst. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 31)

Schaubestroh- und Schilfdach

Stroh kommt als Dachdeckmaterial in niederschlags- und nadelholzärmeren Gegenden zum Einsatz. Es ist jedoch an Roggenanbaugebiete gebunden, und konnte daher in Weizen- oder Gerstenproduktionsgebieten kaum Bedeutung erlangen, da nur Roggen und vor allem das Wintergetreide die erforderliche Länge, Festigkeit und zugleich ausreichende Schmiegsamkeit aufweist. Schilfrohdächer sind in Seenlandschaften angesiedelt, vor allem im Bereich des Neusiedlersees übernimmt es die Rolle des Getreidestrohs. Die Technik der Strohdeckung zielt darauf ab, Wassereintritt, stauende Nässe und dadurch frühzeitiges Faulen des Deckstrohs zu verhindern. Eine entsprechend steile Dachneigung und die dichte und geordnete Aufbringung des Strohs ermöglichen eine schnelle Ableitung des Wassers. Die Haltbarkeit der Strohdächer beträgt unterschiedlichen Angaben zufolge 10 Jahre bis 15 Jahre bzw. 40 Jahre bis 50 Jahre, und ist von den Eigenschaften der verwendeten Pflanzengattung und Erntetechnik abhängig. Das Material konnte zur Gänze im eigenen Betrieb hergestellt werden, und hat gute Wärmedämmeigenschaften. Mit dem Aufkommen von veränderten Erntemethoden und Dreschmaschinen fehlte es an geeignetem Roggenstroh, das zudem aufgrund von Züchtungen und Düngungen eine andere Haltbarkeit und Beschaffenheit aufweist. Der Mangel an technisch versierten Arbeitskräften sowie die leichte Entflammbarkeit und nicht zuletzt sein mit Armut konnotiertes Image trugen zum Rückgang von Strohdächern bei. Ihre Ablöse erfolgte vor allem durch Ziegel- und Eternitdeckungen. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 26ff)

Ziegeldach

Ziegeldächer erforderten aufgrund des höheren Gewichtes nicht nur eine entsprechende Dachneigung, sondern auch ein starkes Dachgerüst. Die ältesten Ziegeldeckungsarten wurden von den Bauenden selbst oder gemeinschaftlich hergestellt, wobei Biberschwanzziegel zu den frühesten Formen zählen. Die unten gerundeten Plattenziegel werden doppelt verlegt, wodurch das Dach nicht nur sehr schwer, sondern auch teuer ist. Eine ebenfalls alte Deckungsart bilden die Klosterziegel, die, ausgehend von ihrem Hauptverbreitungsgebiet in Südeuropa, auch in die bäuerliche Architektur in Österreich eingedrungen sind. Jüngere und bereits maschinell hergestellte, einfach oder doppelt gefalzte Ziegel bewirken zwar eine Materialeinsparung, erschweren jedoch die Ausdeckung von Dachkehlen, zudem sind für Firste und Grate spezielle Ziegelformen notwendig. Nach dem zweiten Weltkrieg kamen hellgraue Zementdachziegel zum Einsatz, die vergleichsweise einfach selbst hergestellt werden konnten und nicht an Ziegellehmvorkommen gebunden waren. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 30f)



Abbildung 164: Legschindeldeckung mit Schwerstangen, Museum Tiroler Bauernhöfe

Abbildung 165: Stroheckung, Museum Tiroler Bauernhöfe

Abbildung 166: Ziegeldeckung, Museumsdorf Niedersulz

5.3.5 Überdachte Freibereiche

An Hausfassaden entlanggeführte Freibereiche übernehmen in der bäuerlichen Bautradition zum Teil andere Funktionen wie die Balkone oder Loggien nichtbäuerlicher Wohnhäuser. Dachvorsprünge dienen nicht nur als Witterungsschutz für Holz- oder Lehmwände, sondern auch als Verkehrszone und Arbeitsbereiche im Freien, und sind daher möglichst großzügig ausgeführt. Dachler beziffert die üblichen Dachauskragungen in der Steiermark und Kärnten mit einem Meter, in Salzburg mit zwei Metern und in Tirol mit zweieinhalb Metern und darüber. (vgl. DACHLER, 1906, S. 106)

Im Verbreitungsgebiet zweigeschossiger Blockhausbauten kommt es zu Fassadengliederungen durch Ober- und Hochlauben. (Mundartlich sind für diese Bauelemente sehr unterschiedliche Ausdrücke wie *Lab'n*, *Söller*, *Solder* und andere in Gebrauch.) Diese umlaufenden, außenliegenden Holzgänge werden auf auskragenden Balken aufgelegt, und dienen unter anderem als Trockenzone für Wäsche (daher auch die umgangssprachliche Bezeichnung *Gwandgang*), Feldfrüchte, Holz, etc., können aber auch als Erschließungsgänge genutzt werden. An den traufseitigen, hinteren Enden der Lauben sind vielfach ein Abort, in den Dachwinkeln fallweise Bienenstöcke und Taubenkobel untergebracht. Die Lauben stellen also keinen Aufenthaltsort im eigentlichen Sinn dar. Sie sind dementsprechend schmal ausgebildet und immer zur Gänze von ausladenden Dachflächen überdeckt bzw. bei geringem Dachüberstand in den Dach- oder Wandkörper einbezogen.

Die Anordnung bzw. Orientierung der Gänge erfolgt meist unter Berücksichtigung der Lage des Hauseinganges bzw. der Wetterseite. Brüstungen sind ursprünglich als geschlossene, stets senkrecht angebrachte Bretterschalungen ausgeführt. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 47) Die Niederlaube, ein längs des Hauses führender, erhöhter und befestigter und auch als *Gred'n* bezeichneter Gang, dient der außenliegenden und witterungsgeschützten Erschließung von Wohn- und Wirtschaftsbereichen, aber auch als Eingang und Aufenthaltszone. (vgl. DACHLER, 1906, S. 108)

Die auffallende Breite von Bergenserwälder-Häuser ergibt sich durch das beidseitige Vorziehen der Traufendächer. Dadurch entsteht im Wohnbereich der sogenannte *Schopf*, der als Veranda oder Essraum im Freien verwendet wird. (Analog dazu werden traufseitige Freibereiche bei Gehöften aus dem Rheintal *Stübli* genannt.) Indem sich die Schöpfe entlang der Wirtschaftsgebäude fortsetzen, bilden sie dort wettergeschützte Zugänge für die Stall- Scheunen- und Schuppenbereiche. (vgl. ILG, 1973a, S. 41)

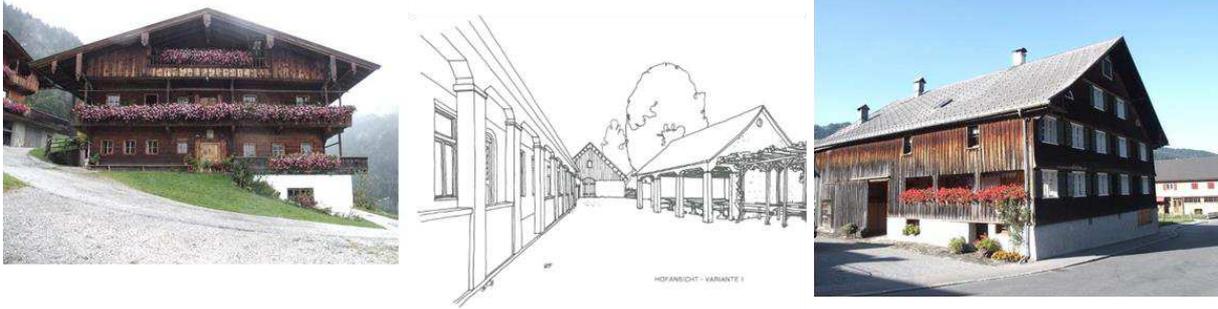


Abbildung 167: Hoch-, Ober- und Unterlaube an der Giebelfassade eines Unterinntaler Einhofes in Alpbach (2015)

Abbildung 168: Skizze einer *Gred'n* bzw. Arkade eines Gehöftes in Illmitz (Spielhofer, 1981, S. 126)

Abbildung 169: Schopf eines Bregenzerwälderhauses in Schwarzenberg (2015)

5.3.6 Fenster und Türen

Fenster stellen ein wesentliches Gliederungselement von Gebäudeansichten dar, dem je nach Ausbildung der Außenwand als Block-, Ständer- oder Mauerwerksbau unterschiedliches Gewicht zukommt. Ihre oft geringen Ausmaße, die in Gebirgsregionen lediglich 20 cm auf 20 cm betragen können, ist vor allem durch die Funktion zur Kälteabwehr erklärbar. Mitte des 20. Jahrhunderts wurde der Wärmeverlust durch einen Quadratmeter eines Fensters dem einer sechs Quadratmeter großen und 38 cm starken Ziegelwand gleichgesetzt. (vgl. HECKL, 1950, S. 129) Aber auch der von Außenarbeit (Anm.: vor allem der Männer, siehe Kapitel 1.6.1) geprägte bäuerliche Lebensalltag beeinflusste den Bedarf an Licht und damit die Größe von Fensteröffnungen. In diesem Zusammenhang wurde auch angemerkt, dass im bäuerlichen Wohnen kleinere, nicht von der Stadtmode [sic!] beeinflusste Fenster zu bevorzugen seien. (vgl. HECKL, 1949, S. 241)

Mit dem zunehmenden Bedürfnis nach höherem Wohnkomfort stieg der Bedarf nach größeren Fenstern. Im Falle von Ständer- und Fachwerkbauten wurden diese bereits früh ausgeführt, und haben die Entwicklung modernerer Fensterformen erleichtert. Beim Blockbau haben sich kleine Fensterdimensionen jedoch bis in jüngere Vergangenheit gehalten. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 49) Da die Tragfähigkeit von Blockbauwänden nur durch möglichst ohne Unterbrechung durchlaufende Balken gegeben ist, wurden rechteckförmige Ausnehmungen aus zwei übereinanderliegenden Wandhölzern bis zur jeweiligen Hälfte des Balken-Höhenmaßes ausgehackt, wodurch annähernd quadratische Fensteröffnungen entstehen konnten. Ursprünglich erfolgten die Wandholzausnehmungen in oval Form mit Reifmessern, sodass die Form eines Auges entstand. Sprachlich sind davon Begriffe wie *augadaura*, *vindauga* oder das englische *window* entstanden. Die Übernahme des lateinischen *fenestra* als deutsches Lehnwort ist vermutlich im Zusammenhang mit der Entwicklung viereckiger Fenster im Mauerbau zu sehen. Die Fensterleibungen wurden außenseitig abgeschrägt. Durch die trichterförmige Ausbildung der Öffnungsgeometrie wurde der Lichteinfall in den Innenraum und die Sicht nach außen begünstigt.

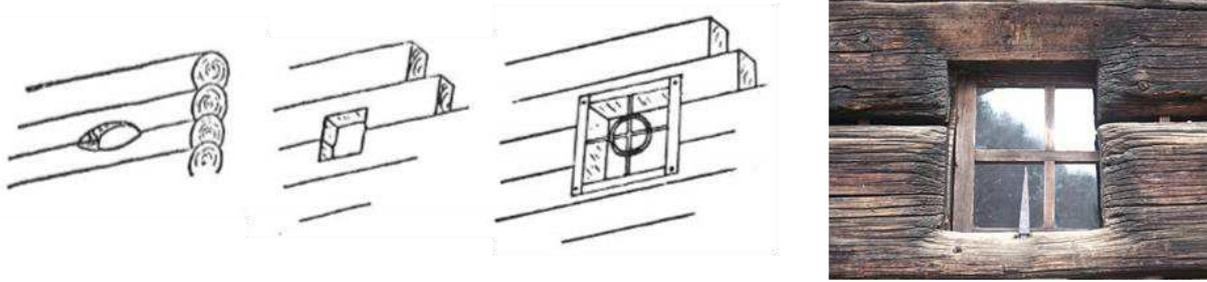


Abbildung 170: Altartige Blockbaufenster: Gegengleicher, ovaler Ausschnitt (Windaug) an der Ober- und Unterseite von zwei aufeinander liegenden Balken, quadratische Fensterluke, Vergrößerung des Fensters über zwei Balkenbreiten mit Rahmenkonstruktion und einfachem Eisengitter (Tomasi, 1977, S. 10)

Abbildung 171: Blockbaufenster mit trichterförmiger Leibung und sogenanntem Wolfszahn zur Tierabwehr, Freilichtmuseum Stübing

Um trotz der kleinen Öffnungen den Lichteintrag zu begünstigen, wurden in einer Außenwand bis zu fünf Fenster eingeschnitten. (Siehe

Abbildung 133) Da diese konstruktionsbedingt nicht in einer Reihe angeordnet werden konnten ohne die Stabilität der Wand zu gefährden, versetzte man zwei der fünf Fenster in höher liegende Positionen. (vgl. PÖTTLER, 2001, S. 42f)

Bei Mauerbauweise wie zum Beispiel den großen Steinbauten Westtirols sind die Fensterpositionierungen in eng verbauten Dörfern im Wesentlichen auf die Straßen- bzw. Schauseiten der Gebäude beschränkt. Die übrigen Hauswände weisen hingegen häufig fensterlose und ungegliederte Mauerflächen auf. Zur Begünstigung von Lichteinfall und Aussicht kommt es zur Bildung von Erkern, die mittig in der Mauer oder an Hausecken gelegen, mit polygonalem Querschnitt und pyramidenförmigem Helm als Abschluss ein typisches Merkmal der dortigen Bauweise darstellen. Bei den schmalen Giebelfronten der ebenerdigen Streckhöfe in den östlichen Landesteilen sind betont stehende Fensterformate typenhaft, die unter städtischem Einfluss vielfach kunstvolle Stuckumrahmungen erhielten. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 49)



Abbildung 172: Erker im Eckbereich eines Gebäudes bei Eppan, Südtirol (HABERLANDT & DACHLER, 1905)

Abbildung 173: Stubenfenster eines Bauernhauses in Oberschützen, Burgenland (HABERLANDT & DACHLER, 1905)

Seitenlängenverhältnisse von 8 zu 9 bzw. 9 zu 11 sind die bei hochformatigen Fenstern am häufigsten in Erscheinung tretenden Proportionen, wobei im Alpen- und Donauraum etwa acht Formatverhältnisse verbreitet sind: für liegende Fenster 1 zu 1, 5 zu 4, 4 zu 3 und 8 zu 5, für stehende Fenster 8 zu 9, 9 zu 11, 3 zu 4 und 5 zu 7. Die Breite alter gemauerter Bauernfenster beträgt üblicherweise 62 cm bis 63 cm (zwei „schuh-breit“), als Höchstmaß werden 90 cm angegeben. (RUECKLINGER, 2017, S. 74 nach HECKL, 1949)

Bis in das 17. Jahrhundert war die Verwendung von Glasscheiben bei Bauernhäusern selten. Als transparentes Fenstermaterial wurden geöltes Papier oder Tierblasenhäute verwendet, die über Rahmen gespannt wurden. Auch bei bereits besserer Verfügbarkeit von Glas war die Konstruktion von nur einfachen und kleinformatigen Schiebefenstern üblich, wobei die Öffnungen zum einen mit einem transparenten Fensterflügel zum anderen mit einem einfachen Holzschuber verschlossen werden konnten. (vgl. DACHLER, 1906, S. 120)

In Vorarlberg wurden ab circa 1800 bleiverglaste Butzenfenster in Größen von etwa 50 cm x 100 cm für den Fensterbau verwendet, die aufgrund des Wunsches nach vergrößerten Lichteintrittsöffnungen entstanden sind. Die Verfügbarkeit von größeren Glasflächen in Form von mundgeblasenem Zylinderglas zu Beginn des 19. Jahrhunderts führte zu einer weiteren Phase der Fensterentwicklung. Die Halbflügel wurden meist in sechs Teilungen gegliedert, die später mit zusätzlich öffnbaren Lüftungsflügeln ausgestattet wurden. Im Zuge weiterer Innovationen wurden außenseitig Vorfenster angebracht, die im Sommer ausgehängt und eingelagert wurden. Diese Kastenfensterkonstruktionen bestehen aus zwei einfachen, distanziert hintereinander angeordneten und miteinander verbundenen Stockrahmen sowie aus Fensterflügeln mit Einfachverglasungen. Diese haben jeweils einen eigenen Drehpunkt und eine eigene Verschlussmöglichkeit. Die Verdoppelung dieser Flügel wurde ab Mitte des 19. Jahrhunderts üblich. Größere, maschinell gefertigte Gläser mit Formatgrößen von 130 cm x 110 cm waren ab Beginn des 20. Jahrhunderts verfügbar. (vgl. AICHER & KAUFMANN, 2015, S. 177)

Die Anbringung von zunächst ein-, bei größeren Öffnungen beidseitig verschließbaren Fensterläden ist im bäuerlichen Bereich als spezifisches Merkmal auf bestimmte Gebiete und Haustypen beschränkt wie etwa auf Teile des Salzkammergutes und Vorarlbergs. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 49) Die Ausführung erfolgte als drehbare, vollflächige Läden aus Holzbrettern, die zum Schutz der Fenster, als Sonnen- und Windschutz und damit zu energetischen Zwecken aber auch als Gestaltungselemente eingesetzt wurden. (vgl. AICHER & KAUFMANN, 2015, S. 178)

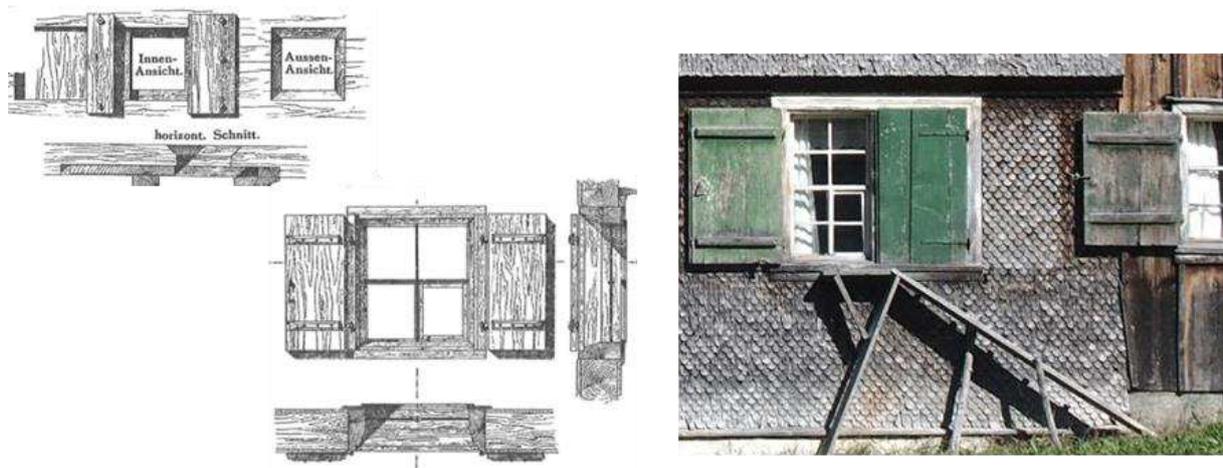


Abbildung 174: Rauchstubenfenster: Innen- und Außenansicht sowie Horizontalschnitt einer Konstruktion in Kraiwiesen bei Salzburg (HABERLANDT & DACHLER, 1905)

Abbildung 175: Stuben- bzw. Rahmenstockfenster: Außenansicht und Schnitte einer Konstruktion in Kraiwiesen bei Salzburg (HABERLANDT & DACHLER, 1905)

Abbildung 176: Katzenstiege und Fenster mit mehrteiligen Fensterflügeln und außenliegenden Fensterläden, Bregenzerwald nahe Schwarzenberg (2015)

Die Haustüren früher Blockbaukonstruktionen weisen nach Dachler Breiten im Richtwert von 1 m - 1,6 m und lichte Durchgangshöhen von zumindest 1,7 m auf, wobei die Höhenabmessungen durch die Geschoßhöhen limitiert sind. (vgl. DACHLER, 1906, S. 177) Heckl empfiehlt für Wohnbereiche aus

ökonomischen und Wärmeschutzgründen ein Türmaß von 0,9 m Breite und 1,9 m Höhe. (vgl. HECKL, 1950, S. 130) Bei alten Türkonstruktionen fehlt vielfach ein eigentlicher Türstock bzw. ist dieser auf zwei vertikale Türpfosten beschränkt, während die Türschwelle und der Türsturz durch das unter bzw. über der Türöffnung liegende Wandgefüge gebildet werden. Das Türblatt von einfachen Eingangsportalen besteht aus drei bis vier roh gefügten Brettern, die eine Bohlentüre bilden und die in aufwändiger ausgearbeiteter Form mit bestimmten Motiven und Symbolen verziert sein kann.

Bei Mauerwerksbauten sind breitere Türöffnungen typisch. Diese sind meist mit einem Rund-, Spitz- oder Kielbogen überwölbt, da bei alter Steinmauertechnik gerader Türstürze schwierig auszubilden waren. (vgl. TOMASI, 1977c, S. 50) Umrahmungen werden aus Elementen aus regionaltypischem Gestein wie zum Beispiel Granit oder Sandstein gefertigt. (RUECKLINGER, 2017, S. 76) Eingangstüren sind häufig geteilt und aus einem oberen und unteren Flügel ausgebildet. In der warmen Jahreszeit bleibt der obere Flügel zur Entlüftung der Innenräume offen, die untere Türblatthälfte zur Abhaltung von Kleinvieh geschlossen. Aufgrund von äußerem Windanfall und Schneewehen sind Haustürflügel innenseitig angeschlagen, wodurch sich die Möglichkeit ergibt, einen einfachen Verschluss aus einem innenliegenden Querriegel anzubringen. Im Falle fensterloser Vorhäuser ist über der Tür ein vergittertes Oberlicht angeordnet. (vgl. DACHLER, 1906, S. 118f) Vielfach dienen auch Öffnungen im Türflügel zur Raumbelichtung.



Abbildung 177: Hauseingangstür-Skizze mit vertikalen Türpfosten (Dachler, 1906, S. 117)

Abbildung 178: Bohlentür in Blockbauwand, Freilichtmuseum Stübing

Abbildung 179: Massive Außenwand mit Rundbogenportal, Museum Tiroler Bauernhöfe

Abbildung 180: Portal mit Steineinfassung und Türblatt mit Rautenmuster, Freilichtmuseum Stübing

5.3.7 Belichtung und Beleuchtung

Natürliche Belichtung und künstliche Beleuchtung

Aufgrund kleindimensionierter Blockbaufenster und in oft fensterlosen Vorräumen und Küchen waren die natürlichen Lichteinträge im Innenraum sehr gering. Sehaufgaben konnten daher nur unmittelbar neben Fensteröffnungen, sofern dieses nicht durch außenliegende Brennholzstapel verstellt oder durch Hochlauben verschattet wurden, bzw. im Licht des offenen Herdfeuers oder brennender Holzstäbe verrichtet werden. Größere Fensteröffnungen wurden aus konstruktiven und Wärmeschutzgründen, hauptsächlich jedoch mangels entsprechender Glasformate vermieden. (vgl. DACHLER, 1906, S. 120) Pöttler bemerkt, dass man den Sichtbezug nach außen durch die charakteristische Höhenstaffelung von Rauchstubenfenstern zu begünstigen versuchte. Die drei Fenster der unteren Reihe erlauben es, den auf einer entlang der Fensterreihe geführten Stubenbank sitzenden Personen ins Freie zu blicken, während die hochliegenden Fenster in der Regel den Sehhorizont für eine stehende Person bilden. Hochliegende Fenster finden jedoch nicht nur in Rauch- und Kachelstuben Verwendung, sondern auch in Schlafkammern. Dort sind sie jedoch mitunter derart weit oben in der

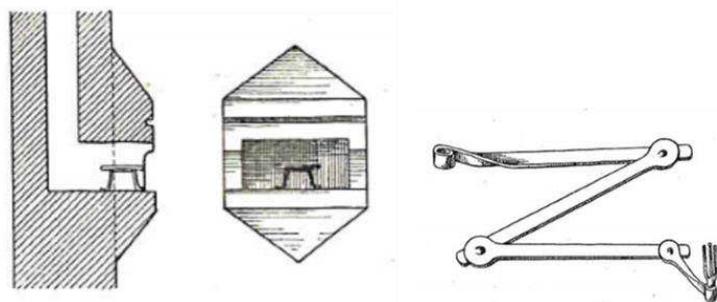
Wand angebracht, dass sie weniger dem Ausblick, sondern eher dem Lichteintrag und der Frischluftzufuhr dienen. (vgl. PÖTTLER, 1981a, S. 16)

Künstliche Beleuchtung

Wenn nach Einbruch der Dunkelheit oder durch kältebedingtes Verschließen von Fassadenöffnungen mit unverglasten Fensterflügeln kein natürliches Licht zur Verfügung stand, erfolgte die Beleuchtung von Innenräumen bis ins 20. Jahrhundert fast ausschließlich mit offen brennendem Feuer. Vor der Einführung der Kerzen- oder Petroleumlichtes wurde dieses von Holzspanleuchten abgegeben, soweit man sich nicht mit dem Licht des Herdfeuers begnügte. (vgl. PÖTTLER, 1978, S. 28) Die zur Beleuchtung verwendeten Brennspäne waren etwa 1 m lang und 2 cm – 3 cm breit. Sie wurden annähernd waagrecht positioniert bzw. in eigens vorgesehenen Halterungen angebracht, und brannten langsam ab. Als Brennmaterial wurde vor allem Buchen- und Fichtenholz verwendet. Zwar gab das harzreiche Föhrenholz die hellste Flamme ab, seine Verwendung als Brennspan- bzw. Kienholz war jedoch aufgrund der starken Qualmentwicklung eingeschränkt. Um die Rauchentwicklung im Wohnbereich zu vermeiden bzw. zu verringern, wurden hölzerne, eiserne, geflochtene oder mit Lehm beschlagene und geweißte Trichter über das Spanlicht gehängt, welche in Röhren übergingen, die den Rauch über Dach, in den Rauchschtot oder zumindest in den Dachraum ableiteten. Auch durch kleine Nischen im gemauerten Trennwandbereich zwischen Küche und Stube, den sogenannten Wandleuchten, konnte Rauch durch kleine Schlotte ins Freie geführt werden. (vgl. HABERLANDT & DACHLER, 1906, S. 144ff)

Abbildung 181: Schnitt und Ansicht einer Wandleuchte mit Entrauchungsschlot (Dachler, 1906, S. 150)

Abbildung 182: Drehbare Spanhalterung (Dachler, 1906, S. 147)



Kerzen und Öllampen bilden gegenüber brennenden Holzscheiten und mit Pech oder Harzen angereicherten Fackeln eine grundlegende technische Neuerung: Bei ihnen dient ein Docht als ausschließliche Brennstelle, der den zu seinem Unterhalt erforderlichen Ölbrennstoff aus einem räumlich getrennten Reservoir bezieht. Der Antrieb für neue Entwicklungen von Beleuchtungstechniken vor allem im 18. Jahrhundert war der erhöhte Lichtbedarf, der unmittelbare Auslöser die Theorie der Verbrennung, die der französische Naturwissenschaftler Antoine Laurent de Lavoisier (1743 – 1794) entwickelt hatte. Seine Entdeckung, wonach zur Verbrennung der in der Luft enthaltene Sauerstoff ebenso notwendig ist wie der im eigentlichen Brennmaterial enthaltene Kohlenstoff, forderte einen Wechsel der Grundanschauung der Beleuchtungstechnik. Bereits zuvor hatte sich das Interesse auf den Docht und damit jenen Teil von Lampen konzentriert, an dem die eigentliche Verbrennung stattfindet. Im 18. Jahrhundert gab es bereits reiches Erfahrungswissen über den Docht und zahlreiche Versuche, ihn zu verbessern. Material, Webart und Durchmesser waren bekannt, man ging sogar soweit, ihn mit Chemikalien zu imprägnieren und widerstands- und leistungsfähiger zu machen. Durch röhrenförmig ausgebildete Döchte erhielt die Flamme die verdoppelte Luftzufuhr. Die Folge waren erhöhte Verbrennungstemperaturen und damit restlose Verbrennungen der Kohlenstoffpartikel, die im traditionellen massiv gewebten Docht großteils unverbrannt als Ruß in die Luft gegangen waren und die Leuchtkraft der Flammen beeinträchtigten. Die Wirkung der verdoppelten Luftzufuhr wurde durch die Innovation des Glaszylinders, in den die Flamme eingeschlossen war, zusätzlich gesteigert. Dieser übte

einen Kamineffekt aus, und wirkte als Schutz gegen Luftströmungen, die die Flammen oft unruhig machten. Durch einen Mechanismus, mit dem sich der Docht heben oder senken ließ, konnte die Brennstoffzufuhr und damit die Lichtstärke der Flamme geregelt werden. (vgl. SCHIVELBUSCH, 2004, S. 13ff) Sogenannte *Schmerfunzen*, kleinen Schalen zur Aufnahme von Unschlitt (dem Fett geschlachteter Schafe oder Hornvieh) mit Schnabel zur Einlegung des Dochtes, Stiel, Henkel und Fuß, dienten im ländlichen Raum zur Stubenbeleuchtung. Auch Raps-, Leinkern-, Sonnenblumen- und Kürbisöl wurden für Beleuchtungszwecke gewonnen, wurden jedoch mit der Entdeckung und Verwendung des billigen Petroleums als Beleuchtungsmittel fast gänzlich verdrängt. (vgl. HABERLANDT & DACHLER, 1906, S. 151ff)

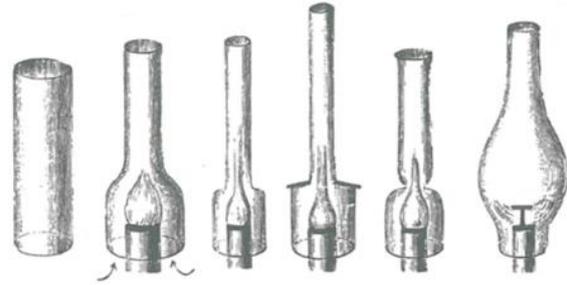


Abbildung 183: Unterschiedliche Glaszylinderformen von Dochtlampen (Schivelbusch, 2004, S. 20)

Die Einführung elektrischer Beleuchtungstechniken in Österreich erfolgte gegen Ende des 19. Jahrhunderts. Im Jahr 1882 fanden dazu in Wien erste Probebeleuchtungen mit elektrischen Bogenlampen statt, doch erst um die Jahrhundertwende wurden größere Bereiche der Wiener Innenstadt definitiv auf elektrische Beleuchtung umgestellt. (vgl. POSCH u. a., 2010, S. 21)

5.4 Verbreitungsgebiete regionaltypischer Gehöftformen

Auf Basis der Konfiguration der vier wichtigsten Gebäudetrakte Wohnhaus, Stall, Scheune und Schuppen und ihren jeweiligen Grundrissen wurde von Tomasi und Kretschmer eine Typisierung von Gehöften vorgenommen, deren regionale Verteilung in einer kartographischen Darstellung verdeutlicht ist. (Vgl. KRETSCHMER & TOMASI, 1977, S. 96)

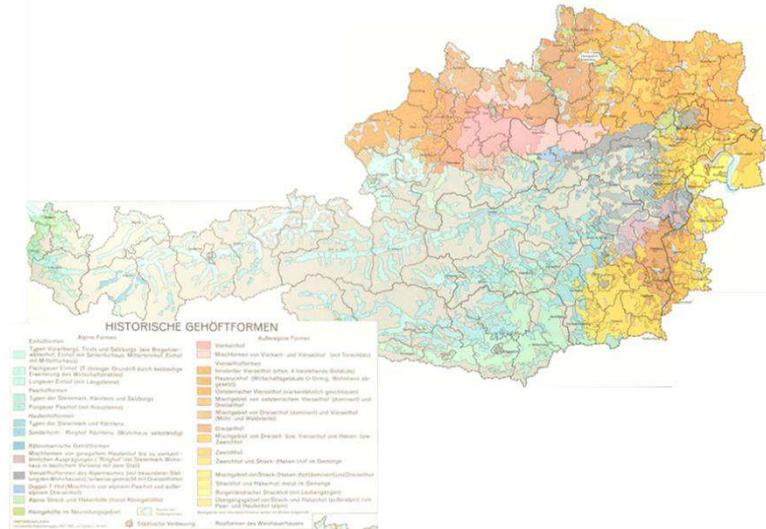


Abbildung 184: Verbreitungsgebiete von historischen Gehöftformen (Kretschmer und Tomasi, 1977, Blatt 96, vergrößerte Legende siehe Anhang)

In den nachfolgenden Ausführungen wird ein Querschnitt der in den österreichischen Bundesländern angesiedelten Gehöfttypen und ihre baulichen Charakteristika beschrieben. Im Hinblick auf die Auswahl von Fallbeispielen und die empirische Untersuchung ihrer bauklimatisch relevanten Charakteristika lieferten Exkursionen in regionale Hauslandschaften und Literaturrecherchen, dabei vor allem die Publikation der Architektin Herrad Spielhofer „In alten Bauernhäusern Leben“ und die darin gezeigten Anschauungsobjekte, wichtige theoretische und Arbeitsgrundlagen. Zielsetzung dieser 1981 erschienenen Arbeit war es, Besitzern von alten Wohnhäusern brauchbare Lösungen für deren funktionelle und formale Neugestaltung vorzulegen. Für unterschiedliche Haustypen wurden Umbauvorschläge ausgearbeitet, welche die Möglichkeiten einer optimalen Funktionserfüllung und damit Perspektiven für den Fortbestand der Gebäude aufzeigen. (vgl. PÖTTLER & SPIELHOFER, 1981, S. 9) Über 40 der vorgestellten und nach wie vor als Wohnobjekte genutzten Gebäudebeispiele, deren ursprüngliche Raumkonfigurationen trotz Adaptionen noch erkennbar sind, wurden lokalisiert und im Rahmen von Vor-Ort-Besichtigung in den Jahren 2015 und 2016 erneut photographisch dokumentiert. Zur Veranschaulichung ihrer baulichen Merkmale werden eine Auswahl an publizierten Grundrissen und Hausansichten sowie aktuelle Photographien untereinander gereiht gezeigt. (Im Burgenland konnte keines der publizierten Objekte ausgemacht werden.)

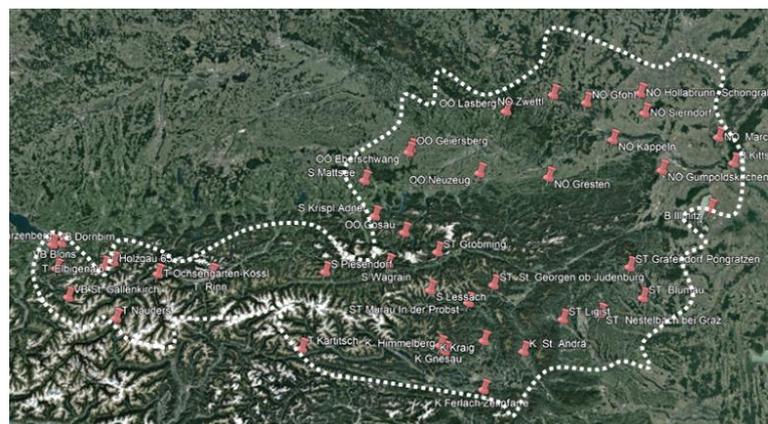


Abbildung 185: Standorte der lokalisierten und dokumentierten Objektbeispiele in acht Bundesländern (Screenshot Google Earth, 14.9.2018)

5.4.1 Vorarlberg

Rheintal

In ebenen Lagen des Alpenrheingebietes sind Einhöfe die vorherrschende Gehöftform. An Talhängen finden sich sogenannte halbvollendete Einhöfe mit gemäß der Hanglage abgestuften Dachfirsten. Der talwärts orientierte Wohnbereich wird dabei vom bergseitig gelegenen Wirtschaftsteil überragt. Die meist steilgiebeligen Dächer dürften ursprünglich strohgedeckt gewesen sein, wobei aufgrund von Lehmvorkommen im Rheintal vielfach auch Ziegel als Deckmaterial verwendet wurde. Vordächer und die Anordnung von Schindelpanzer ab dem 19. Jahrhundert sind unter anderem als Reaktion auf die vorhandenen Niederschlagsmengen zu sehen, wobei durch die weit herabgezogenen Traufdächer verandaartige Raumerweiterungen (*Stübli* oder *Küchenschöpfe*) entstehen, in denen sich das Alltagsleben der Bewohner abspielte. (vgl. ILG, 1973b, S. 39)

Bregenzerwald

Auch im Bregenzerwald sind Einhöfe die bestimmende Gehöftform, die Parallelen zu den Hauslandschaften des Rheintals, von wo aus die Volkgruppe der Wälder ab dem 11. Jahrhundert in das großräumige Waldgebiet einwanderte, aufweist. Die Gebäude treten meist als Breitgiebelhäuser in Erscheinung, wobei sich die Wohnhausbreite ebenfalls durch das beidseitige Herabziehen der Traufdächer ergibt. An das Wohnhaus schließt ein ebenso breites Wirtschaftsgebäude für den Viehbestand und den Futterraum an. (vgl. ILG, 1973a, S. 41) Der Typus des Bregenzerwälderhauses ist als sekundärer Einhof aus Paar- oder Gruppenhöfen hervorgegangen. Im Zuge des allmählichen Zusammenschlusses zum Einhof wurden Wohnhaus, Tenne, Stall und Scheune in Firstrichtung hintereinander gerückt und durch ein gemeinsames Dach überdeckt. Die Entwicklung dieser Angleichung ist auch heute durch mitunter ungleich hohe Firste erkennbar. Das Gebäude ist ein zwei- oder dreigeschoßiger Holzbau, der in der Regel auf einem gemauerten und als Keller dienenden Fundamentbau errichtet ist, der je nach Topographie 0,8 m bis 2 m aus dem Gelände herausragt. Dem Grundriss nach ist das Bregenzerwälderhaus ein Flurküchenhaus. Die Flurküche durchquert das Haus von Traufe zu Traufe, und bietet Zugang zur Stube, in das Schlafzimmer, dem sogenannten *Gaden*, sowie ins Obergeschoß. Durch die Verbindung von Stube und Schlafzimmer ergibt sich eine für Vorarlberg regionaltypische, zusammenhängende Wohnung mit quadratischem Grundriss. Innerhalb des Bregenzerwaldes ist eine sekundäre Differenzierung zwischen den Häusern im nördlichen Vorder- und südlichen Hinterwald feststellbar. Während im Hinterwald durchwegs Gebäude mit Flurküche zu finden sind, kam es im Vorderwald Ende des 18. Jahrhunderts zur Entwicklung von Mittelflurhäusern. Diese sind durch Flurvereinödungen im 18. Jahrhundert und den Verlust des Dorfcharakters der Siedlungen zugunsten von Neubauten in Streusiedlungen und günstigen Besitzverhältnissen entstanden. Eine Besonderheit des Bregenzerwälderhauses ist eine offene Veranda, die entlang der gesamten Traufseite des Wohnteiles angeordnet ist, und die als *Schopf* bezeichnet wird. Dieser setzt sich im Obergeschoß als sogenannter *Oberschopf* oder *Schlupf* fort, und wird dort als Hauswirtschaftsraum genutzt. Der *Schopf* wird über eine Stiege erreicht, und dient als Eingangsbereich in die Flurküche. In den Gebäuden des Hinterwaldes liegen *Schöpfe* an beiden Traufseiten, wobei jener an der sonnenabgekehrten Seite meist geschlossen und in den Baukörper integriert ist. In der Regel sind im schattenseitigen *Schopf* auch ein Vorraum sowie ein Abort angeordnet. Der sonnenexponierte *Schopf* dient in der warmen Jahreszeit als Ess- und Wohnraum. Seine großen Öffnungen können im Winter mit Läden geschlossen werden. Als in späterer Zeit verglaste thermischer Pufferraum trägt der *Schopf* zur Verbesserung des Wärmehaushaltes der Gebäude bei. (vgl. PÖTLER, 1984, S. 13ff)

Das Zentrum der Bregenzerwälderhäuser bildet die Küche mit offener Feuerstelle und Rauchabzug. Die als Hinterlader ausgeführten Kachelöfen beheizten die rauchfreien Wohnstuben, und leisteten einen

wichtigen Beitrag zur Wohnkulturentwicklung im Alpenraum. (vgl. AICHER & KAUFMANN, 2015, S. 167) Besonders bemerkenswert sind die meist sehr geräumigen, holzvertäfelten Wohnstuben, die jedoch nur sehr geringe Raumhöhen zwischen 1,9 m und 2,2 m aufweisen. (vgl. SCHICKHOFER & LÖFFELBERGER, 1973, S. 11)

Zwei bis drei Reihen großer und mit Balken versehener Fenster, die mit Rahmenstöcken in die Blockbau-Außenwände integriert sind, prägen das Erscheinungsbild der Fassaden. Kleinformatische Blockbaufenster sind nur vereinzelt zu finden wie zum Beispiel im Bereich des sogenannten *Sälestübles* (ein auch als *Großmutterstüble* bezeichneter, wenige Quadratmeter großer und traufseitiger Wohnraum) oder im Wirtschaftstrakt. Die Entwicklung einer zum Teil professionellen Heimarbeit hat das Verlangen nach gut belichteten Räumen mit vergleichsweise großen Fensteröffnungen verstärkt. Die stark gegliederten, sechs bis zwölfteiligen Fensterflügel sind zudem mit kleinen, feststellbaren Drehflügel zur Raumlüftung ausgestattet und handwerklich hochwertig gefertigt.

Die Wirtschaftstrakte von Bregenzerwälderhäusern können sowohl in Blockbau- als auch Riegelbauweise mit schlichten, lotrechten Brettermänteln errichtet sein. Seit dem 19. Jahrhundert werden Fassaden vielfach mit schuppenartigen Schindeln, die dachziegelartig an die Blockfassaden angeschlagen sind, verkleidet. Diese Konstruktionsweise erhöht die Lebensdauer der durch Regen, Schnee und Wind stark beanspruchten Holzwände, und verbessert den Wärmehaushalt. Zudem schützen Klebedächer, die an der Giebelseite der Wohntrakte entweder über gesamte Fensterreihen oder über einzelnen Öffnungen angebracht sind, vor Schlagregen und Tropfwasser. (vgl. PÖTTLER, 1984, S. 18ff)

Die Orientierung von Bregenzerwälderhäusern folgen einem auffallend einheitlichen Schema, bei dem die Wohnbereiche der längs-gerichteten Baukörper vielfach nach Osten, die Arbeitsbereiche an den Längsseiten nach Süden und die Bergeräume nach Westen und damit zur hier vorherrschenden Wetterseite orientiert sind. Die Firstlinien sind meist normal zum Talverlauf ausgerichtet. (vgl. AICHER & KAUFMANN, 2015, S. 172)

Walsertäler

Im Mittelalter ließen sich Bewohner aus den Westalpen in Vorarlberg nieder. Die von ihnen besiedelten Regionen wurden nach ihrer Walliser Herkunft Walsertäler oder Walserische Bergtäler Vorarlbergs genannt, und sind durch das Damülser-, Brandner-, Kleines und Großes Walsertal, Laternsertal, das obere Lechtal und zum Teil das Montafon mit dem Silbertal zusammengefasst. Durch das steile Gelände und die in diesen Regionen hohe Lawinengefahr erwies sich eine aufgelockerte Hofanlage als vorteilhaft, da die Hofstelle durch die voneinander abliegenden Gebäude im Katastrophenfall nicht zur Gänze vernichtet werden würden, wie dies bei einer geschlossenen Hofanlage der Fall gewesen wäre. Allerdings war es auch notwendig, jeden Tag und mitunter in der Nacht den Weg zu den drei bis fünf Gehminuten entfernt liegenden Stall- und Heubergeräumen zurückzulegen. Die typische Hofform ist jedoch nicht der Haufenhof, sondern der in Holzbauweise errichtete Paarhof, der das Bild der Siedlungslandschaft beherrscht. Walser Häuser sind als Flurküchen- oder Eckflurhäuser ausgeführt. Über ihrem traufseitigen, meist ostorientierten Hauseingang befindet sich ein Balkon, die kleinen Fenster sind mit Läden versehen. Die Westseite ist meist fensterlos ausgeführt und mit einem *Schopf* abgeschirmt. (vgl. ILG, 1973d, S. 45) Die Dachfirste sind meist normal zur Talachse ausgerichtet, wodurch die Ableitung von Wasser und Schnee begünstigt wird. Stall und Futterräume sind vorwiegend an der West- oder Nordseite des Wohnhauses positioniert. Das Walserhaus weist vielfach einen Keller aus verputztem Steinmauerwerk auf, auf dem ein Unter- und Obergeschoß sowie einen Dachgiebelraum erreicht sind. Die Außen- und Trennwände sind in der Regel in Blockbauweise ausgeführt. Massive Mauerwerke sind auf Wandbereiche zwischen Herd und Ofen beschränkt. Die Neigungswinkel der ursprünglich mit Holzschindeln gedeckten Dächer liegen meist unter 30 Grad. (vgl. KIRCHHEIM, 1980, Kap. 6.3)

Montafon

Im südlichsten Landesteil von Vorarlberg sind Paarhöfe die bestimmende Gehöftform. Das wesentliche Charakteristikum der Wohnhäuser sind die gemauerten und weiß getünchten Raumelemente, in denen die Feueranlagen für Küchenherd und Stubenofen untergebracht sind, sowie die in Holzbauweise ausgeführten Wohn- und Schlafbereiche. Typisch sind zudem die vorragenden, mit Schindeln gedeckten Dächer und die mit seitlich angebrachten Fensterläden verschließbaren, meist kleinformatigen Fensteröffnungen. (vgl. BEITL, 1973, S. 47)

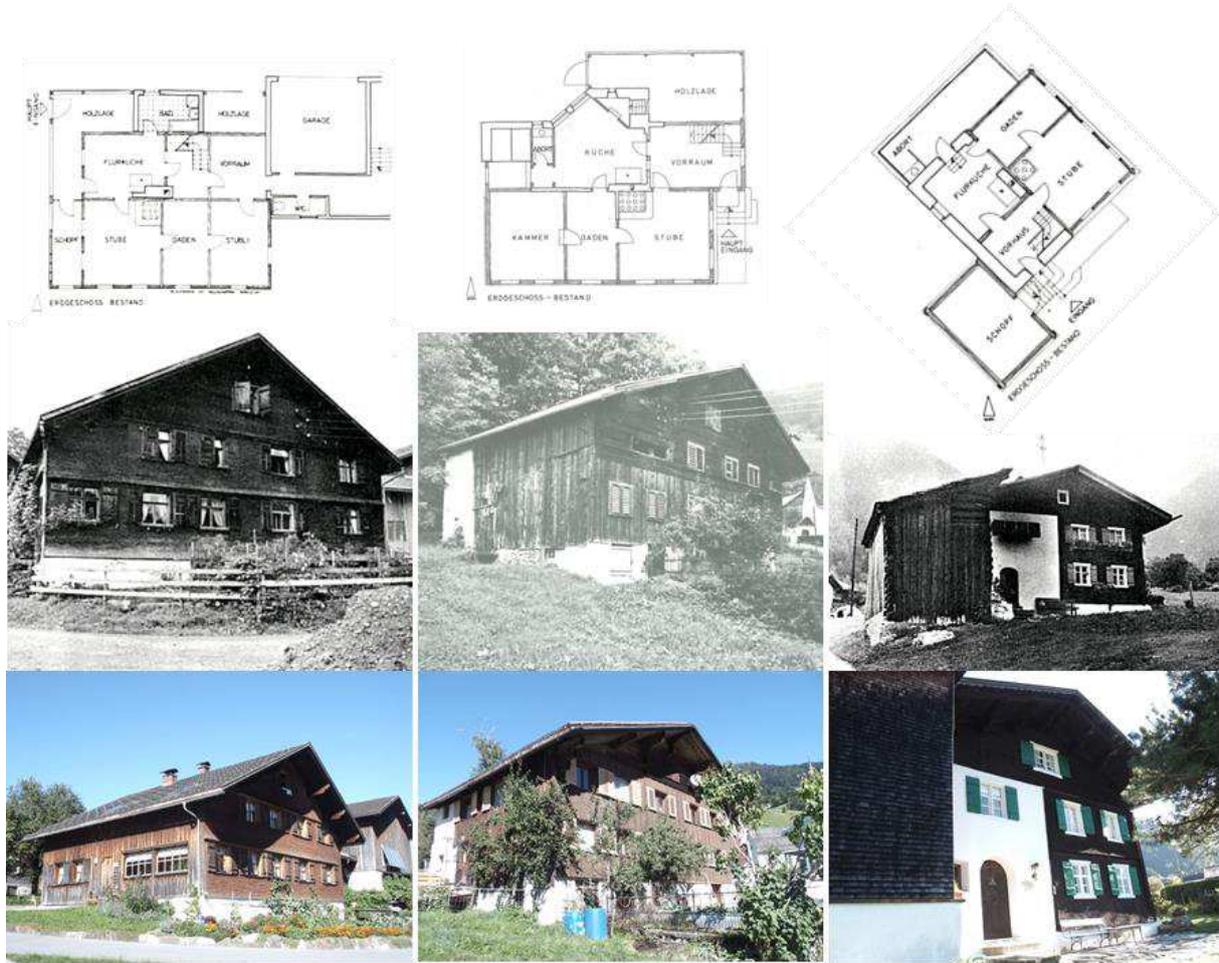


Abbildung 186: Bregenzerwälderhaus in Schwarzenberg: Grundriss und Hausansicht mit sonnenexponiertem Schopf als thermischer Pufferraum (Spielhofer, 1981, S. 16), Südwestansicht (2015)

Abbildung 187: Walserhaus in Blons: Flurküchengrundriss und Hausansicht (Spielhofer, 1981, S. 18), Südwestansicht (2015)

Abbildung 188: Montafoner Haus in St. Gallenkirch: Grundriss mit gemauertem Küchen- und gezimmertem Wohnbereich, Ansicht Eingangsfassade (Spielhofer, 1981, S. 20), Südansicht (2015)

5.4.2 Tirol

In Tirol und vor allem im Unterinntal besteht das österreichweit größte und geschlossenste Verbreitungsgebiet von Einhöfen, die auch im oberen Inntal bis Landeck, im Außerfern und im Kitzbühler Raum vertreten sind. (vgl. SCHICKHOFER u. a., 1985, S. 33) Die für gebirgige Geländebeziehungen zu erwartenden Haufenhöfe sind auf wenige Restgebiete beschränkt. (vgl. ILG, 1973c, S. 51)

Außerfern

Auch im unteren Lechtal im Bezirk Reutte ist der Einhof die vorherrschende Gehöftform. Alte Gebäude sind gezimmert, in jüngerer Zeit entstanden vielfach gemauerte Bauten. Holzbaukonstruktionen wurden ab dem 18. Jahrhundert oftmals verputzt und mit Wandmalereien, ab dem 19. Jahrhundert auch mit Stuckwerken versehen. Die dominierenden Raumkonfigurationen sind Mittel- und Eckflurgrundrisse. (vgl. SCHICKHOFER u. a., 1985, S. 36)

Tiroler Oberland

Die Hauslandschaft des Oberinntals samt seiner Seitentäler ist vor allem von Paarhöfen geprägt. Die im Westen Tirols bis zur Gegenwart angewandte Realteilung unter den Hoferben hat zahlreiche Um- und Ausbauten von Haus und Hof zur Folge, weshalb die ursprünglichen Grundrisstypen heute vielfach nicht mehr erkennbar sind. Im Stanzer- und Paznauntal sind starke Einflüsse der rätomanischen Gehöftformen aus dem Montafon und den Walsertälern feststellbar, die dem Paarhofsystem angehören und vergleichsweise bescheidene Gebäudegrößen aufweisen. Die ursprünglich aus Holz gezimmerten Wände wurden im Lauf der Zeit durch massive Steinmauern ersetzt, wobei die Wirtschaftsgebäude zunächst aus Holz bestehen blieben und gemauerte Stallungen eine jüngere Entwicklung darstellen. (vgl. SCHICKHOFER u. a., 1985, S. 36f)

Mittleres Inntal

Im Mittleren Inntal in der Umgebung von Innsbruck ist der Mittertennhof als älteste Einhofform Tirols vorherrschend, dessen Verbreitungsgebiet sich über den Brenner und bis nach Osttirol erstreckt. Das Alter der frühesten Objekte wird mit über 750 Jahren angegeben. Ihr Vorläufer ist ein Seitenflurhaus, mit seitlich angefügten Wirtschaftsgebäuden. (vgl. ILG, 1981, S. 28f) Wohn- und Wirtschaftsteil nehmen jeweils etwa die Hälfte der auffallend breiten Giebelseite ein, und sind durch unterschiedliche Bauweisen gekennzeichnet. Das Erd- und Obergeschoß des Wohnhauses sowie der Stall sind meist gemauert, die Scheune ist in Holzbauweise errichtet, ebenso die darüber liegende Giebelfläche. Zwischen Wohn- und Wirtschaftsteil verläuft die Durchfahrts- bzw. Mittertenne, von der aus der Zugang in Küche, Stube, Kammer und in die Wirtschaftsräume erfolgt. Der Gang oberhalb der Mittertenne endet oftmals in einem Erker, und führt in den Heuboden bzw. in weitere Wohnkammern. Im Zuge späterer Entwicklungen wurde die Mittertenne häufig durch eine Zwischenwand abgeteilt und eine separate Haustüre neben dem großen Tennentor geschaffen. Die Stellung der Gebäude im Gelände erfolgt meist traufparallel zum Talverlauf. (vgl. SCHICKHOFER u. a., 1985, S. 37) Aus dem Mittertennhof entwickelte sich im Raum südlich von Innsbruck entlang der Sill der Wipptalerhof, bei dem die Tenne in den Heubodenbereich verlagert ist, und deren Befahrung hangseitig erfolgte. (vgl. ILG, 1981, S. 28f)

Tiroler Unterland

Bei den Gehöftformen des Tiroler Unterinntals handelt es sich zumeist um im 18. Jahrhundert entstandene, längsgeteilte Einhöfe, die zumeist Mittelflurgrundrisse aufweisen. Wohnhaus und Stallscheune sind unmittelbar hintereinandergestellt und unter einem Dach zu einem langgestreckten Baukörper vereinigt. Diese Haus- und Hofformen stimmen auffallend mit jenen im benachbarten Salzburg und Oberbayern überein. Charakteristisch sind die an drei Seiten umlaufenden Balkone sowie

das flach geneigte, schindelgedeckte Dach. Im Erdgeschoss liegen Küche, Küchenkammer, Stube und Schlafzimmer der Eltern, im Stock darüber sind die Schlafkammern der Kinder, Mägde und Knechte angeordnet. Die Vielräumigkeit ist auf die Bedürfnisse von Großfamilien abgestimmt. Der Flur in der Mitte des Hauses setzt sich im Mittelgang des Stalles und in der darüber liegenden Tenne fort. Ursprünglich waren die Gebäude gänzlich als Blockbauten errichtet. Später wurden die Küche, dann das gesamte untere Stockwerk und schließlich auch die darüber liegenden Geschoße in Mauerbauweise ausgeführt und teils mit Malereien versehen. (vgl. ILG, 1981, S. 28f) Die besondere Gestaltung der Gehöfte im Tiroler Unterland ist unter anderem durch das traditionelle Anerbenrecht bedingt, bei der die Vererbung eines Anwesens an einen einzigen Erben erfolgte. Außerdem war die Siedlungsart der Streusiedlung für das Aufkommen der Gehöftform vorteilhaft, deren Entwicklung von Talsiedlungen und von Paarhöfen, die für abgelegene Täler wie dem Zillertal prägend sind, ausging. (vgl. SCHICKHOFER u. a., 1985, S. 38)

Osttirol

In Osttirol bestimmen Ein- und Paarhöfe die Gehöftlandschaft, wobei die Osttiroler Einhöfe jenen des Tiroler Unterlandes ähnlich sind. Paarhöfe sind vor allem in den Seitentälern sowie in den Grenzregionen zu Kärnten vorherrschend. In entlegenen Gebieten sind auch Haufenhöfe anzutreffen. Neben klassischen Mittelflur- finden sich auch traufseitig begehbbare Seitenflurgrundrisse. Im Obergeschoßbereich verlaufen außenliegende Balkone zuweilen über drei Seiten des Hauses. Die Gebäude sind vorwiegend gezimmert, Erdgeschoße sind häufig auch in Mauerbauweise erstellt. (vgl. SCHICKHOFER u. a., 1985, S. 38)



Abbildung 189: Lechtaler Haus in Holzgau: giebelseitig aufgeschlossener Mittelflurgrundriss, Eingangsfassade des gemauerten Wohnbereichs (Spielhofer, 1981, S. 34), Südostansicht (2015)

Abbildung 190: Paarhof in Ochsengarte-Kössl (Tiroler Oberland): geteilter Grundriss mit zwei Hauseingängen, Ansicht der Giebel- bzw. Eingangsfassade (Spielhofer, 1981, S. 38), Südwestansicht (2015)

Abbildung 191: Osttiroler Einhof in Kartitsch: Mittelflurgrundriss des Erdgeschoßes auf Kellerunterbau, Ansicht Eingangsfassade (Spielhofer, 1981, S. 42), Südwestansicht (2016)

5.4.3 Salzburg

In Salzburg sind Ein- und Gruppenhöfe sowohl im außer- als auch im vor- und inneralpinen Raum vertreten.

Flachgau

Der Flachgauer Einhof ist im gesamten Salzburger Becken einschließlich des Moränenhügellandes und der Flyschzone vorherrschend. Bei dieser Gehöftform handelt es sich um einen Mittertennhof, dessen Grundriss eine Dreiteilung in einen Haus- Tennen- und Stallbereich aufweist und der auf eine Betriebsform abgestimmt ist, bei der sich Ackerbau und Viehzucht die Waage halten. Der Wohnbereich des zweigeschoßigen Gebäudes ist meist giebelseitig aufgeschlossen. Von einem Mittelflur ausgehend werden einerseits Wohnstube andererseits Altbauernwohnung erreicht. Der Herd des Hauses war ursprünglich im Hausflur positioniert. In Folge weiterer Entwicklungen wurden eigene Küchen und Vorratsräume eingerichtet. Die Tenne war in der Regel als durchfahrbare Niedertenne ausgebildet.

Stall- und Tennenbereich waren ursprünglich in Ständerbauweise erstellt, während der Wohnteil in Blockbauweise gezimmert und später im Erdgeschoß mit Mauerwerken unterfangen wurde. Das üblicherweise mit Legschindeln gedeckte, flach geneigte Pfettendach wurde ab der Mitte des 19. Jahrhunderts vielfach in ein steiles Schopfdach umgewandelt. Mit dem dadurch vergrößerten Bergeraum wurden die Voraussetzungen für eine vermehrte Viehhaltung geschaffen, die zu ein- oder beidseitigen Erweiterungsbauten und damit zur Bildung von Haken- bzw. T-Höfen führte. Unter den weit ausladenden Vordächern sind im Obergeschoß vielfach Hausgänge angeordnet. Die entwicklungsgeschichtlichen Vorläufer des Flachgauer Einhofs sind die ehemaligen Rauchhäuser des Thalgaues und Mondseer Beckens, in denen der vom offenen Herd ohne Schornstein abziehende Rauch zur Nachrocknung der im Dachraum gelagerten Getreidegarben genutzt wurde. (vgl. CONRAD, 1981, S. 46) Einhöfe im Gebiet von Wolfgangsee und Attersee unterscheiden sich vom Flachgauer Einhof durch den Wegfall der Quertenne. Der Stall schließt unmittelbar an den Wohnteil an, darüber liegt die über eine Brücke erreichbare Tenne. Auffällig sind weit vorkragenden Dächer und die meist westlich angeordneten Bretterschalungen. (vgl. MILAN & SCHICKHOFER, 1992, S. 26) Ein kleines, nördlich des Haunsberg gelegenes Gebiet des Flachgauer Einhofs ist durch außeralpine Gruppenhöfe gekennzeichnet, wodurch sich ein hauslandschaftlicher Übergang zu den Vierseithöfen des Innviertels und den Oberbayerischen Gruppenhofgebieten vollzieht. Bei diesen sind Wohnhaus, Rinderstall, Getreidestadel und gegebenenfalls ein weiteres Stall- oder Speichergebäude um einen quadrat-ähnlichen Hofplatz angeordnet. Das Wohnhaus ist ein durchgängiges Mittelflurhaus, seine durch Laubengänge charakterisierte Schauseite ist zum Innenhof orientiert. Ursprünglich erfolgte die Errichtung der Gehöfte in Blockbauweise, ab dem 19. Jahrhundert wurden die Erdgeschoßzonen in Mauerbauweise erstellt. Der Getreidestadel ist meist eine Ständerbau- bzw. Bundwerkskonstruktion, und steht dem Wohnhaus gegenüber. Bis ins 18. Jahrhundert tragen Haus, Stall und Stadel flach geneigte Dächer, in späterer Zeit haben sich vielfach Steildächer durchgesetzt. (vgl. CONRAD, 1981, S. 47)

Tennengau

Der Tennengauer Einhof ist eine der Geländeformen der Kalkvoralpen angepasste Sonderform des Einhofs, die sich in den Hanglagen der Osterhorngruppe im Gebiet zwischen der Stadt Salzburg, Strobl, Abtenau und Golling entwickelte, bei der keine Möglichkeit zur Ausbildung durchfahrbarer Niedertennen bestand. Die Tenne ist daher als Hochtenne ausgebildet, die bergseitig über eine Rampe befahren wird. Unterhalb liegt der Futtergang des unmittelbar an den Wohntrakt anschließenden Stalls. Durch das Zusammenrücken von Wohn- und Stallbereich entstanden Breitgiebelhäuser, deren First- bzw. Traufenlinie parallel zum Talverlauf angelegt ist. Der giebelseitig aufgeschlossene Wohnteil dieser Einhöfe weist zumeist nur eine geringe Trakttiefe auf, die jedoch genügend breit ist, um Wohnstube und

Schlafkammern auf zwei Ebenen unterzubringen. Im südlichen Tennengau beginnt der Übergang vom Einhof- zum Paarhofgebiet des Pongaus, dem hauslandschaftlich auch das im Tennengau gelegene Abtenauer Becken zuzuzählen ist. (vgl. CONRAD, 1981, S. 46)

Pongau und Pinzgau

Die Hauslandschaft des Pongaus wird zur Gänze, die des Pinzgaus in allen Tälern mit Ausnahme des Mitterpinzgauer Saalchtales von alpinen Gruppenhofformen beherrscht. Bei entsprechendem Gelände sind die Wohnspeicherhäuser und Stallscheunen der Paarhöfe firstparallel mit talorientierter Giebelfassade angeordnet. Das ursprünglich stets in Blockbauweise errichtete Wohnhaus ist ein durchgängiges Mittelflurhaus. In steilen Lagen sind Querflurhäuser üblich. Der Flur trennt die Wohn- von den Speicherräumen und insbesondere die rauchfreie Kachelstube von der Rauchküche. (vgl. CONRAD, 1981, S. 47) Die vorherrschende Dachform der Ponauger Gehöfte ist ein flaches Pfettenrofendach. Sowohl im Dachgiebel als auch im Obergeschoß sind Balkone angeordnet. (vgl. MILAN & SCHICKHOFER, 1992, S. 27) Im Gegensatz zum Flachgauer Einhof zeigt der im Saalachtal angesiedelte Mittelpinzgauer Einhof in der Regel einen rechteckigen, gestreckten Grundriss, der auf die Entstehung aus ursprünglich getrennt stehender Hofgebäuden hindeutet. Der Wohnteil ist ein giebelseitig aufgeschlossenes Mittelflurhaus mit gemauertem Erdgeschoß. Das Obergeschoß ist ebenso wie der Bergeraum über dem Stall üblicherweise in Blockbauweise ausgeführt. Das flach geneigte Pfettendach ist mit Legschindeln gedeckt, wobei die Pfetten auf hochgezogenen Blockbauwänden aufliegen. (vgl. CONRAD, 1981, S. 46) Früher als im Pongau setzte sich im Pinzgau die Mauerbauweise für die Erdgeschoßzone des Wohnbereiches durch. Die Stallscheunen sind zumeist aus Rundstämmen gezimmert. Oberhalb der Stallungen liegen Bergeräume und Dreschtennen, die als Längstennen häufig Querschiffe enthalten oder zu Kreuztennen werden. Unterhalb den giebel- und traufseitig weit ausladenden Vordächer befinden sich Trockengerüste. (vgl. CONRAD, 1981, S. 47)

Neben den aus Wohnspeicherhaus und Stallstadel bestehenden Paarhöfen sind auch die zahlreichen Feldstadel und Heuhütten typisch für die Haus- und Kulturlandschaft des Ober- und Unterpinzgaus von Krimml bis Zell am See und weiter die Salzach abwärts. (vgl. MILAN & SCHICKHOFER, 1992, S. 27)

Lungau

Der Lungauer Einhof ist ab dem 18. Jahrhundert aus Haufen- und Paarhöfen hervorgegangen. Sein Verbreitungsgebiet reicht über die steirische und kärntner Landesgrenze bis ins Murtal und über den Katschberg bis ins Liesertal. Die Baukörper tragen ein meist abgewalmtes Steildach, dessen Neigungswinkel vor allem von der Hausbreite abhängt. An die Stelle weit ausladender Vordächer, wie sie zumeist nördlich des Alpenhauptkammes vorkommen, tritt an der Südostabdachung der Alpen ein knapperer Dachsaum. (vgl. CONRAD, 1981, S. 46f) Die Dachhaut wird anstatt von Legschindeln aus Brettern oder Scharschindeln in dreifacher Lage gebildet. Damit zählt der Lungauer Einhof seiner Dachform nach zu den karintisch-steirischen Haustypen. (vgl. SCHICKHOFER & LÖFFELBERGER, 1973, S. 53) Die Erdgeschoße sind zumeist gemauert, die Obergeschoße gezimmert, wobei die Kniestöcke die Ausbildung von Schlaf- und Vorratskammern nur im Bereich der Giebelmitte zulassen. Die Wohntrakte sind meist giebelseitig, seltener traufseitig aufgeschlossen. Die Stuben entwickelten sich aus ehemaligen Rauchstuben, die durch die Abtrennung von gewölbten Küchen rauchfrei gemacht wurden. Die Stallräume sind unmittelbar an die Wohnbereiche herangeführt. Durch das Inkrafttreten einer erzbischöflichen Bauordnung aus dem Jahre 1795 wurden die holzgezimmerten Stallwände zunehmend durch Natursteinmauerwerk ersetzt, das auch im Obergeschoßbereich pfeilerartig emporgezogen wurde. So entstanden die für den Lungau typischen Pfeilerstadel, bei denen zwischen den Mauerpfeilern Holzwände eingeschoben sind. (vgl. CONRAD, 1981, S. 46f)

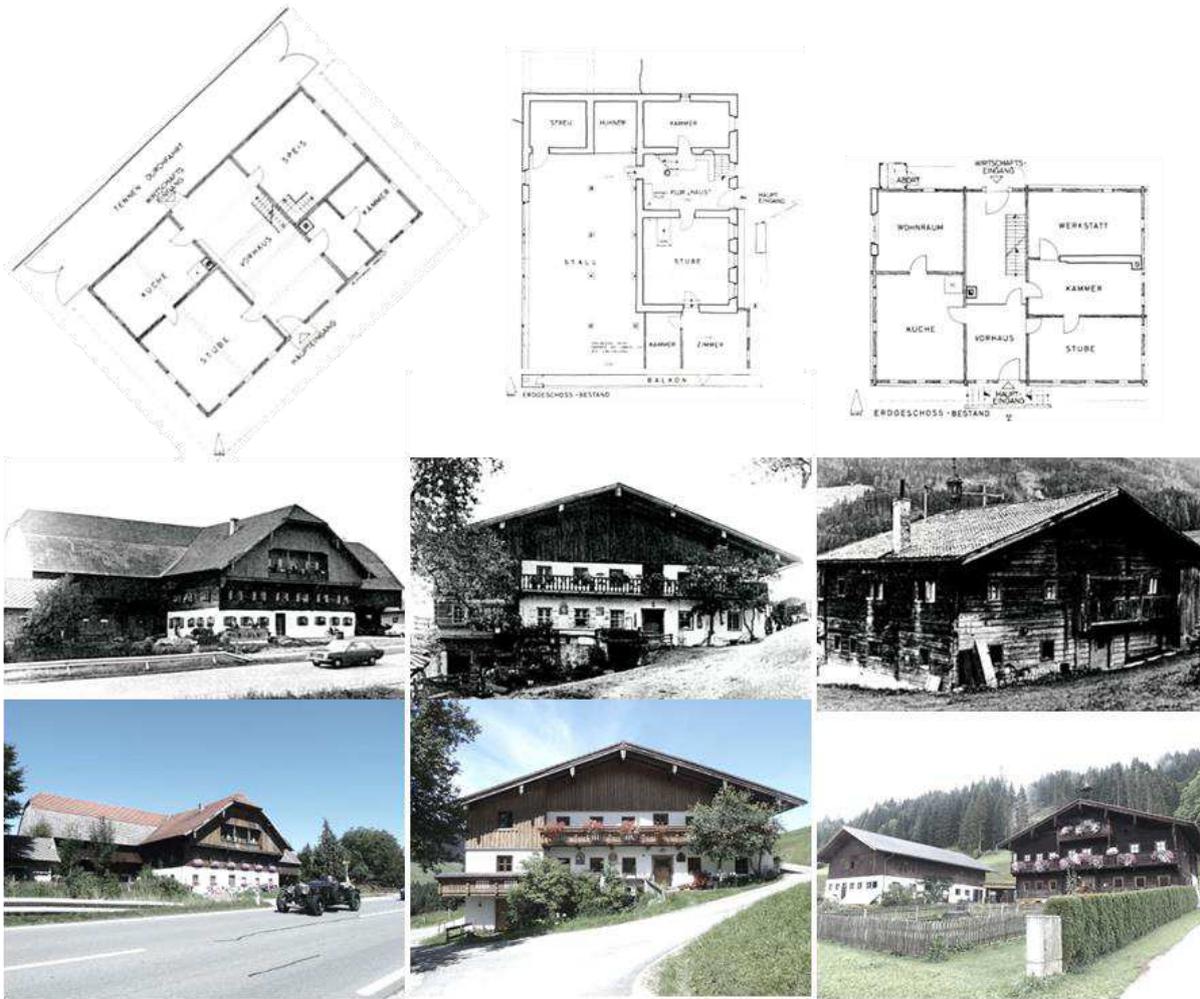


Abbildung 192: Flachgauer Einhof in Mattsee: Mittelflurgrundriss des Wohnhauses und Durchfahrtstenne, Ansicht Eingangsfassade (Spielhofer, 1981, S. 48), Südostansicht (2016)

Abbildung 193: Tennengauer Einhof in Adnet: Flurküchengrundriss, Ansicht Giebelfassade (Spielhofer, 1981, S. 51), Südostansicht (2016)

Abbildung 194: Pongauer Paarhof in Wagrain: Mittelflurgrundriss des Wohngebäudes, bergseitige Hausansicht (Spielhofer, 1981, S. 58), Südansicht (2015)

5.4.4 Oberösterreich

In Oberösterreich grenzen Hauslandschaften aneinander, die sich in ihren Grundrisskonfigurationen stark unterscheiden. (vgl. DIMT, 1981, S. 68f)

Westliches Oberösterreich

Das Verbreitungsgebiet des Oberösterreichischen Mittertennhofes liegt in den Bezirken Vöcklabruck und den südlichen Gemeinden des Bezirkes Braunau. (vgl. PRANKE, 1986, Kap. 6.8) Eine Variation dieses Bautyps stellen Rauchhäuser dar, in denen der Rauch des Herdfeuers zur Getreidetrocknung und Lebensmittelbearbeitung genutzt wurde. (vgl. HOCHMEISTER, 1984, Kap. 6.9) Um das Jahr 1600 wurde das System des Rauchhauses perfektioniert. Das Aufgeben des offenen Herdfeuers in der zentral gelegenen Küche, die in Erinnerung an die Primärfunktion als *Haus* bezeichnet wird, und die Einführung der Sparküche bringen jene Grundrissveränderungen mit sich, die im Baubestand des 18. und 19. Jahrhunderts abgelesen werden können. Das *Haus* wird durch den Verlust der Küchenfunktion zum schmalen Vorhaus, die Küche wird im Anschluss an die Stube gegen die Mittertenne abgerückt. Der Eingang verbleibt giebelseitig in zentraler Lage. (vgl. DIMT, 1981, S. 69) Zwischen Inn und Hausruck ist die Gehöftform des Innviertler Vierseithofes mit freigestellten Einzelgebäuden, die an den Ecken durch Tore oder Zäune miteinander verbunden sind, vorherrschend. Neben den in jüngerer Zeit entstandenen Ziegelbauten haben sich HolzbaufORMen erhalten. Dabei sind Wohngebäude üblicherweise in Block-, Scheunen und Schuppen in Ständerbauweise errichtet. Als Dachform ist jeweils das Pfetten-Rofendach vorherrschend. Eine Übergangsform zu den weiter östlich verbreiteten Vierkanthöfen bildet der Hausruckhof, bei dem die Wirtschaftsbauten Stall, Scheune und Schuppen zu einer U-förmigen Gruppierung zusammengefügt sind. Das Wohnhaus steht dieser Gruppe freigelagert gegenüber. Das Verbreitungsgebiet dieser Gehöftform liegt schwerpunktmäßig in den Bezirken Eferding und Grieskirchen. (vgl. KLAAR, 1973, S. 133f) Ein typischer Hausruckhof aus Obereselbach stammt aus dem Jahr 1840, und wurde ursprünglich in Holzblockbauweise konstruiert. (Siehe Abbildung 195) Die straßenseitigen Außenwände wurden später mit Riesel- bzw. Kellenwurf-Verputz mit eingearbeiteten Stuckarbeiten und Faschen gestaltet. Die Hoffassade ist glatt verputzt. Das von den Wirtschaftsgebäuden abgesetzte Wohnhaus verdankt seine freistehende Lage einem Sicherheitsgedanken hinsichtlich der Brandvermeidung, gleichzeitig konnte durch das Freistellen des Wohngebäudes ein repräsentatives Erscheinungsbild erreicht werden. (vgl. SCHICKHOFER u. a., 1978, S. 22)

Zentralraum

Im oberösterreichischen Zentralraum von Wels ostwärts bis zur Landesgrenze und hinein nach Niederösterreich bzw. bis ins Gmundner Bergland sind Vierkanter mit ihrem hohen Maß an baulicher Geschlossenheit die vorherrschende Gehöftform. Ihre Entstehungszeit wird frühestens ab dem 17. Jahrhundert angenommen. Die dichteste Verbreitung dieses Bautyps liegt in der Region zwischen Kremsmünster und St. Florian, die südliche Abgrenzung verläuft im Kremstal im Gebiet um Micheldorf und Klaus. Auch nördlich der Donau bis in die Region um Freistadt sind Vierkanter angesiedelt. Die Gehöfte sind durchwegs zweigeschossig. Dem Wohnhaus mit durchgängigem Vorhaus, Stube und Rauchküche ist über einen Innenhof die Scheune gegenübergestellt. Stall und Schuppen- bzw. Scheunenbereiche bilden die Seitentrakte. Eine steile, allseitig abgewalmte Dachkonstruktion überdeckt den Gebäudeverbund. (vgl. KLAAR, 1973, S. 133f)

Mühlviertel

Nördlich der Donau entwickelten sich im Mühlviertel in planmäßig angelegten Weilern, Straßen- und Angerdörfern zur Straße hin ausgerichtete Drei- und Vierseithöfe. Zwei Giebelbauten und eine verbindende Tormauer schließen Dreiseithöfe zur Ortsstraße hin ab. Im vorderen, straßenseitigen

Bereich ist typischerweise das Wohnhaus untergebracht, dahinter der Stall, rückwärts befindet sich der Stadel. Parallel zum Wohnhaus ist eine Wagenhütte angeordnet. (vgl. SCHICKHOFER u. a., 1978, S. 32) Beim Vierseithof ist die Tormauer in einen dahinterliegenden Schuppenbau integriert. (vgl. KLAAR, 1973, S. 133f)

Südliches Oberösterreich

In den südlichen, gebirgigen Landesteilen Oberösterreichs sind Gehöftformen angesiedelt, die von verschiedenen, aus Salzburg, der Steiermark und aus Niederösterreich übergreifenden Haustypen beeinflusst sind. Im Salzkammergut sind Einhöfe vorherrschend, in Gosau und im Bereich des Hallstätter Sees sind auch Haufen- und Paarhofformen mit Steildächern anzutreffen. (vgl. KLAAR, 1973, S. 133f) Die Kreuz- und Eckflurgrundrisse von Gebäuden des südlichen Salzkammergutes dürften aus der Unterteilung eines ursprünglichen Großraumes hervorgegangen sein. Charakteristisch ist die Aufschließung der annähernd quadratischen Hausfläche in fast gleichgroße Viertel, bestehend aus Vorhaus und Eingang, Küche, Stube und Kammer. (vgl. DIMT, 1981, S. 68f) Im Steyr-, Teichl- und Ennstal südlich von Losenstein finden sich Haufen- und Paarhofformen mit dreiteiligen Wohn-Speichergrundrissen und Stallscheunen mit Quertenne. (vgl. DIMT, 2009, S. 44)



Abbildung 195: Hausrucker Vierseithof in Obereselbach: Grundriss des Wohnspeicherhauses, Ansicht der Hoffassade (Spielhofer, 1981, S. 76), Südansicht der Gehöft-Gesamtanlage (2016)

Abbildung 196: Vierkanhof in Neuzeug bei Steyr: Wohnbereich im Nordosttrakt der Gehöftanlage, Grundriss mit durchgängigem Vorhaus, Ansicht Eingangsfassade (Spielhofer, 1981, S. 79), Nordostansicht (2015)

Abbildung 197: Gehöft in Gosau: Eckflurgrundriss des Wohntraktes mit daran anschließenden Wirtschaftsräumen, Giebel- bzw. Eingangsfassade (Spielhofer, 1981, S. 70f), Südostansicht (2015)

5.4.5 Niederösterreich

Niederösterreich wird weniger als Kernraum für spezifische Typologien, sondern als vielfältiges Transformations- und Übergangsgebiet zwischen unterschiedlichen Gehöftformen angesehen. Mit unterschiedlichen Gewichtungen und mit Ausnahme der Einhöfe sind dabei alle Grundtypen vertreten. (vgl. KLAAR, 1981, S. 89f) Nach Klaar teilt eine Grenzzone die niederösterreichische Hauslandschaft in zwei wesentliche Wohnhausformen: in den Typus des durchgängigen und den des abgeriegelten Hauses. In den westlichen Landesteilen etwa ab einer Linie vom Strudengau bis zum Semmering-Wechselgebiet sind Grundrisse mit durchgängigen Hausfluren vorherrschend, für Gebäude in den Straßen- und Angerdörfer in den östlichen und nordöstlichen Landesteilen sind abgeriegelte Hausflure charakteristisch. (vgl. KLAAR, 1981, S. 89) Die Dächer weisen meist einheitliche Neigungen von 45 Grad bis 48 Grad auf, in den südlichen Grenzbereichen sind vor allem bei Haufenhöfen steilere Dächer regionaltypisch. Die Dachdeckung erfolgte ursprünglich und bis in den alpinen Raum hinein mit Stroh, Schindeldeckungen kam nur geringe Bedeutung zu. Feuerpolizeiliche und Versicherungsbestimmungen führten zum Übergang auf Ziegeldeckungen. Als Material für den Mauerbau kommt dem gebrannten Lehmziegel das größte Gewicht zu, gefolgt von Bruchsteinmauerwerk, das vor allem in Teilen des Waldviertels, der Wachau und in alpinen Randzonen eingesetzt wurde. Holz wurde in größerem Ausmaß für die Errichtung der verbretterten Ständerbauten der Scheunen und Schuppen verwendet. (vgl. TOMASI, 1984, S. 55)

Nordwesten

Die Hauslandschaften in den nordwestlichen Landesteilen westlich von Schmida und Kamp vor allem auf den waldreichen Hochflächen des Waldviertels werden von Dreiseithöfen geprägt. (vgl. KLAAR, 1981, S. 89) Diese werden als regionaltypische Niederösterreichische Gehöftform angesehen, die eine Art Vermittlungsform zwischen unterschiedlichen Typologien darstellt. (vgl. TOMASI, 1984, S. 55) Weitere Verbreitungsgebiete von Drei- bzw. Mehrseithöfen liegen südlich der Donau in der Region um Ybbs, im unteren Traisengebiet, im Tullnerfeld, dem Wienerwald und Wiener Becken sowie in der Buckligen Welt und entlang der Nordabdachung des Wechsels. (vgl. MILAN & SCHICKHOFER, 1992, S. 45)

Südwesten

Im Süden und Südwesten nahe der steirischen Grenze finden sich alpine Hofformen, die allgemein jedoch gegenüber außeralpinen Typen stark in den Hintergrund treten. (vgl. TOMASI, 1984, S. 55) Paarhöfe mit kleinem Wohnhaus und zweigeschoßiger Stallscheune sind etwa im Bereich Eisenwurzen und in Seitentälern der Ybbs bei Hollenstein angesiedelt. Mischtypen von Vierkanthöfen reichen von Oberösterreich bis in die Mündungsgebiete von Ybbs, Erlauf und Traisen, regionale Transformationsformen, wie der aus dem alpinen Paarhof hervorgegangene Doppel-T-Hof, liegen in einem inselartigen Verbreitungsgebiet in den Voralpen zwischen Ybbs und Erlauf. (vgl. KLAAR, 1981, S. 89f) Ein auffälliger Hausformenwechsel in westöstlicher Richtung zeichnet sich in der Ablösung der zweigeschoßigen Bauten wie dem Vierkanter im Mostviertel durch nun durchwegs eingeschößige Gehöfttypen ab. Dabei sind zugleich eine Verschmälerung der Bauakte und ein damit bescheidener werdendes Erscheinungsbild der Gebäude zu beobachten. (vgl. TOMASI, 1984, S. 55)

Osten

In den südöstlichen Landesteilen insbesondere im Wechselgebiet, der sogenannten Pittner Mark, wird der Wechsel von Gebäuden mit durchgängigen Fluren in Streusiedlungen und abgeriegelten Häusern in Weilern und Kleindorfzonen deutlich. Jenseits der Donau in den Wiener Vororten, den Gebieten des Donau- und Marchfeldes bis in das Hügelland im Gebiet von Thaya und Pulkau und entlang der Staatsgrenze sind Haken- und Streckhöfe vorherrschend. Sonderformen ergeben sich in den

längsgestreckten schmalen Hofräumen, in denen Längslauben entlang der Stallbauten angeordnet sind. Die Wohntrakte schließen die Gehöftanlagen zur Straße hin ab. Ab dem 17. Jahrhundert wurden überdachte Hofeinfahrten und damit lange Traufen- anstelle schmaler Giebelfronten geschaffen. Durch diese Baustrukturen entstehen die typischen *Zwerchhöfe*. (vgl. KLAAR, 1981, S. 89f)

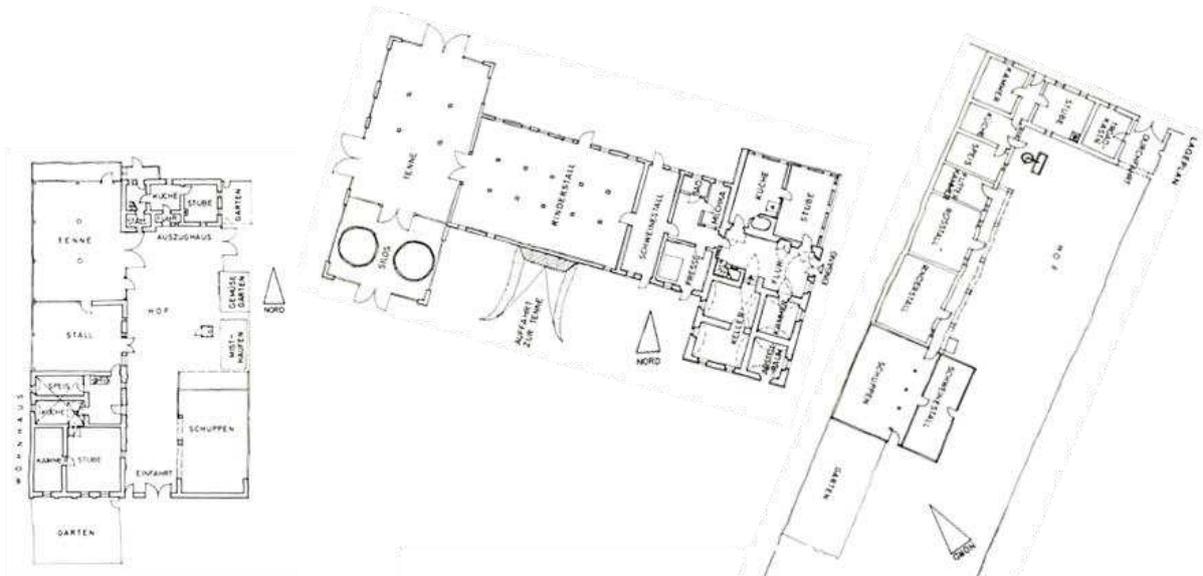


Abbildung 198: Dreiseithof in Gföhl: Grundriss des Wohnbereiches mit abgeriegeltem Vorhaus, Vorderansicht mit Tormauer (Spielhofer, 1981, S. 102), Südsicht mit transformiertem Wirtschaftsgebäude (2016)

Abbildung 199: Doppel-T-Hof bei Scheibbs: Grundriss mit Wohntrakt, Tenne und dazwischenliegendem Stallbereich, Nordostansicht des Wohnbereiches (Spielhofer, 1981, S. 95), Nordwestansicht des Scheunenbereiches (2015)

Abbildung 200: Zwerchhof in Marchegg: Grundriss mit hintereinander gereihten Wohn- und Wirtschaftsbereichen und hofseitiger Längslaube, straßenseitige Gebäudefront mit Einfahrtstor (Spielhofer, 1981, S. 110), Ost- bzw. Straßenansicht (2015)

5.4.6 Burgenland

Zerstörungen durch Kriegswirren und Brandkatastrophen haben dazu geführt, dass sich die Bestände der traditionellen anonymen Architektur im Burgenland kaum weiter als bis ins 18. Jahrhundert zurückverfolgen lassen. (vgl. BOCKHORN, 1973, S. 179) Die Ortschaften des Neusiedlersees sind großteils Neuplanungen der Barockzeit, nachdem die alten Dörfer im 15. und 16. Jahrhundert durch wirtschaftliche, kriegerische und andere Katastrophen verschwunden waren. (vgl. SCHICKHOFER u. a., 1984, S. 14ff)

Nordburgenland

Im Gegensatz zum alpinen Raum und zum Alpenvorland überwiegen im Nordburgenland geschlossene Besiedlungen, der Süden weist auch Streusiedlungen auf. Die Gehöfte, deren Wohngebäude fast ausschließlich eingeschößig ausgeführt sind, sind oftmals auf schmalen und tiefen Parzellen errichtet, deren Schmalseiten an den Zentralraum von planmäßig angelegten Straßen- oder Angerdörfern grenzen. Die Entwicklungen von Siedlungsgründungen im alpinen und außeralpinen Raum zeigen wesentliche Unterschiede, die unter anderem auf Erbgewohnheiten basieren. Während in den Alpen und auch im Zentrum des deutschen Sprachgebietes das Anerbenrecht vorherrschte, bei dem der gesamte Hof an einen Erben übergeben wurde, kam in grenznahen Gebieten die Realteilung für die Sicherstellung einer ausreichenden, wehrfähigen Bevölkerung zur Anwendung. Dabei wurde der Besitz im Erbfall unter erbberechtigten Personen aufgeteilt. Es bildete sich dadurch die Schicht einer nichtlandwirtschaftlichen Bevölkerung, die zuerst als Untermieter wohnte, später auch Grund und Boden für ein kleines Haus oder eine kleine Landwirtschaft erhielt. Diese Einflussfaktoren führten auch in Verbindung mit dem Weinbau, der seit dem Mittelalter im ganzen Gebiet des Burgenlandes betrieben wird, der jedoch auch Betriebsaufsplitterungen mit sich brachte, zu sehr engen und dicht bebauten Dorfstrukturen.

Eine Frühform des burgenländischen Bauernhauses ist der Streckhof, dessen Schmal- bzw. Giebelseite zur Straße bzw. zum Dorfanger orientiert und mit einem Sattel- oder Walmdach überdeckt ist. Die in der gesamten Region nahezu gleiche Raumeinteilung nimmt auf die Giebellage Bezug. An der Straßen- bzw. Angerseite befindet sich die Stube, es folgen Vorraum und Küche sowie eine nicht beheizbare Kammer. An diese Raumkombination schließen Stall und Scheune an. Durch die dicht an der Grundgrenze liegenden Gebäude sind Fenster an den Längsseiten ausschließlich hoforientiert. Der Gebäudetrakt ist somit nur raumtief und besitzt keine Mittelmauer. Weiterentwicklungen des Streckhofes vom 17. bis ins 19. Jahrhundert führen zum Haken- und in weiterer Folge zum Drei- bzw. Vierseithof. Die Erhaltung der Streckhöfe in der Region Neusiedl am See bis zur Rabnitz ist unter anderem auf die Verwendung von Leithakalkstein als Baumaterial zurückzuführen, der selbst nach Bränden und anderen Zerstörungen wiederverwendet werden konnte. Die Ortschaften des Seewinkels wurden nach den Türkenkriegen ab 1700 völlig neu angelegt. Dabei wurden nahezu überall gleiche Parzellen mit einer Breite von 15 m für die Bauern, für Söldner von circa 10 m bis 12 m festgelegt. Diese Breite reichte aus, um im Lauf des 19. Jahrhunderts Streckhöfe durch Errichtung eines Quertraktes an der Baulinie zu Hakenhöfen zu erweitern. Bei Söldnerhäusern am Ortsrand konnte dieser Umbau durch die beschränkten Platzverhältnisse nur in geringem Maße durchgeführt werden. (vgl. HARLFINGER, 1981, S. 120f)

Südburgenland

In den Landesteilen südlich der Rabnitz waren Gehöfte bis ins 19. Jahrhundert vorwiegend aus Holz, weiter im Osten aus Lehm erstellt. Brandereignisse haben dazu geführt, dass vor allem Holzbauten in größerer Distanz zueinander errichtet wurden. Zur Rauchfreihaltung der Wohnräume wurde vielfach auf Türen in Zwischenwänden verzichtet, sodass die räumliche Verbindung über einen witterungs-

geschützen, außenliegenden Erschließungsweg, die sogenannte *Gred'n*, die durch einen Dachvorsprung von etwa 80 cm bis 120 cm überdeckt wird, erfolgte. (vgl. SCHICKHOFER u. a., 1984, S. 14ff) Dieser besondere Außen- und Erschließungsbereich hat wesentlichen Einfluss auf die burgenländische Bauernhausarchitektur genommen. Vor allem seit dem 19. Jahrhundert wurden *Gred'n* verbreitert angelegt und nach dem Vorbild der Schlösser und Verwalterhäuser mit Arkaden versehen. (vgl. HARLFINGER, 1981, S. 120f) Die im 19. Jahrhundert vermehrt eingesetzte Ziegelbauweise führte zu starken Veränderungen der Hofformen vor allem in Siedlungen mit weiten Hausabständen, wo Höfe geschlossen und zu Vierseithöfen umstrukturiert werden konnten. Deren Verbreitungsgebiet erstreckt sich bis in die Oststeiermark und das südöstliche Niederösterreich. (vgl. SCHICKHOFER u. a., 1984, S. 14ff)



Abbildung 201: Straßenseitige Giebelfronten von Streckhöfen in Kittsee (2015)

Abbildung 202: Streckhof mit Arkadengang in Oberwart (2015)

Abbildung 203: Hofansicht eines Vierseithofes in Poppendorf (2015)

5.4.7 Steiermark

In der Steiermark sind alle österreichischen Gehöftformen vertreten, wobei vor allem Paar- und Gruppenhöfe am weitesten verbreitet sind. Einhöfe sind großteils auf die westlichen Regionen des Enns- und Murtales beschränkt, finden sich aber auch in Form von Streckhöfen in den südlichen Landesteilen. Das Siedlungsbild der Oststeiermark wird indes vor allem von Drei- und Vierseithöfen bestimmt. Holz vor allem Lärche und Fichte ist der bestimmende Baustoff. Wenn dessen Verfügbarkeit begrenzt war, kam Lehm als Baumaterial zum Einsatz wie zum Beispiel in den südöstlichen Regionen des Bundeslandes. Die steirischen Gehöfte weisen vorwiegend steile Dächer auf, nur im Raum Schladming sind Hausformen mit flach geneigte Pfettendächern angesiedelt. Die bestimmenden Dachformen sind Sattel- oder Schopfdächer, im Murtal im Bereich Knittelfeld tragen Wohngebäude vielfach Vollwalmdächer. Bei Verfügbarkeit von Stroh wurde dieses als Deckmaterial verwendet bzw. später von Holzschindel- und harten Ziegeldeckungen abgelöst. (vgl. PÖTTLER, 1973, S. 113f)

Ennstal

Im steirischen Ennstal und seinen Seitentälern wie dem Sölk-, Salza- und Paltental ist der Paarhof die dominierende Gehöftform. Die Bauten sind häufig zweigeschossig und weisen Laubengänge entlang der Fassaden auf. (vgl. SCHICKHOFER u. a., 1984, S. 57) Charakteristisch sind die gezimmerten bzw. im Untergeschoß teilweise gemauerten Wohnteile mit Mittelflurgrundrissen und traufseitigen Hauseingängen sowie die großvolumigen Scheunen. Die Dächer sind oft steil und zur Hälfte oder zum Drittel zu einem Schopf abgewalmt. (vgl. PÖTTLER, 1981b, S. 137f) Im äußersten Nordwesten der Obersteiermark sind verschiedene Hausformen nebeneinander anzutreffen. Flach geneigte und mit Legschindeln gedeckte Dächer am Wohnhaus und steile Stadeldächer kennzeichnen diese Hauslandschaft als Mischgebiet. (vgl. SCHICKHOFER u. a., 1984, S. 57)

Steirisches Salzkammergut

Im Ausseerland bilden oft zu Gruppenbauten erweiterte Paarhöfe die überwiegende Gehöftform. (vgl. PÖTTLER, 1981b, S. 138) Die Blockbauten der Wohnhäuser sind zum Schutz vor Verwitterung und zur Luftzugsminderung in der Regel mit vertikalen Brettern verkleidet. Die dazwischenliegenden Stöße sind dabei mit Holzleisten abgedeckt und die Fugen zwischen den Blockbauelementen mit Moos und Werg (Anm.: einem Abfallprodukt der Hanf- oder Flachsverarbeitung) abgedichtet. (vgl. HUEBER, 2015, S. 15f) Den traufseitigen Eingängen ist meist eine überdachte Laubenkonstruktion, das sogenannte *Brückl*, vorgelagert. Die steilen, schindelgedeckten Satteldächer weisen knappe Vorsprünge auf. (vgl. MILAN & SCHICKHOFER, 1992, S. 35) Dachneigungen von 45 Grad und darüber sowie die geringen Dachüberstände wurden in der Ausseer Hallamtsordnung von 1532 und deren Neufassung von 1770 gesetzlich vorgeschrieben, um das für die Salinen des Salzkammergutes wichtige Bauholz sparsam einzusetzen. Durch die aufgrund der Dachsteile rasche Abführung von Schnee und Wasser wird zudem eine langsamere Verwitterung der hölzernen Deckungen ermöglicht. Wie bei den Gebäuden des Ennstales finden sich unterhalb der Dachtraufen überdachte Balkone, die sogenannten *Gwandgänge*, deren Brüstungsflächen aus Ausschnittsbrettern erstellt sind. Im 19. Jahrhundert erhielten zahlreiche Bauernhäuser über der Eingangslaube oder gesondert angebaut eine Veranda. Diese Raumerweiterung ermöglichte bzw. begünstigte die Zimmervermietung für Sommerfrischler. (vgl. HUEBER, 2015, S. 16ff)

Oberes Murtal

Die Hauslandschaft des oberen Murtals ist durch Paar- und Haufenhöfe geprägt, vereinzelt sind Wohnhaus und Wirtschaftsteil unter einem mittelsteilen Dach zusammengeführt. Die doppelgeschoßigen Wohngebäude haben breite Giebelfronten, entlang ihrer Obergeschoße sind oftmals umlaufende bzw. an der Giebelseite gelegenen Holzgänge angeordnet. (vgl. SCHICKHOFER u. a., 1984, S. 57f) Die regional vorherrschende Bauweise ist der überkämmt Blockbau. Von Murau ostwärts

zeichnen sich Verschmälerungen der Giebelfronten und Verlagerungen der Hauseingänge an die Traufseiten ab. Im Murboden, in den Niederungen zwischen Judenburg und Knittelfeld überwiegen voll gemauerte Wohnhäuser und großvolumige Wirtschaftsgebäude mit gemauerten Stallbereichen und in Bundwerkbauweise ausgeführten Obergeschoßen. Bei vollgemauerten Wirtschaftsgebäuden erweisen sich Lüftungs- bzw. Ziegelgitter als auffällige Bauelemente. (vgl. PÖTTLER, 1981b, S. 137f)

Weststeiermark

In den weststeirischen Regionen und damit einem Gebiet, das sich von Glein-, Stub- und Koralpe im Norden bzw. Westen, über die Mur im Osten bis zur Staatsgrenze im Süden erstreckt, treten Gruppen- und Haufenhöfe in Erscheinung, die zumeist in Holz-, vereinzelt auch in Massivbauweise erstellt sind. Die weststeirischen Dachformen sind durch besonders steile und giebelseitig vorkragende Dachflächen gekennzeichnet. (vgl. MILAN & SCHICKHOFER, 1992, S. 36) Die ehemals als Rauchstubenhäuser ausgebildeten Wohngebäude weisen nahezu überall Mittelflurgrundrisse mit durchgängigen Vorhäusern auf. Aus dem Wunsch nach rauchfreien Wohnräumen sind als *Wiederkehr* bezeichnete Zubauten entstanden, die im rechten Winkel an die alten Wohngebäude angefügt und in denen Kachelstuben untergebracht sind. (vgl. PÖTTLER, 1981b, S. 137)

Oststeiermark

Die Region südlich der Raab und östlich der Mur ist als Hauslandschaft sehr heterogen. Es überwiegen Mauerbauten bzw. Dreiseit- Haken- und Streckhöfe in unterschiedlichen Größen und Gestaltungsvariationen, vereinzelt treten altartige Holzbauten in Erscheinung. Die Wohnhäuser weisen zumeist Mittelflur- und Mittelküchengrundrisse auf. Die steilen Satteldächer waren ehemals mit Stroh gedeckt, das später von harten Ziegel- oder Eternitdeckungen abgelöst wurde. Im Raum südlich von Hartberg, westlich begrenzt von der Linie Weiz-Pischeldorf-Gleisdorf und im Süden bis zur Raaberbahn reichend, sind gemauerte Vierseithöfe mit Küchenflurgrundrissen angesiedelt. Diese geschlossen Gehöftanlagen zeigen an ihrer Einfahrtseite meist zwei Giebelfronten, die durch einen Einfahrtstrakt verbunden sind. Westlich dieser Hauslandschaft im nördlichen Gebiet des Bezirkes Weiz, eingegrenzt im Westen von der Mur zwischen Bruck und Graz und im Osten durch das obere Feistritztal, weicht die vierseitige Hofform dem Typus des Haufen- und Gruppenhofes. Die Gehöfte des Müürztals ähneln mit ihren schmalen Giebeln und Schindeldeckungen den Gebäuden des Mur- und Ennstals. (vgl. PÖTTLER, 1981b, S. 137f)

Südöstliche Grazer Umgebung

Im Gebiet südlich und östlich von Graz im Grazer und Leibnitzer Feld ist im 19. Jahrhundert ein Wohnhaustyp mit klassizistischen Gestaltungselementen entstanden, dessen Entwicklung auf eine Initiative Erzherzog Johann (1782 – 1859) zurückzuführen ist. (vgl. KUNDEGRABER, 1973, S. 127) Der Grundriss dieser um 1820 durch gezielte Bauförderung der k.u.k. Landwirtschaftsgesellschaft in der Steiermark entstandenen Gebäude sieht im Erdgeschoß links und rechts eines durchgängigen Vorhauses je zwei Räume vor, wovon einer zu einer rauchfreien Küche mit Sparherd ausgebaut ist. Die Schlafräume befinden sich im Giebelgeschoß. Die Wirtschaftsgebäude Stall und Stadel entsprechen den üblichen Bauformen der Oststeiermark. (vgl. MILAN & SCHICKHOFER, 1992, S. 37) Die gemauerten Wohngebäude tragen ein mittelsteiles Giebeldach, und sind durch einen traufseitigen Eingangsbereich mit außenliegendem Stiegenaufgang charakterisiert. Die Überdachung des Portals weist einen Dreiecksgiebel auf, der von zwei, vier oder manchmal sechs Säulen getragen wird. Die äußere Form dieses Haustypus ist von weststeirischen Gehöften beeinflusst, die Gebäude sind voll unterkellert und mit großen Fenstern versehen. (vgl. KUNDEGRABER, 1973, S. 127) In der Literatur findet diese Hausform als Erzherzog-Johann-Haus besondere Beachtung, und lässt einen stark städtisch-bürgerlichen Einfluss klassizistischer Bauweisen erkennen. (vgl. SCHICKHOFER u. a., 1984, S. 58)

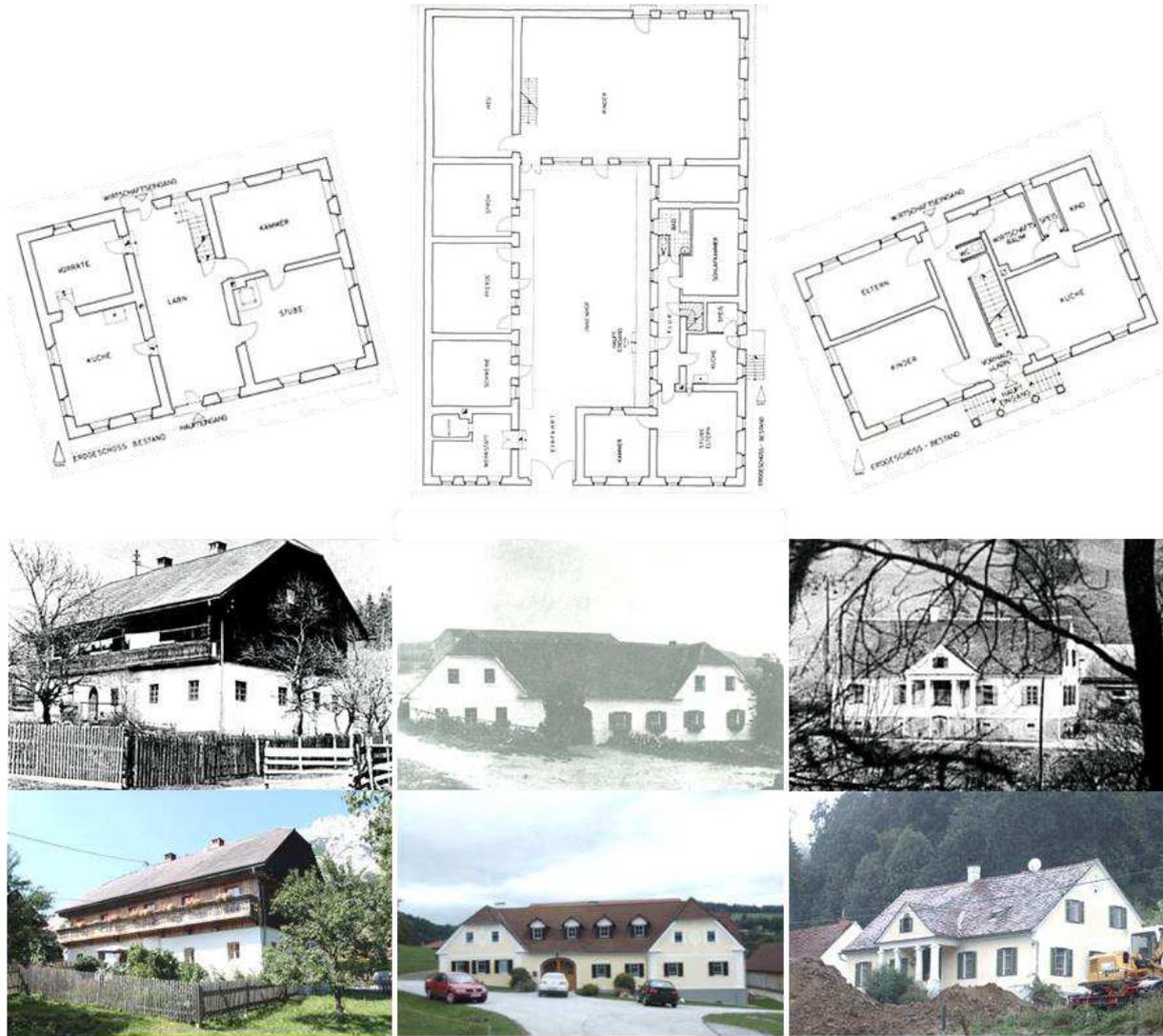


Abbildung 204: Ennstaler Paarhof in Gröbming: Mittelflurgrundriss des Wohntraktes mit traufseitigem Eingang, Gebäudeansicht mit Oberlaube (Spielhofer, 1981, S. 143), Südansicht (2016)

Abbildung 205: Oststeirischer Vierseithof in Pongratzen: Küchenflurgrundriss mit Toreinfahrt, Ansicht der beiden Giebelfronten (Spielhofer, 1981, S. 156), Südansicht (2015)

Abbildung 206: Erzherzog-Johann-Haus in Nestelbach bei Graz: Wohnhausgrundriss mit durchgängigem Mittelflur, Ansicht Eingangsfassade mit Säulenportal (Spielhofer, 1981, S. 158), Südansicht (2015)

5.4.8 Kärnten

Kärnten wird als hauslandschaftliches Übergangsgebiet angesehen, in dem sich ein Formenwandel von mediterranen, gemauerten Bauten hin zu inneralpinen Blockhäusern vollzieht. (vgl. SCHWERTNER, 2000) Eine wichtige kulturelle Berührungszone mit unterschiedlichen regionalen Einflüssen zeigt sich etwa durch den sogenannten Schrägen Durchgang, eine Verkehrslinie, die vom Süddeutschen und Österreichischen Donaauraum über Kärnten bis zu Adria führt. (vgl. SCHICKHOFER u. a., 1985, S. 8) Moser erwähnt in diesem Zusammenhang auch die sogenannte Dachsteinlinie als Kulturlandschaftsgrenze zwischen Ober- und Unterkärnten. Vom Dachstein kommend, quert diese Grenze die ostalpinen Längstäler, und verläuft in Kärnten über die Flattnitz, Haidner Höhe, das Hochrindl zum Ostende des Ossiachersees, von dort über den Tauern ob Ossiach, die Drauschlinge bei Wernberg und den Faaker See zum Mittagkogel in den Karawanken. (vgl. MOSER, 1981, S. 163) Sie erlaubt eine Unterteilung der Vielfalt von kärntner Gehöftformen und Hauslandschaften. (vgl. SCHICKHOFER u. a., 1985, S. 17)

Oberkärnten

Paarhöfe dominieren und prägen die oberkärntner Hauslandschaften des oberen Möll-, Drau-, Lieser-, Malta- und Katschtales. Die mehrgeschoßigen Gehöfte des oberen Möll- und Lesachtales erinnern an Bauformen in den benachbarten Regionen Salzburgs und Tirols. Im Lurnfelder Becken sowie im Lieser- und Maltatal zeigt sich auch der Einfluss von Einhöfen. Die in Blockbauweise gezimmerten Häuser sind meist giebelseitig erschlossen, und tragen flach geneigte, mit Holzschindeln gedeckte Dächer. Typisch für das äußere Erscheinungsbild der Gehöfte Westkärntens sind auch im Obergeschoß umlaufende Laubengänge. Im Nockbergegebiet schließt die heute nur noch historisch fassbare Gehöftlandschaft der Kärntner Ringhöfe an, deren Kernraum im Gebiet um Bad Kleinkirchheim liegt. (vgl. SCHICKHOFER u. a., 1985, S. 27f) Moderne Bewirtschaftungsformen haben die Gebäude verdrängt, da für die wirtschaftlichen Erfordernisse der Betriebe andere Bauwerksstrukturen erforderlich wurden. Die Wohngebäude sind jedoch in vielen Fällen heute noch vorhanden. Sie sind bis auf wenige Gebäudeelemente fast zur Gänze aus gehackten Holzbalken errichtet. Der vielfach gute Gebäudezustand wird unter anderem auf den richtigen Zeitpunkt der Holzschlängerung zurückgeführt. (vgl. SPIELHOFER, 1981, S. 178) Wandfugen sind vielfach mit Mörtel verputzt, wodurch der für diese Hauslandschaft typische Farbkontrast der Fassadenansichten entsteht. Das Dach ist üblicherweise ein mittelsteiles, beidseitig abgeschopftes und mit Brettschindeln gedecktes Sparrendach mit regionaltypischen, dreiecksförmigen Öffnungen, den sogenannten *Ansatzlücken*, im Verschneidungsbereich von Dachfirst und Schopf. (vgl. MILAN & SCHICKHOFER, 1992, S. 41) Die Giebelfassade des Ringhof-Wohngebäudes, die Bezeichnung Ringhof ist auf die steilgiebeligen und einen Hof umschließenden Wirtschaftsgebäude zurückzuführen, ist fast immer talwärts orientiert. Die Erschließung erfolgt traufseitig, und führt in einen durchgängigen Mittelflur. Talseitig liegt die ehemalige Rauchstube sowie eine Schlafkammer bzw. eine rauchfreie Kachelstube. Bergseitig sind Neben- und Keller- bzw. Lagerräume angeordnet. Die Schlafräume befinden sich im Obergeschoß. (vgl. SPIELHOFER, 1981, S. 178)

Unterkärnten

Gemeinsamkeiten zwischen den Gehöftlandschaften Unterkärntens bestehen in den steilen und stark- bis voll abgewalmten Dächern, der ursprünglich verbreiteten Stroheckung und den eingeschößigen, schmalgiebeligen und meist nur raumtiefen Wohnhäusern. (vgl. SCHICKHOFER u. a., 1985, S. 30) Mit weit herabgezogenen Strohscharendächern kündigen diese Gebäude östlich der Dachsteinlinie erstmals osteuropäische Hauslandschaften mit schmalen Längshäusern an. Als beherrschender Typ ist das langgestreckte Unterkärnter Seitenlaubenhaus für die Region zwischen dem

Zollfeld und den Ostkarawanken bestimmend. Es tritt ursprünglich als Blockbau, später als Mauerwerksbau in Erscheinung, und wird auch als Slowenisches Haus bezeichnet. Ein zweiter Typus entwickelte sich im Gurker Bergland, auf dem Krappfeld und im Görschitztal bzw. auf der Saualpe. Indem an den Rauchstuben–Kernraum Zubauten angefügt wurden, entstand ein winkelförmiger Grundriss, der zur Bezeichnung Winkelhaus führte, das gestalterische Parallelen mit den Gehöften der Weststeiermark aufweist.

Schließlich entwickelte sich aus derselben Kernanlage ein mehrkantiges, teilweise drei- oder viertraktiges Gehöft mit Rauchstube, das als dritter Grundtyp vor allem im Nordosten Kärntens zwischen Waldkogel und Stubalpe sowie im mittleren und oberen Lavanttal angesiedelt ist. Hier entstand eine Ausbauf orm des Kernraumhauses mit Rauchstube, bei dem auch der Stadel in den Gebäudeverband integriert wird. Dadurch ergibt sich eine mehrtraktige oder ringförmig geschlossene Gebäudeform mit einem Stall im Kellergeschoß, das Moser als Norisches Gehöft bezeichnet und dessen Verbreitungsgebiet über Obdach bis ins steirische Murtal reicht. (vgl. MOSER, 1981, S. 163f) Im Gegensatz zu den südlich gelegenen und strohgedeckten Gehöften weist das Norische Gehöft meist Schindeldeckungen auf. (vgl. SCHICKHOFER u. a., 1985, S. 30)

Zur Überwindung der Einraumwohnungen mit Rauchstube entwickelte sich ab dem 19. Jahrhundert im Kärntner Zentralraum der Typ des Walmdachhauses. Das Verbreitungsgebiet dieses gemauerten und unterkellerten Bautyps mit durchgängigem Vorhaus erstreckt sich vom Krappfeld über St. Veit, das Klagenfurter Becken und den Völkermarkter Boden bis ins mittlere Lavanttal. (vgl. MOSER, 1981, S. 163f) Vorbild für diese wahrscheinlich von italienischen Maurern gebauten, bäuerlichen Wohnhäusern sind die Gutshöfe bzw. die als *Stöckl* bezeichneten Herrenhäuser dieser Gegend. (vgl. SCHICKHOFER u. a., 1985, S. 40)

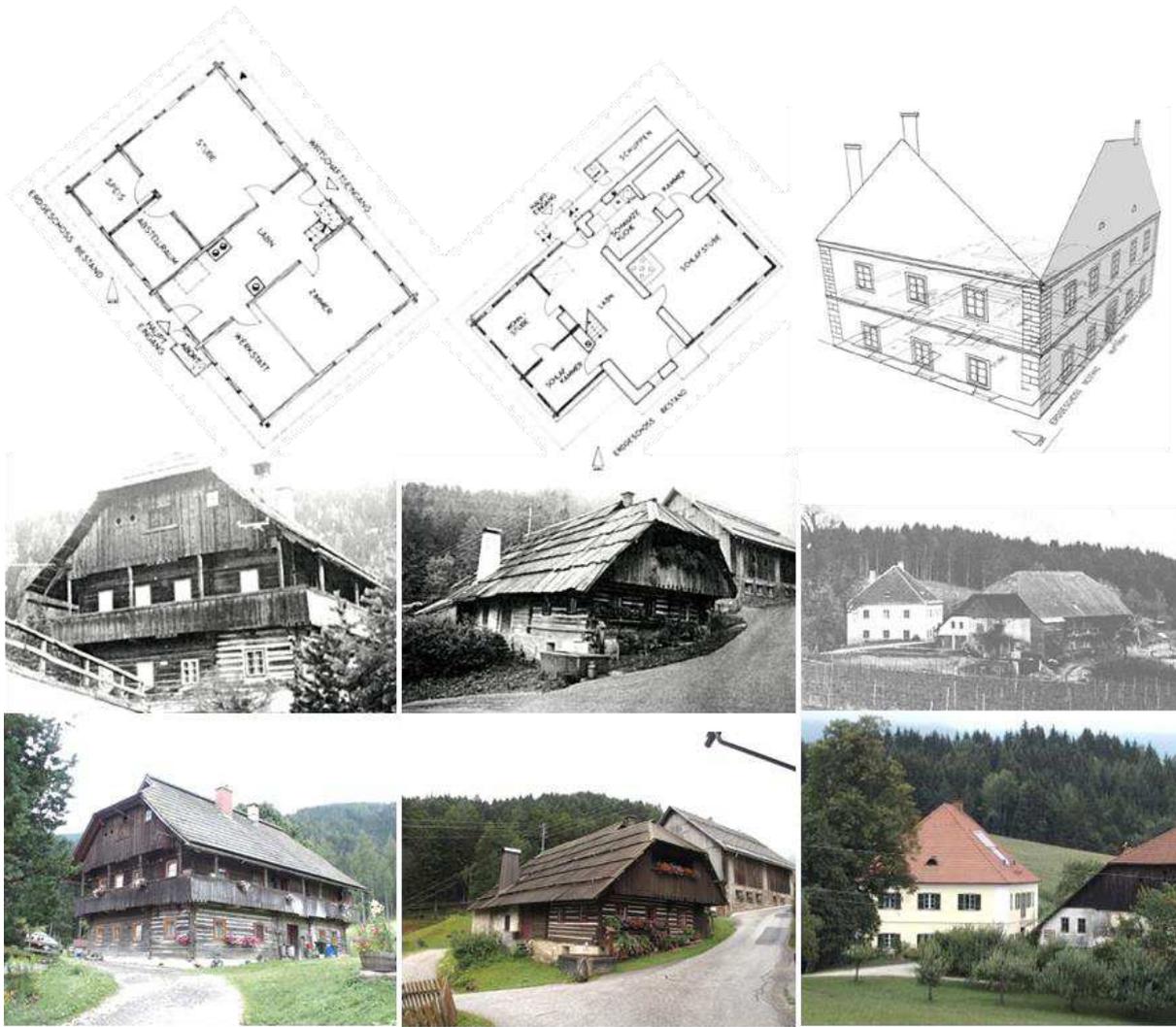


Abbildung 207: Wohntrakt eines Ringhofes in Gnesau im Nockbergegebiet: Grundriss mit durchgängigem Mittelflur, Ansicht Giebelfassade (Spielhofer, 1981, S. 178), Nordostansicht (2015)

Abbildung 208: Unterkärnter Seitenlaubenaus in Zellpfarre: Grundriss mit traufseitig erschlossenem Mittelflur, Eingangs-Ansicht und Giebelfassade (Spielhofer, 1981, S. 176), Westansicht (2015)

Abbildung 209: Walmdachhaus in St. Andrä: Raumstruktur mit durchgängigem Mittelflur, Ansicht der Gesamt-Hofanlage (Spielhofer, 1981, S. 171), Ostansicht (2016)

5.5 Präsentation vernakulärer Bauformen

Die Weltausstellungen des 19. Jahrhunderts gaben entscheidende Anstöße für die Entwicklung von Freilichtmuseen, deren Gründung mit dem Anspruch erfolgte, gefährdete ländliche Bauten zu retten und typische Repräsentationen historisch ländlicher Bauformen oder einfach nur ästhetische Zeugnisse anonymer Architektur für nachfolgende Generationen zu sichern. Zunächst wurden Freilichtmuseen als Architekturmuseen zum Erhalt außergewöhnlicher Baudenkmäler betrachtet. Diese Einordnung wurde jedoch als unzureichend angesehen, da mit der Dokumentation und Darstellung des ländlichen Bauens, Wohnens und Wirtschaftens ein kulturgeschichtlich weit höherer Anspruch bestand, als eine Beschränkung auf architektonische und denkmalpflegerische Themen. (vgl. VITOVEC, 2013, S. 6ff) Die Arbeitsgemeinschaft Europäischer Freilichtmuseen hat im Zuge ihrer Arbeitstagung im April 1966 in Bokrijk den Begriff Freilichtmuseum schließlich mit folgender Definition festzulegen versucht: „Freilichtmuseen sind wissenschaftlich geführte, volkskundliche Sammlungen ganzheitlich dargestellter Siedlungs-, Bau-, Wohn- und Wirtschaftsformen in freiem Gelände.“ Mit ihrer Aufgabe, die noch greifbaren Zeugnisse einer verschwindenden Kultur insbesondere aus dem Bereich der bäuerlichen Wohn- und Arbeitsstätten zu bewahren und mit den Methoden der modernen Wissenschaft präsent zu machen, werden Freilichtmuseen der Gruppe der kulturhistorischen Museen zugeordnet. (vgl. PÖTTLER, 1972, S. 11)

5.5.1 Ausstellungskonzepte

Laut ICOM-Deklaration (Anm.: International Council of Museums) von 1982 sind Freilichtmuseen „wissenschaftlich geplante, geführte oder unter wissenschaftlicher Aufsicht stehende Sammlungen ganzheitlich dargestellter Siedlungs-, Bau-, Wohn- und Wirtschaftsformen unter freiem Himmel und in einem zum Museumsgelände erklärten Teil der Landschaft.“ (vgl. BRUNNER-GAUREK, 2013, S. 12) Demgegenüber spricht man bei der musealen Erhaltung alter Gehöfte in situ, also am angestammten Standort belassend, von Denkmälhöfen oder Bauernhausmuseen. Die Erhaltung und Bewahrung historisch und kulturgeschichtlich wertvoller Zeugnisse der ländlichen Architektur in einem Freilichtmuseum geschieht durch Übertragung ganzer Bauernhöfe mit allen Zubauten und allem Inventar einschließlich der Arbeits- und Hausgeräte. Dabei werden Bauwerke in Detailplänen aufgenommen, abgetragen und nach sorgfältiger Restaurierung im Museumsgelände wiederaufgebaut.

Nach Pöttler dient das Freilichtmuseum als Stätte der Forschung und musealen Bewahrung primär der Wissenschaft, wobei die Hauskunde und die Disziplinen der Volkskunde eine Vorrangstellung einnehmen. Auf den bisherigen Kenntnissen der Hausforschung aufbauend, wird das Freilichtmuseum mit seinen unter freiem Himmel wiedererrichteten Bauwerken zum Anschauungsmaterial für Studierende, und bietet Möglichkeiten zur Nachschau in Bezug auf technische und soziokulturelle Fragestellungen zum historischen Alltagsleben. In dieses Darstellungskonzept sollen auch die Menschen, die einst in den Häusern lebten, und ihre sozialen und wirtschaftlichen Lebensrealitäten mitberücksichtigt werden. Durch die Übertragung hauskundlich bedeutsamer Bauwerke entsteht eine Sammlung bäuerlicher Baudenkmäler, die in verdichteter Form einen Einblick in die historische Entwicklung und Ausformung der Bauernhäuser in unterschiedlichen Kulturlandschaften bietet. (vgl. PÖTTLER, 1972, S. 11ff)

Im Gegensatz zu Freilichtmuseen werden in sogenannten Museumsdörfern vom Gründer als idealtypisch empfundene Dorfanlagen mit Kirche, Dorfplatz, Schule, Bürgermeisterhaus etc. präsentiert. Daraus entwickelten sich vor allem in den 1980er Jahren Diskussionen um die subjektive, verklärte Darstellung historischer Realitäten in Freilichtmuseen und Museumsdörfern. Dies erfordert Konzepte, die den Anforderungen an eine moderne, sich der Objektivität annähernde Vermittlung und Dokumentation der Vergangenheit gerecht werden. Vor allem die Ambivalenz zwischen Erlebnis, Idylle

und objektiver Vermittlung ist für alle Freilichtmuseen eine zentrale Herausforderung. (vgl. BRUNNER-GAUREK, 2013, S. 13)

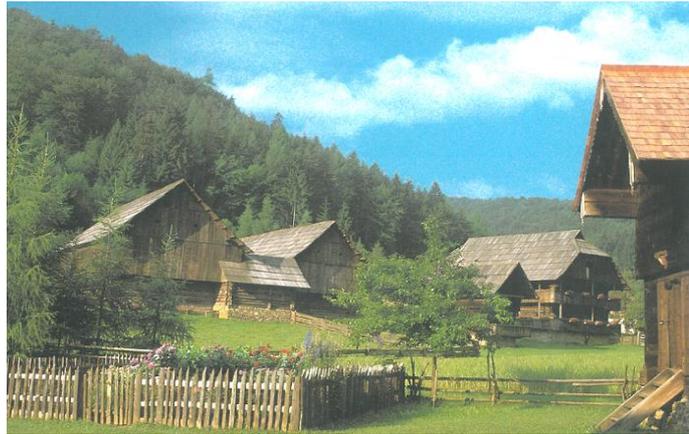


Abbildung 210: Gebäudeensemble im Österreichischen Freilichtmuseum Stübing (Pöttler, 1992, Titelbild)

5.5.2 Nationale und internationale Freilichtmuseen

Das erste Freilichtmuseum der Welt eröffnete 1891 in Skansen bei Stockholm als Ergänzung zum 1873 gegründeten Nordischen Museum, einem der frühen Volkskundemuseen Europas. Beide Museen beruhen auf den Forschungen des Ethnographen Arthur Hazelius (1833 - 1901). (vgl. VITOVEC, 2013, S. 6–10) Zahlreiche Hausgruppen, vom Abbruch bedrohte und aus unterschiedlichen Regionen Skandinaviens stammende Gehöfte wurden dafür auf das weitläufige Gelände auf einer Schäreninsel neben der Altstadt von Stockholm übertragen. Die etwa 150 Gebäude hatten zuvor unterschiedliche Nutzungen und sozialen Umgebungen. So sind neben Bauernhäusern eine Kirche, ein Herrenhaus, Handwerksbauten, Werkstätten, Bürgerhäuser, eine Schule, eine Poststation eine Bank und Gasthäuser vertreten. Von Beginn an wurde Wert auf ein möglichst authentisches Gebäudeumfeld gelegt, daher werden auch Pflanzen und Tiere aus den Herkunftsregionen der Objekte weiter gezüchtet. Heute beherbergt das Museum 300 Tiere aus der nordischen Fauna. Ein Kernthema des Skansen ist die Weiterführung von Traditionen und Bräuchen. So sind die Nutzung der Gebäude und das Feiern historischer und nationaler Feste Bestandteil des Museumsbetriebes. (vgl. SCHICHT, 2013, S. 46f) Nach Hazelius' Vorbild entstanden in zahlreichen Regionen ähnliche Ensembles. Die Umsetzung eines ersten Konzeptes für ein gesamtösterreichisches Freilichtmuseum auf dem Linzer Freienberg aus dem Jahr 1910 wurde zunächst durch den Ersten Weltkrieg verhindert. (vgl. PÖTTLER, 1991, S. 199f) Eine Realisierung erfolgte später in den 1960er Jahren in Stübing bei Graz.

Während sich Freilichtmuseen des alpinen Raumes vor allem auf die Darstellung agrarisch geprägter ländlich-dörflicher Architektur und Wirtschaftsformen beschränken, erweitern nordeuropäische Museen ihre Interessens- und Sammelgebiete auch auf urbane Gebäude und Lebenswelten. So wurden ganze Straßenzüge städtischer Häuser samt Verkehrsinfrastruktur in Museen wiedererrichtet, wie etwa im „Beamish Open Air Museum“ in Nordengland oder im Freilichtmuseum Bokrijk in Belgien. (vgl. VITOVEC, 2013, S. 6–10)

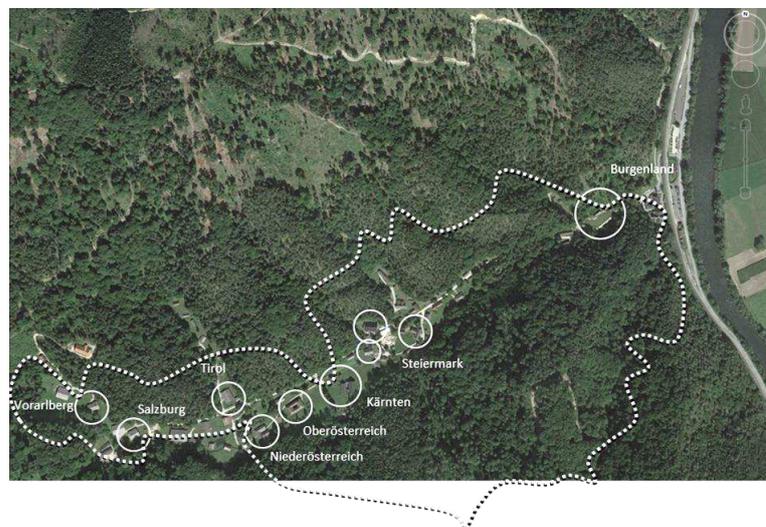
Die ersten regionalen Freilichtmuseen in Österreich entstanden in Oberösterreich mit dem 1910 errichteten Pfahlbaumuseum am Attersee. In der Folge des 1960 eröffneten Freilichtmuseum Mondseer Rauchhaus wurde 1964 der Verband Österreichischer Freilichtmuseen, in dem mehrere Freilichtmuseen und Denkmalthöfe zusammengeschlossen sind, gegründet. Im Jahr 1972 eröffnete das Kärntner Freilichtmuseum in Maria Saal. In Niederösterreich kam es mit der Gründung des Urgeschichtlichen Museums Asparn a.d. Zaya im Jahr 1970 zur Errichtung eines Freiluftmuseums, in dem mehrere frühgeschichtliche Bauten rekonstruiert sind. Im Jahr 1979 entsteht im niederösterreichischen Niedersulz das sogenannte Weinviertler Museumsdorf. 1978 wurde mit dem Museumsaufbau in Großmain (Anm.: bei Salzburg) begonnen, das 1984 eröffnet wurde. Ein Museum Tiroler Bauernhöfe

wurde im Jahr 1974 (Anm.: in Kramsach) gegründet. (vgl. PÖTTLER, 1991, S. 211ff) Insgesamt sind in Österreich unter dem Stichwort Freilichtmuseum 59 Einrichtungen verzeichnet, die sich großteils mit ländlichem Bauen und Wohnen beschäftigen, aber auch die Bereiche Weinbau, Archäologie und Schifffahrt thematisieren. (vgl. BRUNNER-GAUREK, 2013, S. 12)

5.5.3 Das Österreichische Freilichtmuseum in Stübing

Im Österreichischen Freilichtmuseum in Stübing sind 100 bäuerliche Objekte aus den österreichischen Bundesländern und Südtirol aufgebaut.⁷ Seine Gründung im Jahr 1962 erfolgte Pöttler zufolge zu einem Zeitpunkt, an dem der größte Teil historisch und volkskundlich bedeutsamer Bauten aufgrund landwirtschaftlicher Entwicklungen abgelöst bzw. untergegangen war. Das für die Museumserrichtung ausgewählte, 14 km nordwestlich des Grazer Stadtzentrums gelegene und 40 ha große Waldtal zwischen den Höhen des Gsollers und des Pfaffenkogels wurde aufgrund seiner Lage und Topographie und den damit verbundenen Möglichkeiten zur Gebäudearrangierung ausgewählt. Die in das Museum übertragenen Ausstellungsobjekte stammen überwiegend aus Streusiedlungen und unterschiedlichen Kulturlandschaften. Sie sollen als architektonische Einzelobjekte auf den Besucher wirken, weshalb sie isoliert voneinander in die Landschaft gesetzt wurden. Bauten aus derselben oder benachbarten Hauslandschaft sind zu Baugruppen zusammengefasst. Neben der Auswahl geeigneter Objekte war ihre Eingliederung in das Museumsgelände die zentrale Herausforderung. Die Lage des von Ost nach West verlaufenden Talgrabens war dafür bestimmend, die Ost-Westausdehnung Österreichs aufzunehmen und die Gebäude nach Möglichkeit gemäß ihrer Position an den ehemaligen Standorten zwischen dem Burgenland und Vorarlberg in die Museumslandschaft zu integrieren.

Abbildung 211: Lageplan des Österreichischen Freilichtmuseums in Stübing: Darstellung der Arrangements der in Baugruppen und bundesländerweise zusammengefassten Ausstellungsobjekte (Screenshot Google Earth, 14.9.2018)



Der Übertragungen der Gebäude erfolgten mit Handwerkern und Arbeitern des Museumspersonals und ohne professionelle Baufirmen. Dabei war es notwendig, die verschiedenen Techniken des Block- und Ständerbaues zu beherrschen, lagerhaftes gemauertes Steinmauerwerk und altartige Putze herzustellen sowie verschiedene Praktiken der Dachdeckung mit Holz und Stroh zu bewältigen. (vgl. PÖTTLER, 1972, S. 14–18) Vor Beginn der Abtragungsarbeiten mussten sämtliche Baubestandteile der Originalobjekte nach einem möglichst einfachen und zweckmäßigen System gekennzeichnet und zeichnerisch festgehalten werden. Dadurch konnte jedes Element beim Wiederaufbau wieder seinem angestammten Platz zugeordnet werden. In Stübing wurden dazu farbcodierte Blechplättchen mit Nummern verwendet und in Plänen eingetragen, was einen übersichtlichen Ablauf der Aufbauarbeiten ermöglichte. In der Regel wurden die Bauten in freier Landschaft und vor ihrer Übertragung nicht in

⁷ <https://www.museum-joanneum.at/freilichtmuseum>, 22.4.2019

dem für das Museum erwünschten Zustand vorgefunden, da vielfältige Entwicklungen die ursprüngliche Beschaffenheit vor allem bei Wohnhäusern oft stark veränderten. Bei Wiederaufbau wurde der letzte hauskundlich bedeutsame Bauzustand angestrebt. Dabei wurden Rekonstruktionen weitgehend vermieden und Neuerungen rückgebaut, etwa wenn große Fensterflächen in die Fassade eingearbeitet wurden. (vgl. PÖTTLER, 1972, S. 18–20) Mit der Übertragung eines Bauwerkes wird es aus seiner ursprünglichen Umgebung herausgelöst, die jedoch den Gesamtcharakter des Gebäudes entscheidend mitbeeinflusst. Die Bemühungen um eine möglichst lebensnahe Darstellung der im Freilichtmuseum wiedererrichteten Bauten sind so alt wie die ersten Museen dieser Art, und reichen von der Nachahmung alter Arbeits- und Wirtschaftsweisen bis zur Kostümierung des Personals. Dieser aus den USA kommende und als Living History bezeichnete Trend zielt auf die möglichst realitätsnahe Darstellung historischer Lebenswelten durch Personen ab, und erfreut sich großer Beliebtheit. (PLÖCKINGER-WALENTA, 2018) Nach Pöttler sind derartige Aktivitäten jedoch nicht aus der Funktion und der neuen Umwelt der Museumsobjekte ableitbar und daher hinterfragungswürdig. (vgl. PÖTTLER, 1972, S. 20f)

5.5.4 Schwerpunktaktivitäten einst und jetzt

Das museologische Bemühen ist darauf ausgerichtet, den Besuchern das traditionelle Bauen, Wohnen und Wirtschaften einer bäuerlichen Bevölkerung so zu zeigen, wie es nach wissenschaftlichen Erkenntnissen gewesen ist. In den Anfängen der Freilicht- und Volkskundemuseen wurde vor allem auf Schönheit und Attraktivität der gezeigten Exponate Wert gelegt. Dieses Konzept ging jedoch an der Tatsache vorbei, dass das bäuerliche Leben oftmals von Einfachheit und Armut geprägt war, was durch Museen dieser Art sichtbar gemacht werden sollte. Eine möglichst vollständige und funktionstüchtige Gebäudeausstattung, die geeignet ist, jederzeit nach alten, herkömmlichen Methoden in der Küche zu kochen, in Stuben zu wohnen und in Kammern schlafen sowie die Beheizung offener Feuerstellen, tragen zur Verlebendigung der gezeigten Objekte bei. (vgl. PÖTTLER, 1972, S. 22f)

Neben den Analysen von Baukonstruktionen, restauratorischen Arbeiten und der Untersuchung von Aufgaben und sozialen Beziehungen der einstigen Hausgemeinschaften, zusammengefasst unter den Begriffen Bau- und Hausforschung, greifen die Aktivitäten von Freilichtmuseen auch ökologische Fragestellungen etwa in Bezug auf Pflanzenzucht, Gartenbau, landwirtschaftliche Produktion und anderer Themenbereiche auf. Das Museumsdorf Niedersulz widmet sich etwa gleichermaßen der dörflichen Architektur und dörflichen Grünräumen. Auch die Präsentationen von Objekten jüngeren Datums werden forciert. In skandinavischen Freilichtmuseen werden dazu aus dem 20. Jahrhundert stammende Objekte wie zum Beispiel Flüchtlingsheime gezeigt, wodurch soziale Lebensumstände aus aktueller Zeit anschaulich vermittelt werden. (PLÖCKINGER-WALENTA, 2018)

Verortet zwischen Haus- und Bauforschung, Volkskunde, Landes- und Agrargeschichte haben Freilichtmuseen heute auch ihren Platz auch auf dem Freizeitmarkt in den Bereichen Tourismus und Naherholung sowie im allgemeinen Bildungsangebot für Kinder, Jugendliche und Erwachsene. (vgl. BRUNNER-GAUREK, 2013, S. 13) Projektbezogene Forschungs Kooperationen, wie jene zwischen dem Österreichischen Freilichtmuseum mit den Technischen Universitäten Graz und Wien, der Universität für Bodenkultur und der Fachhochschule Graz, fokussieren vor allem auf den Bereich Baudokumentation, und unterstützen gleichzeitig die Sicherung der Museumsbestände. Im schulischen, pädagogischen und im Integrationsbereich werden Kulturvermittlungs-Möglichkeiten gesehen, für die Freilichtmuseen einen geeigneten Rahmen bieten. So kann zum Beispiel aufgrund der funktionalen Logik der gezeigten Gebäude bei jungem Publikum ein Grundverständnis für die Entwicklung von Wohnkultur entstehen. Von diesen Aktivitäten ausgehend können Vernetzungen zu anderen wissenschaftlichen Disziplinen wie Soziologie, Kulturgeschichte, Anthropologie, Bauwissenschaft und Pädagogik hergeleitet werden. (vgl. PÖTTLER, 2017)

6 Vergleichende bauklimatische Gebäudeanalysen

Neben den komplexen Wirkzusammenhängen unterschiedlicher sozialer, ökonomischer und kultureller Einflussfaktoren, auf die insbesondere in Kapitel 1 Bezug genommen wird und die objektbezogen unter anderem in Kapitel 5 verdeutlicht werden, war die bauliche Adaption von Gehöftanlagen an ihre naturräumliche Umgebung für die betriebliche Existenzsicherung von essenzieller Bedeutung. (vgl. DIMT, 2009, S. 9) Die morphologischen Eigenschaften der Gebäude, ihre Positionierung auf den jeweiligen Standorten, der Einsatz von Materialien und weitere genannte Aspekte des klimagerechten Bauens stehen in enger Wechselwirkung mit den jeweils vorherrschenden klimatischen und topographischen Rahmenbedingungen. Diesbezügliche Gestaltungsentscheidungen wurden von den meist ungenannten Errichtern dieser Gebäude ohne Anwendung moderner Berechnungswerkzeuge getroffen und umgesetzt. Im Rahmen der nachfolgenden Analysen werden daher bauklimatisch relevante Eigenschaften eines Querschnitts an Beispielen regionaler, bäuerlicher Architektur aus verschiedenen Zeitepochen und Regionen Österreichs analysiert. Die Untersuchungen erfolgen mit aktuell gebräuchlichen Berechnungswerkzeugen und Methoden. Ihre Ergebnisse werden im Kontext der vorherrschenden Klimafaktoren und -elementen an den jeweiligen Gebäudestandorten dargestellt, wobei die von einer aktuellen Betrachtungsperiode durch Klimarekonstruktionen nachgewiesenen Temperaturabweichungen mitberücksichtigt werden.

Ziel ist es, die bauklimatischen Potenziale dieser Objekte in Bezug auf ihre thermischen und visuellen Behaglichkeitseigenschaften und ihre Energieeffizienz explorativ und auf Basis von empirisch erhobenen (gemessenen, berechneten und simulierten) Daten zu quantifizieren und zu vergleichen. Die dahingehenden Gebäudecharakteristika können einander vor dem Hintergrund aktuell geltender Anforderungen an das Innenraumklima und an Energiebedarfe gegenübergestellt werden. Nichtziel ist es, die unter dem Sammelbegriff Gefügeforschung (vgl. PLÖCKINGER-WALENTA, 2018) vereinten bautechnischen Untersuchungen von historischen Konstruktionen und den dadurch vorhandenen Wissensstand über Konstruktionsweisen, Materialverwendung und –verarbeitung auszudehnen bzw. zu erweitern.

6.1 Forschungsfragen

Für die Untersuchung von Gebäuden, die in freier Landschaft und in ihrer ursprünglichen Beschaffenheit und Verwendung vielfach nicht mehr zugänglich bzw. existent sind, bieten Freilichtmuseen mit ihren Baubeständen Möglichkeiten zur Nachschau und Bauforschung an translozierten (Stück für Stück bzw. durch Ganzteiltranslozierung übertragener) Originalobjekten bäuerlicher Architektur bei vergleichbaren äußeren Rahmenbedingungen. Zwar sind die Gebäude nicht mehr in ursprünglicher Verwendung, dennoch ist größtmögliches Bemühen um eine authentische Wiedergabe der auf dem Museumsgelände wiedererrichteten Bauten gegeben. (Siehe Kapitel 5.5) Die Anwendung der in den nachfolgenden Kapiteln beschriebenen Untersuchungsmethoden erfolgen anhand von Ausstellungsexponaten aus dem Bestand des Österreichischen Freilichtmuseums in Stübing. Durch die vorliegende Arbeit wird der aktuelle Stand des Wissens zu diesen Gebäuden um den Gesichtspunkt bauklimatischer Betrachtungen und Anpassungsstrategien an naturräumliche Rahmenbedingungen erweitert. Die Untersuchungen von insgesamt zehn ausgesuchten Fallbeispielen lassen dahingehende quantitative und qualitative Objektvergleiche zu, und basieren auf folgenden, thematischen Kategorien zugeordneten Forschungsfragen:

Fragenkategorie 1: Gebäudebeschaffenheit und klimatische Rahmenbedingungen

Welche geometrischen und bauklimatisch relevanten Eigenschaften der ausgesuchten Objekte können den Gebäudeuntersuchungen (Messungen, Berechnungen und Simulationen) zugrunde gelegt werden?

Welche klimatischen Rahmenbedingungen sind aktuell an den ursprünglichen Errichtungsorten der transferierten Vergleichsobjekte vorherrschend?

Wann sind die Gebäude entstanden und welche Temperaturunterschiede sind für die jeweilige Errichtungszeit im Vergleich zu einer aktuellen Klimabetrachtungsperiode anzunehmen?

Welche Größenordnungsannahmen können für die Energiebedarfe der Wohnbereiche getroffen werden?

Welche Energiebedarfsniveaus müssten nach aktuellen Gebäudeanforderungen im Fall von größeren Gebäudesanierungen eingehalten werden, und welche Abweichungen ergeben sich gegenüber den für die angenommene Beschaffenheit der Ausstellungsobjekte errechneten Kennzahlen?

Fragenkategorie 2: Innenraumklima

Welche thermischen Verhältnisse bzw. welche Raum- und Oberflächentemperaturen sowie Luftfeuchtigkeiten sind in den Wohnbereichen der ausgesuchten Untersuchungsobjekte zu verschiedenen Jahreszeiten vorherrschend?

Wie können die ermittelten thermischen Gebäude- bzw. Raumeigenschaften im Kontext aktueller Komfort-Anforderungen interpretiert werden?

Welche natürlichen Raumbelichtungsverhältnisse sind in den Wohnbereichen der Untersuchungsobjekte gegeben?

Wie können die ermittelten Lichtverhältnisse im Kontext aktueller Belichtungs-Anforderungen interpretiert werden?

Fragekategorie 3: Koinzidenzen von Standort- und Gebäudeeigenschaften

Welche Korrelationen zwischen den eruierten Gebäudecharakteristika und den klimatischen Eigenschaften ihrer ehemaligen Standorte können festgehalten werden?

Welche bauklimatisch relevanten Gebäudeeigenschaften stehen in möglicher Wechselbeziehung mit der Entstehungszeit der Vergleichsobjekte?

6.2 Untersuchungsaufbau

Die notwendige Datengrundlage zur Beschreibung der bauklimatisch relevanten Charakteristika der ausgewählten Gehöfttypen und ihrer Standorte wird durch entsprechende Berechnungen und Simulationen unter Verwendung von validierten und frei zugänglichen Werkzeugen sowie Vermessungen von Realobjekten und ihrer digitalen und physischen Modellrekonstruktionen geschaffen. Die erforderlichen Vorbereitungen wie die Durchführung von Bauaufnahmen, die Installation von Messgeräten für Gebäudemonitorings, Befragungen und Interviews etc. erfolgen in Absprache mit der Museumsleitung und unter Berücksichtigung des laufenden Museumsbetriebes.

6.2.1 Objektauswahl

Die ausgewählten Untersuchungsobjekte, deren erweiterte hauslandschaftliche Umgebung im Rahmen von mehreren Exkursionen in den Jahren 2015 bis 2016 bereist wurden, stammen aus insgesamt acht österreichischen Bundesländern. Neben ihrer regionalen Verteilung und Lage auf unterschiedlichen Höhenstufen sind ihre Zugehörigkeiten zu verschiedenen Gehöfttypen und ihre Materialität als Holz- und Steinbauten wichtige Auswahlkriterien. Darüber hinaus ermöglicht der mehrere Jahrhunderte umfassende Entstehungszeitraum der Objekte eine Gegenüberstellung der bauklimatischen Eigenschaften von Beispielen vernakulärer Architektur aus unterschiedlichen, vorindustriellen Zeitepochen. In nachfolgender Tabelle sind Gebäudeinformationen in Bezug auf deren Namensbezeichnungen, Hoftypus, Standort und Errichtungszeit aufgelistet. Die Reihung erfolgt nach der ehemaligen geographischen Lage verlaufend von West nach Ost.

Hausname	Hoftyp	Ort	Bundesland	Datierung	Akronym
Naglerhaus	Einhof	Schwarzenberg	Vorarlberg	1819	NH
Hanslerhof	Einhof	Alpbach	Tirol	1660	HH
Rauchhaus	Einhof	Wals/Siezenheim	Salzburg	1629	RH
Ringhof Paule	Ringhof	Ebene Reichenau	Kärnten	1690	PA
Säuerling	Einhof	Einach an der Mur	Steiermark	1582	SA
Laarerhof	Paarhof	St. Nikolai im Sölketal	Steiermark	1718	LA
Schwarzmayr-Hof	Vierkanthof	St. Ulrich bei Steyr	Oberösterreich	1735	SM
Brachhuber	Dreiseithof	Arbesbach	Niederösterreich	1827	BR
Großschrotter	Einhof	Eggartsberg	Steiermark	1690	SCHR
Berglerhaus	Zwerchhof	Neustift bie Güssing	Burgenland	1800	BE

Abbildung 212: Ausgewählte Vergleichsobjekte gereiht von West nach Ost

6.2.2 Klimatische Standortanalysen

Die Präsentationskonzepte von Freilichtmuseen zielen darauf ab, die landschaftlichen Charakteristika der ursprünglichen Errichtungsorte transferierter Originalobjekte bestmöglich wiederzugeben. Dennoch sind die klimatischen und topographischen Eigenschaften der einstigen Umgebungen nicht vollumfänglich reproduzierbar.



Abbildung 213: Lagen und Orientierung der untersuchten Objekte auf dem Museumsgelände:
Zeile 1: Naglerhaus, Hanslerhof, Rauchhaus, Ringhof Paule
Zeile 2: Säuerling, Laarerhof, Schwarzmayrhof
Zeile 3: Brachhuber, Großschrotter
Zeile 4: Berglerhaus (Screenshot Google Earth, 14.9.2018)

Die Sammlung von Informationen in Bezug auf Klimaeigenschaften, Topographie, Landwirtschafts- und Siedlungsstrukturen bilden daher die Basis für die Untersuchung und Beschreibung der ehemaligen Gebäudestandorte. Deren Lokalisierung erfolgt auf Grundlage der vom Österreichischen Freilichtmuseum publizierten Gebäudemonographien und der darin dargestellten, historischen Lagepläne und Landschaftsillustrationen. In weiterer Folge liefern Gemeindeverwaltungen, Geoinformationssystem-Daten und digitale Rauminformationen der österreichischen Länderverwaltungen sowie die Internetplattform Google-Earth Anhaltspunkte für die Standortfindung. Durch die Zusammenführung dieser Informationen werden sämtlichen Bauplätze für Vor-Ort-Begehungen in den Jahren 2015 und 2016 lokalisiert und Dokumentationen der naturräumlichen Umgebung sowie Analysen der solaren Strahlungsexposition unter dem Einfluss des jeweiligen Geländereiefs in situ durchgeführt. (Die Auffindung der Standorte gestaltete sich je nach verfügbarem Plan- und Bildmaterial mehr oder weniger schwierig. Einerseits erschwerten zwischenzeitlich erfolgte Landschaftsveränderungen und die abgelegene Lage einzelner Gehöfte die Suche erheblich, andererseits stellten Wachhunde vereinzelt ein bedrohliches Problem dar. Glücklicherweise ist es zu keinen ernsten Attacken oder Verletzungen durch Haustiere gekommen, jedoch mahnen die Erlebnisse dazu, sich nur mit Vorsicht einem unbekanntem Gehöft zu nähern.)

Die Klimadatenbank ÖKLIM der Österreichischen Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) bildet eine zentrale Datenquelle zur Analyse der klimatischen Bedingungen an den jeweiligen Gebäudestandorten. ÖKLIM ermöglicht eine Gesamtdarstellung der österreichischen Klimatographie, und wurde anlässlich des 150-jährigen Bestandsjubiläums der ZAMG produziert. Aufzeichnungen von Klimafaktoren und -elementen aus 170 Messstationen in Österreich, erhoben im Referenzzeitraum zwischen 1971 und 2000, sind darin gesammelt.⁸ Weitere Klimadaten zur Berechnung der Anzahl von Heizgradtagen werden mit Hilfe der Datenbank Meteonorm eruiert.⁹ Für die

⁸ http://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/klimadaten_oesterreich_1971_frame1.htm, 18.3.2019

⁹ <http://www.meteonorm.com/de/>, letzter Zugriff: 17.4.2019

gegenständlichen Standort-Untersuchungen werden die Klimadaten jener nachfolgend aufgelisteter Messstationen herangezogen, die von den jeweiligen Gebäudestandorten die geringste Entfernung aufweisen, bzw. in näherer Umgebung auf ähnlichem Höhenniveau gelegen sind.

Objektstandort	Messstation	Distanz (km)	Höhendifferenz (m) (Station - Standort)
Schwarzenberg	Schoppernau	16	161
Alpbach	Kitzbühel	34	-247
Wals/Siezenheim	Flughafen Salzburg	2	0
Ebene Reichenau	Flattnitz	12	107
Einach an der Mur	Stolzalpe	18	105
St. Nikolai im Sölketal	Kleinsölk	12	-146
St. Ulrich bei Steyr	Ternberg	9	50
Arbesbach	Zwettl	23	-395
Eggartsberg	Lobming	7	-140
Neustift bei Güssing	Fürstenfeld	14	-50

Abbildung 214: Lister der als Klimadatenquellen genutzten ZAMG-Messstationen

Die Erhebung von Strahlungsdaten erfolgt mit Hilfe des vom Büro des Physikers Klaus Kreč erstellten Onlinetools Klimadatenrechner des Bundesministeriums für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort (BMDW). Der dabei verwendete ZAMG-Primärdatensatz umfasst Klimadaten aus den Jahren 1978 bis 2000. Der Klimadatenrechner ist speziell auf die Erfordernisse der Gebäudeplanung abgestimmt, und enthält unter anderem flächendeckende Informationen zur Statistik der monatlichen Tagesmittelwerte der solaren Einstrahlung auf verschiedenen orientierten Empfangsebenen. Dabei repräsentieren die angegebenen Klimadaten jeweils die im langjährigen Schnitt am Gebäudestandort vorherrschenden klimatischen Bedingungen. Die Klimadaten werden über die geografischen Koordinaten und die Seehöhe von festgelegten Standorten innerhalb des österreichischen Staatsgebiets und unterhalb einer Seehöhe von 2300 m ausgegeben. Die solaren Strahlungssummen können getrennt nach Global- und Diffusstrahlung für verschiedene Orientierungen abgerufen werden.¹⁰

¹⁰ <https://www.bmdw.gv.at/EnergieUndBergbau/klimadatenrechner/Seiten/ZurBerechnung.aspx>, letzter Zugriff 30.5.2018

6.2.3 Rekonstruktion der Gebäudegeometrien

Die Grundlagen für die geometrische Erfassung und Digitalisierung der Baukörper der untersuchten Gebäude bilden teilweise unveröffentlichte Photographien, objektbezogenen Schriften des Österreichischen Freilichtmuseums und die darin publizierten, großteils jedoch unkotierten Baupläne. Fehlende Geometriedaten werden durch eigens durchgeführte Gebäudevermessungen ergänzt. (Zwar wurde verschiedenen Hinweisen auf Verfügbarkeit von kotierten bzw. digitalisierten Bestandsplänen nachgegangen, die dahingehenden Recherchen blieben jedoch ergebnislos.) Die gesammelten Objektdaten werden in digitalen Plänen und dreidimensionalen Gebäudemodellen erfasst, aus denen die notwendigen geometrischen und bauklimatisch relevanten Parameter für weiterführende Berechnungen abgeleitet werden können. Dazu zählen Orientierung, Volumen (umbauter Raum über dem Erdgeschoß-Fußbodenniveau im Wohnbereich), Oberfläche und charakteristische Länge l_c bzw. Baukörper-Kompaktheit, Bauteilstärken, Größe, Aufbau, Position und Orientierung von Fenstern, Verhältnis von Gesamtfenstergröße zu außenraum-orientierter Fassadenfläche (window-to-wall-ratio, WWR), Außenraumexposition (Verhältnis von außenraum-orientierten Oberflächen zu Gesamtoberfläche des als zu konditionieren angenommenen Wohnraumbereiches), Wohn-Nettonutzfläche (abzüglich der Stiegen), Lage und Orientierung von Verschattungselementen.

Die Objektanalysen von Gehöften, die aus einem Hauptgebäude bestehen wie Ein-, Haken-, Drei- oder Vierkanthöfe beziehen sich auf die Gesamtanlagen. Im Fall von Paar-, Haufen- oder Mehrseithöfe, die sich aus mehreren Einzelgebäuden zusammensetzen bzw. ohne baulichen Zusammenhang sind, werden jeweils die Wohn- bzw. Wohnspeichergebäude für die Untersuchungen herangezogen. Aus den digitalisierten Plänen und Baukörpergeometrien werden physische Gebäudemodelle im 3D-Druckverfahren im Maßstab 1:200 erstellt. Die eingemordet auf Sockeln aufgebauten Modelle werden für Lichtexpositions-Analysen im Lichtlabor der Donau-Universität Krems verwendet. Die Gegenüberstellung von Architekturmodellen ermöglicht gleichzeitig einen unmittelbaren Vergleich der Gebäudedimensionen und des architektonischen Ausdrucks der Objekte, der auf anderem Wege (auch auf dem weitläufigen Museumsgelände) nicht nachzuvollziehen ist. Vorbilder für diese Art der Darstellung sind etwa das Ethnographische Dorf der Wiener Weltausstellung 1873 sowie die Ausstellung Plenum. Places of Power, der österreichische Beitrag der Architekturbiennale Venedig aus dem Jahr 2014, bei der circa 200 maßstäbliche Miniaturmodelle von Parlamentsgebäuden ausgestellt wurden. In beiden Präsentationen werden Gebäude des gleichen Bautyps in verdichteter Form gezeigt, sodass zum Beispiel Unterschiede und Gemeinsamkeiten hinsichtlich Gestaltung und Dimension der Objekte klar hervortreten.



Abbildung 215: Wiener Weltausstellung 1873, Bauernhäuser im Osten des Ausstellungsrayons (© Wien Museum)

Abbildung 216: Innenansicht des Österreichpavillons während der Architekturbiennale von Venedig 2014

Abbildung 217: Ausgestellte Parlamentsgebäude-Modelle, Architekturbiennale von Venedig 2014

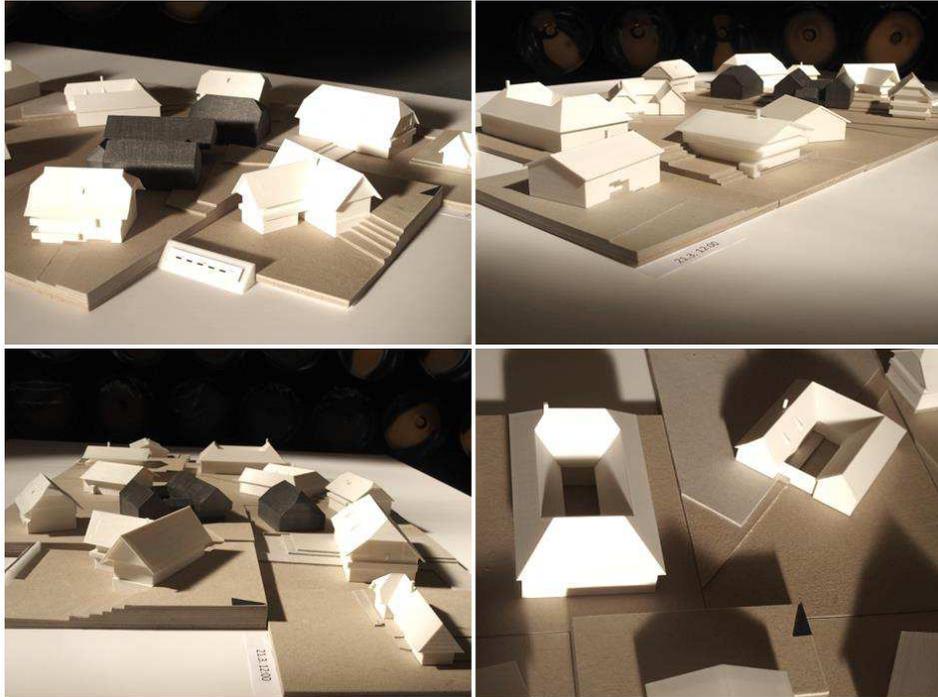


Abbildung 218: Modellarrangements der zehn untersuchten Vergleichsgebäude

6.2.4 Gebäudebetrachtung im Kontext des historischen Klimawandels

Da die Entstehungszeiten der transferierten Originalobjekte mehrere Jahrhunderte in der Vergangenheit liegen, werden im Rahmen der Gebäudeanalysen auch Klimaveränderungen berücksichtigt, die in Bezug auf eine aktuellere Vergleichsperiode (Betrachtungszeitraum 1971 – 2000) nachgewiesen sind. Grundlage dafür bilden die im Kapitel 2.5 zusammengefassten Literaturrecherchen und die darin beschriebenen (natürlichen) Klimaveränderungen. Die Altersbestimmung der Objekte und die Einordnung ihrer Entstehungszeit in eine klimageschichtliche Epoche erfolgt auf Basis der dahingehenden Publikationen des Österreichischen Freilichtmuseums. Da sich die darin enthaltenen Altersangaben zu den Gebäuden üblicherweise auf den jeweils ältesten rekonstruierbaren Zeitschnitt beziehen und sich Gebäude- und Bauformen der ausgestellten Objekte mitunter gewandelt haben, werden im Zuge der zeitlichen Zuordnung auch Informationen des Institutes für Holzforschung der Universität für Bodenkultur berücksichtigt. Dieses führt seit dem Jahr 2012 dendrochronologische Untersuchungen an zahlreichen Ausstellungsobjekten des Museums durch. Unter der Leitung von Michael Grabner werden Entstehungszeiten von übertragenen Objekten, ihrer Zubauten und Erweiterungen sowie das Alter von Holzelementen, die aus anderen bzw. von älteren Gebäuden für die Errichtung übernommen wurden, bestimmt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind im Endbericht des Projektes Wald – Holz – Werkstoff, erstellt im Rahmen des Forschungsförderungsprogrammes Sparkling Science (2014), für einen Teil der ausgewählten Untersuchungsobjekte zusammengefasst. (vgl. GRABNER, 2014) Im Rahmen eines Institutsbesuches im Oktober 2017 konnte Einsicht in weiterführende Forschungsunterlagen genommen und zusätzliche Informationen hinsichtlich der Entstehungszeit der Gehöfte auf Basis von Materialanalysen erhoben werden. Die Angaben finden Eingang in die Objektbeschreibungen.

6.2.5 Energiebedarfsberechnungen

Um die Eigenschaften der Gebäude hinsichtlich ihrer Energieeffizienz zur thermischen Konditionierung quantitativ bewerten und vergleichen zu können, werden Heizwärmebedarfsberechnungen durchgeführt, die auf den jeweiligen Wohnbereich bzw. Hausstock bezogen sind. Da Innenräumen in Bauernhäusern nur selten eine einzige Funktion zugeordnet ist, ist ihre jeweilige Zuordnung zu Wohn- bzw. Wirtschaftsbereichen oftmals uneindeutig. Die gegenständlichen Analysen folgen daher den Raumzuteilungen, die aus den dokumentierten Bestandsplänen und Beschreibungen hervorgehen. Eine exakte Ermittlung der thermischen Qualität der Bestandskonstruktionen ist im Allgemeinen nicht gangbar, da die Zusammensetzungen, Eigenschaften und Verarbeitungen der verwendeten Baustoffe nicht genau zu erfassen sind. Größtmögliche Genauigkeit ist durch die Zugrundelegung von Berechnungsdaten gegeben, die mit anerkannten Methoden ermittelt bzw. den in der Fachliteratur beschriebenen Abschätzungen der thermischen Qualitäten von Altbaukonstruktionen entnommen sind. (vgl. HAAS u. a., 2016, S. 47)

Heizwärmebedarfe

Für Heizwärmebedarfs-Berechnungen wird das frei verfügbare Excel-Energieausweis-Berechnungstool des Österreichischen Institutes für Bautechnik (OIB) in seiner Version WGv-2012 verwendet.¹¹ Die Berechnungen der Wärmetransmissionseigenschaften von raumumschließenden Wänden, Böden und Decken erfolgen auf Basis der geometrischen Baubestandserhebungen und mit Hilfe des Berechnungswerkzeuges Baubook-Rechner der Internetplattform Baubook, die vom Energieinstitut Vorarlberg sowie vom Österreichischen Institut für Bauen und Ökologie (IBO) entwickelt und betrieben wird.¹² Die Wärmetransmissionseigenschaften der Fensterkonstruktionen werden mit dem U-Wert-Berechnungswerkzeug des Forschungsinstitutes für Wärmeschutz e.V. München erhoben.¹³ Die Berechnungsparameter Soll-Innentemperatur, innere Wärmegewinne, äquivalenter Luftwechsel zur Berücksichtigung von Undichtheiten sowie die Bezugsflächenermittlung werden für alle Untersuchungen vereinheitlicht angenommen. Da die Eruiierung der jeweiligen Bewohneranzahlen nicht eindeutig erfolgen kann, wird eine normierte Annahme für innere Wärmegewinne infolge von Personen und Geräten im Heizfall in Ein- und Mehrfamilienhäusern bezogen auf die Bezugsfläche von 3,75 W/m² getroffen. (vgl. ÖNORM 8110-5 (idF. v. 2007) 6) Ebenso werden Annahmen zur Ermittlung der Wärmedurchgangskoeffizienten von Verglasungen und deren Energiegesamtdurchlassgrad vereinheitlicht getroffen. Die den Heizwärmebedarfs-Berechnungen zugrunde gelegten Berechnungsannahmen sind nachfolgend aufgelistet:

¹¹ <https://www.oib.or.at/de/guidelines/richtlinie-6-excel-wgv-0>, download 06/2017, letzter Zugriff: 17.4.2019

¹² <https://www.baubook.info/BTR/>, letzter Zugriff: 17.4.2019

¹³ www.fiw-muenchen.de/media/xls/uw-wert-fenster.xls, letzter Zugriff am 6.12.2018

Vergleichende bauklimatische Gebäudeanalysen

Annahmen für Heizwärmebedarfsberechnungen			
Allgemeine Annahmen	Soll-Innentemperatur	20	°C
	Innere Wärmegewinne	3,75	W/m ²
	Äquivalenter Luftwechsel	0,4	1/h
	Bezugsgrundfläche	Bruttogeschoßfläche * 0,8	m ²
Annahmen für U-Wertberechnungen von Fenstern	Holzrahmen Fichte	U _f = 1,55	W/m ² K
	Einfachverglasung	U _g = 5,8	W/m ² K
	Einfachverglasung	g = 0,8	(-)

Abbildung 219: Allgemeine Berechnungsannahmen für Heizwärmebedarfs-Berechnungen

Die errechneten U-Werte der raumumschließenden Konstruktionen und objektspezifischen Bauelemente werden nachfolgend aufgelistet:

Element	Aufbau	U-Wert (W/m ² K)
Wandkonstruktion	Außenwand Holz, d = 15 cm	0,7
	Außenwand Holz, beidseitig verputzt, d = 19 cm	0,66
	Außenwand Naturstein, beidseitig verputzt, d = 64 cm	2,13
	Außenwand Naturstein, beidseitig verputzt, d = 70 cm	2,03
Decken und Böden	Holzdecke massiv, d = 12 cm	0,87
	Massivdecke mit FB-Aufbau, d = 28 cm	1,5
	Holzfußboden gegen Erdreich, d = 19 cm	1,44
	Steinfußboden gegen Erdreich, d = 19 cm	2,51
	Holzfußboden gegen Keller, d = 12 cm	0,87

Abbildung 220: U-Werte von raumumschließenden Wand- und Deckenkonstruktionen

Element	Objekt	Dimension	U-Wert (W/m ² K)
Fenster (Einfachverglasung, g = 0,8)	Naglerhaus	63 / 88 cm	4,91
		117 / 104 cm	5,2
		65 / 104 cm	4,98
	Hanslerhof	25 / 27 cm	3,53
		31 / 34 cm	3,92
		37 / 38 cm	4,15
		47 / 56 cm	4,55
		48 / 49 cm	4,49
		55 / 62 cm	4,69
		58 / 72 cm	4,79
	Rauchhaus	55 / 58 cm	4,66
		43 / 48 cm	4,41
		30 / 30 cm	3,79
	Paule	15 / 15 cm	2,38
		26 / 26 cm	3,54
		42 / 52 cm	4,44
		56 / 64 cm	4,72
	Säuerling	26 / 26 cm	3,54
		63 / 73 cm	4,84
		54 / 71 cm	4,74
	Laarer	26 / 26 cm	3,54
		46 / 51 cm	0,49
		75 / 51 cm	4,73
	Schwarzmayr-Hof	26 / 31 cm	3,69
		72 / 83 cm	4,95
	Brachhuber	42 / 51 cm	4,43
		71 / 80 cm	4,95
	Großschrotter	25 / 50 cm	3,94
		26 / 26 cm	3,54
		40 / 37 cm	4,18
43 / 46 cm		4,38	
50 / 50 cm		4,53	
Berglerhaus	50 / 58 cm	4,61	
Holz-Außentüre	Alle Objekte	90 / 180 cm	2,38

Abbildung 221: U-Werte von Fenster- und Türkonstruktionen

Angaben in Bezug auf Gebäudegeometrie, Bauweise (schwer, mittelschwer, leicht), Standortklima und Seehöhe werden objektspezifisch errechnet bzw. ausgewählt. Zur Plausibilitätsprüfung der U-Werte werden diese mit den in der Fachliteratur angegebenen Werten für die wichtigsten Außenbauteile von Altbaukonstruktionen abgeglichen. (vgl. HAAS u. a., 2016, S. 47f)

Heizwärmebedarfe im klimageschichtlichen Kontext

Der Einfluss von durch Klimarekonstruktionen historisch nachgewiesenen Temperaturabweichungen in Europa in unterschiedlichen Jahrhunderten von einer Referenzperiode 1971 - 2000 auf die Heizwärmebedarfe der ausgewählten Gebäude wird näherungsweise eruiert. Den Berechnungen werden dabei die für den jeweiligen Standort ermittelten und nach datiertem Errichtungszeitraum zurückgerechneten Heizgradtags-Anzahlen zugrunde gelegt. Dazu werden die aus dem Klimadatensatz für den Messstandort Wien Hohe Warte erhobenen, durchschnittlichen Tagestemperaturen im Winter (Dezember bis Februar), Frühling (März bis Mai), Sommer (Juni bis August) und Herbst (September bis November) um jene negativen, jahreszeiten-bezogenen Abweichungen reduziert, die in der Literatur für das 16., 17., 18. und 19. Jahrhundert angegeben sind. (Siehe Kapitel 2.5.2)

Unter Annahme einer Heizgrenze von 12 °C und einer Innenraumtemperatur von 20 °C wird so die Heizgradtags-Anzahl in den unterschiedlichen Jahrhunderten berechnet und ihre Differenz zur Referenzperiode anteilig angegeben. Mit Hilfe der prozentuellen Abweichungen werden die zeitabschnitt-abhängigen Anzahlen der Heizgradtage an den jeweiligen Standorten ermittelt. In den standortklima-bezogenen Heizwärmebedarfs-Berechnungen werden die Abweichungen der Heizgradtag-Anzahlen durch Veränderungen der jeweiligen Standortseehöhen berücksichtigt. Die Differenzen der Berechnungsergebnisse bei aktuellen und klimawandel-bedingt veränderten Heizgradtags-Anzahlen werden absolut und prozentuell angegeben. (Veränderungen der Globalstrahlungssummen aufgrund der Höhenänderungen und ihr Einfluss auf die Ergebnisse der Heizwärmebedarfsberechnungen sind vernachlässigbar, und bleiben unberücksichtigt.)

Optimierte Wärmetransmissionseigenschaften von Trennbauteilen

Unter Annahme, dass Heu- und Stroheinlagerungen in Gebäudebereichen, die an als zu konditionieren angenommene Raumzonen anschließen, zur Verbesserung der Gebäudeenergieeffizienz beitragen, werden Heizwärmebedarfs-Berechnungen mit verbesserten Wärmetransmissionseigenschaften der horizontalen und vertikalen Trennbauelemente zwischen Wohn- und Wirtschaftsbereichen durchgeführt. Als Annäherung an die dämmende Wirkung von Heu- und Stroheinlagerungen werden die Aufbauten von Wand- und Deckenkonstruktionen zwischen Scheunen- bzw. Stallräumen und unmittelbar angrenzenden Wohnbereichen mit 20 cm dicken Flachsdämmplatten ergänzt. Den Heizwärmebedarfs-Berechnungen werden folgende U-Werte für die gedämmten Trennwand- und Deckenkonstruktionen zugrunde gelegt:

Konstruktionselement	Aufbau	U-Wert (W/m²K)
Wand	Trennwand Holz, d = 15 cm + 20 cm Flachsdämmung	0,15
	Trennwand Naturstein, d = 60 cm + 20 cm Flachsdämmplatte	0,18
Decke	Holzdecke, d = 12 cm + 20 cm Flachsdämmplatte	0,16

Abbildung 222: Aufbauten und U-Werte von Trennwand- und Deckenkonstruktionen mit Zusatzdämmung

Die Ergebnisunterschiede der Berechnungen bei zusätzlichen Dämmmaßnahmen und ohne diese werden absolut und prozentuell angegeben.

Anforderungen an Energiekennzahlen nach aktuellen Gebäuderichtlinien

Die Berechnungen der gemäß aktueller Bestimmungen (OIB-Richtlinie 6, geltend ab 1.1.2017) zulässigen Höchstwerte von Referenz-Heizwärmebedarfen für umfassend sanierte Wohngebäude erfolgen mit folgender Berechnungsformel.

$$HWB (GR) = 21 * (1 + 2,5/l_c)$$

HWB (GR) Heizwärmebedarf für größere Sanierungen, bezogen auf ein Referenzklima (kWh/m²a)

l_c Charakteristische Länge (m)

Formel 22: Berechnungsformel zur Ermittlung der HWB-Höchstwerte bei größeren Sanierungen

Die Ergebnisse werden den Resultaten der Heizwärmebedarfsberechnungen gegenübergestellt.

6.2.6 Messung des thermischen Gebäudeverhaltens

Die Analyse des thermischen Gebäudeverhaltens erfolgt auf Basis von Instrumentenmessungen an und in den Ausstellungsgebäuden des Freilichtmuseums. Dabei werden Raum- und Oberflächentemperaturen und die vorhandene Luftfeuchtigkeit zu unterschiedlichen Jahreszeiten, in verschiedenen Wohnraumbereichen sowie die gleichzeitig vorherrschenden thermischen Außenbedingungen erhoben.

Messungen von Temperatur und Luftfeuchtigkeit

Außen- und Innenraumtemperaturen sowie Luftfeuchtigkeit werden im Rahmen von Langzeitmessungen während drei bzw. zwei aufeinander folgender Sommer- bzw. Winterperioden in den Jahren 2016 bis 2018 durchgeführt. Die Sommermessungen 2016 finden zwischen 21. Juli und 26. August bei laufendem Museumsbetrieb statt, im Sommer 2017 werden Messungen zwischen 12. Mai und 28. Juli und im Jahr 2018 zwischen 13. Mai und 4. August durchgeführt. Die Messungen in der Winterperiode 2016/17 finden während der Museums-Winterpause statt, und dauern von 21. November 2016 bis 12. Jänner 2017. In den Wintermonaten 2017/18 werden die Messungen ebenfalls in diesem Zeitraum durchgeführt. Die Messdaten werden in einem Zeitintervall von 15 Minuten aufgezeichnet. In den Wintermonaten bietet sich die Gelegenheit der bauklimatischen Raumanalyse während einer Beheizungsphase. Die Feuerstellen in ausgesuchten Objekten werden in diesem Zeitraum für Besucherveranstaltungen, die an den Adventwochenenden am 26. und 27. November und 3. und 4. Dezember 2016 bzw. 2. und 3. Dezember und 9. und 10. Dezember 2017 stattfinden, befeuert. Vor und zwischen den Veranstaltungstagen erfolgt die Beheizung zwischen 7:00 Uhr morgens und 15:00 Uhr nachmittags. Während der Veranstaltungstage wird bis etwa 18:00 Uhr geheizt. Die Besuchertage, an denen sich je nach Raumgröße bis zu 20 Personen gleichzeitig in den Stubenbereichen aufhalten, werden außerdem für Untersuchungen der CO₂-Konzentration der Raumluft genutzt. Die Dauer der anschließenden CO₂-Reduktion nach Veranstaltungsende erlaubt Rückschlüsse in Bezug auf die Dichtheit der Gebäudehülle und den natürlichen, leakage-bedingten Luftwechsel. Gleichzeitig wird die Zeitspanne bewertet, in der die Innenraumtemperaturen von einem Maximalwert (am Ende eines Veranstaltungstages) auf 16 °C (angenommener unterer Behaglichkeitsgrenzwert) abgesunken ist.

Die Feuerstelle in der Rauchstube des Objektes Großschrotter wird auch während der Messperiode im Sommer 2017 an insgesamt fünf Messtagen, am 18. Mai, 19. Juni, 29. Juni, 6. Juli und 13. Juli, jeweils zwischen 11:00 Uhr und 15:00 Uhr beheizt. Dadurch können die Innenraumtemperaturen in der warmen Jahreszeit bei Heizbetrieb bewertet werden. Die so erhobenen Raumtemperaturreihen sind von Interesse, da es vielerorts üblich war, Feuerstellen ganzjährig in Betrieb zu halten. Karfreitags wurden die Öfen geräumt und am Karsamstag mit kirchlich geweihtem Feuer wieder beheizt. (vgl. RAITH, 2016)

Die zur Datenerhebung verwendeten Messgeräte sind in den Innenräumen jeweils circa 70 cm bis 170 cm über Fußbodenniveau in vor Zugriffen geschützten Bereichen an Möbeln bzw. Konstruktionselementen befestigt. Die Messung von Außentemperatur und Luftfeuchtigkeit erfolgt an der unbesonnten Nordfassade von Objekt 63 des Freilichtmuseums (Mühle aus Südtirol), das sich etwa in der Mitte des Museumsgeländes befindet. Das Außenmessgerät ist dort 2,5 m über der Rasenkante in einem witterungsgeschützten Bereich unterhalb eines Dachvorsprungs montiert.

Während der gesamten Messperioden sind die Fenster der untersuchten Innenräume geschlossen. Die Stuben- und Haustüren sind während der Sommermonate tagsüber geöffnet und nachts versperrt. Während der Wintermessungen sind die Türen auch während des Tages geschlossen, und werden nur für Ein- und Austritte von Personen geöffnet. In nachfolgender Tabelle ist dargestellt, in welchen Gebäuden bzw. Raumbereichen während der Sommer- und Winterperioden Messdaten gesammelt werden.

Objekt	Messraum	Sommer 2016	Winter 2016/17	Sommer 2017	Winter 2017/18	Sommer 2018	Messhöhe (cm ü FOK)	Montageort
Berglerhaus	Stube (EG)			X			130	Wandregal
Großschrotter	Rauchstube (EG)			X			170	Wandregal
	Dachboden (DG)			X			70	Stuhlbalken
Hanslerhof	Stube (EG)		x				130	Wandregal
	Vorhaus (EG)	x	x				130	Wandregal
	Hohe Stube (OG)	x	x				130	Wandregal
	Dachboden (DG)	x	x				130	Stuhlsäule
Naglerhaus	Stube (EG)			X			100	Herrgottswinkel
	Schlafkammer (EG)			X			170	Wandhaken
Rauchhaus	Stube (EG)				x	x	130	Wandregal
	Flurküche (EG)				x		130	Wandregal
	Auszugskammer (EG)					x	70	Tisch
	Schlafkammer (OG)					x	70	Wandhaken
Ringhof Paule	Rauchstube (EG)				x		130	Wandregal
	Kachelstube (EG)				x		130	Wandregal
Säuerling	Rauchstube (EG)				x		130	Wandregal
Schwarzmayrhof	Stube (EG)	x	x				130	Wandregal
	Vorhaus (EG)	x	x				70	Tisch
	Hohe Stube (OG)	x	x				70	Tür
	Dachboden (DG)	x	x				130	Stuhlsäule
Brachhuber	Stube (EG)					x	130	Wandregal
	Schlafkammer (EG)					x	70	Türe
Außenmessung	Nordfassade Obj. 63	x	x	X	x	x	250	Wandhaken

Abbildung 223: Messgerätepositionen während der unterschiedlichen Messperioden

Messungen von Oberflächentemperaturen

Thermographische Aufzeichnungen von Oberflächentemperaturen in der Winterperiode erfolgen am 9. Dezember 2017 in den frühen Vormittagsstunden. Erfasst werden die Temperaturen der inneren Raumboflächen (mit Ausnahme verglaster Fensterflächen) in den beheizten Stuben im Bereich der sogenannten Herrgottswinkel sowie die Oberflächentemperaturen der Stuben-Außenecken. Die vorherrschende Witterung ist bewölkt und niederschlagsfrei. In den illustrativen Ergebnisgegenüberstellungen sind die Temperaturskalen vereinheitlicht: Für Innenraumbetrachtungen liegt der Skalenbereich zwischen 0 °C und 20 °C, für Gegenüberstellung der äußeren Oberflächentemperaturen zwischen -5 °C und 5 °C. Der Oberflächenemissionsgrad wird einheitlich mit $\varepsilon = 0,95$ angenommen. Als Korrekturfaktor für die reflektierte Temperatur werden Werte angenommen, die in etwa der umgebenden Außen- bzw. Innenraumtemperatur entsprechen und circa 0 °C bzw. 10 °C betragen. In der Sommerperiode werden die thermographischen Aufzeichnungen am 8. August 2018 bei Sonnenhöchststand und heiterem Himmel durchgeführt. Betrachtet werden wiederum die inneren Raumboflächen der Stuben (mit Ausnahme der Fensterflächen) im Bereich der Herrgottswinkel sowie die Oberflächentemperaturen der Stuben-Außenecken. Der vereinheitlichte Temperatur-Skalenbereich für die Betrachtungen der inneren Oberflächentemperaturen liegt zwischen 19 °C und 30 °C, die der äußeren zwischen 20 °C und 60 °C. Der Oberflächenemissionsgrad wird wieder mit $\varepsilon = 0,95$ angenommen, als Korrekturfaktoren für die reflektierte Temperatur im Innen- bzw. Außenraum werden Werte von 20 °C bzw. 30 °C angenommen.

Messgeräte

Die Messung von Temperatur, Luftfeuchtigkeit und CO₂-Konzentration im Innen- und Außenraum erfolgt mit Hilfe von batteriebetriebenen und kabellosen Messgeräten mit Datenlog-Funktion. (Die autonome Stromversorgung und der Schutz vor ungewünschter Einflussnahme auf die Gerätefunktion durch tierische Museumsbewohner wie etwa Nagetiere ist ein wesentliches Kriterium für die Auswahl und Anschaffung der Messinstrumente.) Für die Messungen von Temperatur und Luftfeuchtigkeit werden insgesamt sieben Datenlogger des Typs *Testo 174H* und zwei Messgeräte des Typs *Trotec DL200* mit zusätzlicher Aufzeichnungsmöglichkeit der CO₂-Konzentration verwendet.^{14, 15} Die Messgenauigkeit der Temperatursensoren liegen im Bereich von $\pm 0,5$ °C, jene für Feuchtigkeit bei ± 3 % rel.H. Thermographische Aufzeichnungen und Messungen von Oberflächentemperaturen werden mit Hilfe der Wärmebildkamera *Testo 875* durchgeführt.¹⁶ Die Messgenauigkeit im Messbereich von -20 °C bis 100 °C liegt bei ± 2 °C. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgt unter Verwendung der Software *Testo IRSofT*.

6.2.7 Messung und Simulation der Tageslichtverhältnisse in Innenräumen

Die quantitative und qualitative Bewertung der natürlichen Lichtverhältnisse in den Hauptwohnbereichen der untersuchten Objekte erfolgen auf Basis der Analysen von Beleuchtungsstärken, Direkt- und Diffuslichteinträgen bzw. Sonnenexpositionen sowie Leuchtdichten- bzw. Helligkeitsverteilungen in den Wohnstuben. Die entsprechenden Daten werden messtechnisch erhoben, computerunterstützt simuliert und anhand von Gebäudemodellen im Lichtlabor der Donau-Universität Krems untersucht.

Tageslichtquotient-Berechnung

Für die Berechnung der Tageslichtquotienten in den Stubenbereichen der Realobjekte werden die inneren Beleuchtungsstärken auf zumindest fünf Messpunkten auf einem Messraster (jeweils 85 cm über Fußbodenniveau und bei einem Abstand von 0,5 m von den Stubenwänden) eruiert und gemittelt. Die äußere Beleuchtungsstärke wird jeweils aus dem Durchschnittswert der vor und nach den Innenmessungen an einem unverschatteten Messpunkt im Gebäudeabstand von circa 20 m erhobenen Beleuchtungsstärken gebildet. Auf Basis der so gesammelten Messdaten erfolgt die Berechnung der Tageslichtquotienten TQ mit folgender Berechnungsformel:

$$TQ [\%] = \frac{E_i * 100}{E_e}$$

E_i	Innere Beleuchtungsstärke (lx)
E_e	Äußere Beleuchtungsstärke (lx)

Formel 23: Tageslichtquotient-Berechnung

Die Messdatenerhebung in neun Objekten erfolgt am 24. November 2016 bei gleichmäßig bedecktem Himmel und einer durchschnittlichen äußeren Beleuchtungsstärke von 4065 lx. Die inneren

¹⁴ <https://www.testo.com/de-DE/search/?text=174H>, 18.3.2019

¹⁵ <https://at.trotec.com/produkte-services/messgeraete/klima/klimadatenlogger/dl200-datenlogger/>, 18.3.2019

¹⁶ <https://www.testo.com/de-AT/testo-875-1i/p/0563-0875-V1>, 18.3.2019

Beleuchtungsstärken liegen im Bereich zwischen 0,1 lx und 42 lx. Die Messdaten zur Tageslichtquotient-Berechnung für das zehnte Objekt (Naglerhaus) werden am 12.5.2017 bei einer Außenbeleuchtungsstärke von 12 300 lx erhoben. Die inneren Beleuchtungsstärken liegen im Wertebereich zwischen 17 lx und 120 lx.

Berechnung der Reflexionseigenschaften von Raumboerflächen

Messungen zur Berechnung der Lichtreflexionseigenschaften der inneren Raumboerflächen der Stubenbereiche erfolgen am 24. November 2016. Aufgrund inhomogener Oberflächen werden Leuchtdichten auf mehreren, nebeneinanderliegenden Messpunkten auf Wänden, Decken und Böden eruiert. Gleichzeitig erfolgen die Messungen der ebendort vorherrschenden Beleuchtungsstärke. Die Reflexionseigenschaften ρ an den jeweiligen Messpunkten werden anschließend mit folgender Formel berechnet:

$$\rho = \frac{L * \pi}{E_i}$$

L	Leuchtdichte (cd/m ²)
E _i	Innere Beleuchtungsstärke (lx)

Formel 24: Berechnung der Reflexionseigenschaften von Raumboerflächen

Die Reflexionseigenschaften der jeweiligen Raumboerflächen werden aus den Mittelwerten der Einzelmesspunktergebnisse gebildet. Die in der Rauchstube des Gehöftes Großschrotter eruierten Oberflächen-Reflexionsgrade werden auch als Materialparameter für die Wohnbereiche der Rauchstubenhäuser Laarerhof und Säuerling aufgrund ähnlicher Materialität und Rauchpatinierung herangezogen.

Simulation von Tageslichteinträgen, Beleuchtungsstärken und Helligkeiten

Neben den auf Basis von Messungen erfolgten Tageslichtquantifizierungen werden die Tageslichtquotienten zusätzlich computerunterstützt simuliert und auf Messebenen in 85 cm Höhe über der Fußbodenoberkante angegeben bzw. dargestellt. Die Außenkanten der Mess- bzw. Nutzenebenen sind jeweils 0,5 m von den raumumschließenden Wänden distanziert. Bei den computerunterstützten Lichtsimulationen wird jeweils Wien als Bezugsort angenommen. Zusätzlich zu den Tageslichtquotienten werden die zu unterschiedlichen Jahreszeiten (Winter, Frühling, Sommer, jeweils zur Mittagszeit und bei bedecktem Himmel) vorherrschenden mittleren und maximalen Beleuchtungsstärkeniveaus auf den Messebenen berechnet. Darüber hinaus werden Leuchtdichte- bzw. Helligkeitsverteilungen auf den inneren Raumboerflächen jeweils im Bereich der Herrgottswinkel, den wichtigen Kommunikations- und Aufenthaltsorten der Häuser, simuliert und dargestellt. Als Berechnungszeitpunkt wird 21. März 12:00 Uhr angenommen. (Als Referenzwert für die an diesem Zeitpunkt vorherrschende Helligkeit der Außenumgebung wird die Leuchtdichte eines bedeckten Himmels im Horizontbereich herangezogen. Diese beträgt 4100 cd/m², gemessen in Krems am 21.3.2018 12:00 Uhr bei bedecktem Himmel.) Geometrien und Oberflächeneigenschaften der Baukörper und Innenräume sowie der Fenstergläser, -rahmen und -leibungen sind in den Simulationsmodellen objektspezifisch abgebildet. Folgende Randbedingungen werden für alle Simulationen vereinheitlicht angenommen.

Rahmenbedingungen für Lichtsimulationen	
Bezugsort	Wien, 48,45 °NB, 16,3 ° OL
Himmelszustand	Bedeckter Himmel
Zeitpunkt TQ-Simulation	21.3., 12:00 Uhr
Zeitpunkt Beleuchtungsstärkensimulationen	21.12. 12:00 Uhr, 21.3. 12:00 Uhr, 21.6., 13:00 Uhr
Zeitpunkt Helligkeitssimulation	21.3. 12:00 Uhr
Lichttransmission Verglasungen τ_v	80%

Abbildung 224: Rahmenbedingungen für die computerunterstützten Lichtsimulationen

Messgeräte und Simulationsausstattung

Die Messungen von Beleuchtungsstärken im Innen- und Außenraum erfolgen mit dem Gerät Conica Minolta T-10.¹⁷ Die Messgenauigkeit beträgt dabei $\pm 2\%$ vom angezeigten Wert. Helligkeitsmessungen werden mit dem Gerät *Conica Minolta LS-100* durchgeführt.¹⁸ Die Messgenauigkeit beträgt $\pm 2\%$ vom angezeigten Wert. Simulationen zur Quantifizierung von Diffus- und Direktlichteinträgen und Helligkeitsverteilungen erfolgen unter Verwendung der Simulationssoftware Relux Pro, einem frei zugänglichen und in der lichtplanerischen Praxis vielfach gebräuchlichen und gut validierten Simulationsprogramm.¹⁹ Die Berechnung von Besonnungszeiten und Untersuchungen der Einflussnahme der umgebenden Topographien und Horizontüberhöhungen auf die Sonnenexposition der analysierten Objektstandorte erfolgen auf Basis von Beobachtungen in situ und unter Verwendung der App Solight.²⁰ Dabei werden anhand von Umgebungsabbildungen mit integrierten Sonnenbahndiagrammen jene Tageszeiten ermittelt, an denen die Sonne zur Winter-, Sommer- und Frühlingssonnenwende am Himmel sichtbar ist bzw. nicht vom umgebenden Gelände oder anderen Verschattungsobjekten verdeckt wird. Die Untersuchungen werden durch Analysen, die mit Hilfe der Internetplattform Google Earth und den darin integrierten Geländemodellen und Sonnenverlaufsdarstellungen erstellt werden, ergänzt.

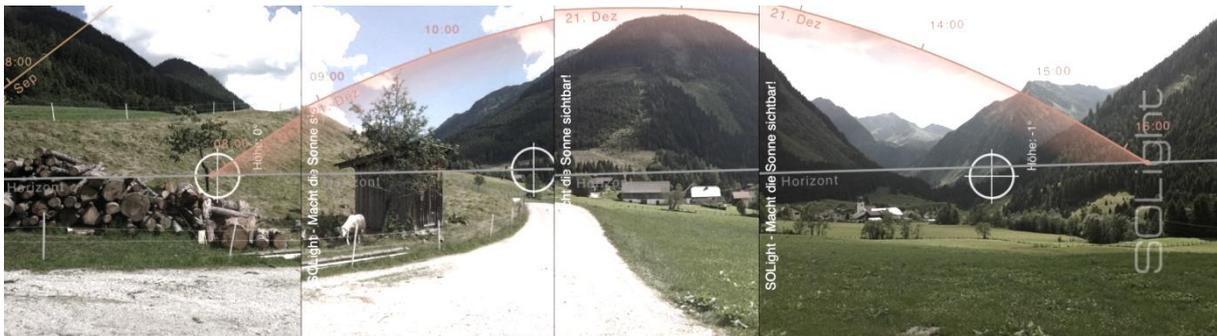


Abbildung 225: Darstellung des Sonnenverlaufes am 21.12. an einem ausgewählten Objektstandort (St. Nikolai im Sölketal) mit Hilfe der App Solight

¹⁷ <https://www5.konicaminolta.eu/de/messgeraete/produkte/licht-messtechnik/luxmeter.html>, 18.3.2019

¹⁸ <https://www5.konicaminolta.eu/de/messgeraete/produkte/licht-messtechnik/eingestellte-produkte/ls-100-ls-110.html>

¹⁹ https://relux.com/de/reluxdesktop.html?gclid=EAIaIQobChMIInIXK187U4QIVmOd3Ch2mYQ1sEAAAYASAAEgLLnfD_BwE

²⁰ <http://www.anvartec.com/>, 18.3.2019

Lichtlaboranalysen

Die Analysen der Lichtexposition der Untersuchungsobjekte an ihren Originalstandorten erfolgen durch Lichtsimulationen anhand von maßstäblichen Gebäudemodellen (3D-Drucke im Maßstab 1:200), und werden im Lichtlabor der Donau-Universität Krems durchgeführt. Dieses ist eine mit 230 Leuchten bestückte Kuppelkonstruktion mit einem Durchmesser von circa 6 m und einer künstlichen Sonne, bestehend aus einem beweglicher Parabolspiegel samt Halogenlampe. Die Versuchsanordnung erlaubt die Simulation von bedeckten und klaren Himmelszuständen und unterschiedlichen Sonnenrichtungen.

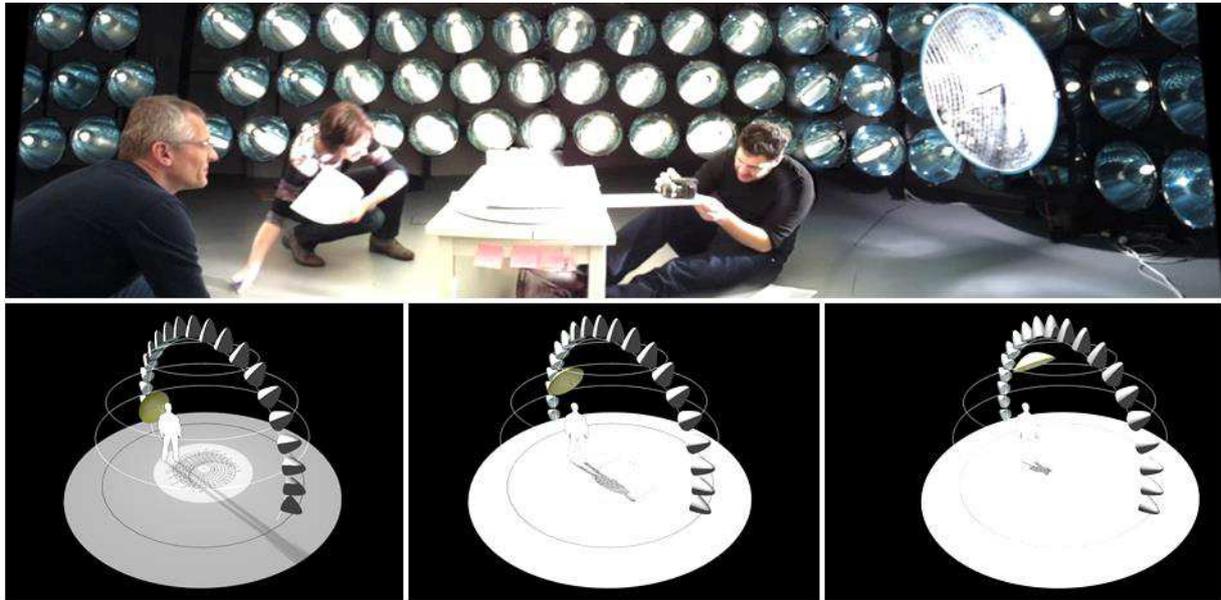


Abbildung 226: Lichtlaboranalysen und Darstellung des Simulationsprinzips von Direktlicht-Situationen mit Hilfe einer mobilen, künstlichen Sonne

Im Rahmen von Modellanalysen werden Direkt- und Diffuslichteinträge auf bzw. in die zu untersuchenden Baukörper bzw. Innenräume simuliert. Die Besonderheiten von Entwurfskonzepten hinsichtlich ihrer Positionierung im natürlichen Lichtraum oder Tageslichteinträge im Gebäudeinneren können so dokumentiert bzw. durch lichttechnische Messungen quantifiziert werden. Der wesentliche Nutzen von Lichtlaboruntersuchungen liegt in der diskursiven, nachvollziehbaren und gut reproduzierbaren Generierung von Informationen zu lichtrelevanten Fragestellungen, aus denen Rückschlüsse auf raumklimatische Gebäudeeigenschaften gezogen werden können.

In den gegenständlichen Untersuchungen wird insbesondere die Baukörperbesonnung zu bestimmten Jahres- und Tageszeiten unter Annahme eines klaren Himmels beobachtet und dokumentiert. Dadurch können Rückschlüsse über Direktlichteinträge in den Innenraum gezogen und Baukörperverschattungen durch vor- und rückspringende Bauteile dokumentiert und beschrieben werden. Die Richtung des einfallenden Direktlichts zu unterschiedlichen Jahres- bzw. Tageszeiten erfolgt unter Angabe von Azimut- (α) und Sonnenhöhenwinkel (γ), errechnet mit Hilfe der Berechnungssoftware Solar Beam, einem Programm zur Generierung von Sonnenbahndiagrammen und Berechnung von Sonnenpositionen.²¹ In nachfolgender Tabelle sind die für die Direktlichtsimulationen ausgewählten Jahres- und Tageszeiten sowie die vorherrschenden Sonnenpositionen aufgelistet.

²¹ <http://solarbeam.sourceforge.net/> 18.3.2019

	08:00 Uhr	10:00 Uhr	12:00 / 13:00 Uhr	14:00 Uhr	16:00 Uhr	18:00 Uhr
21. Dezember	-	$\alpha 153,5^\circ \gamma 14,1^\circ$	$\alpha 181,8^\circ \gamma 18,4^\circ$	$\alpha 209,7^\circ \gamma 13^\circ$	-	-
21. März	$\alpha 112,7^\circ \gamma 19,6^\circ$	$\alpha 141,6^\circ \gamma 35,5^\circ$	$\alpha 179,5^\circ \gamma 42,3^\circ$	$\alpha 217,6^\circ \gamma 35,9^\circ$	$\alpha 246,8^\circ \gamma 20,2^\circ$	-
21. Juni	$\alpha 85^\circ \gamma 27,7^\circ$	$\alpha 109,5^\circ \gamma 47,5^\circ$	$\alpha 182^\circ \gamma 65,2^\circ$	-	$\alpha 252,6^\circ \gamma 46,2^\circ$	$\alpha 276,3^\circ \gamma 26,5^\circ$

Abbildung 227: Angenommene Sonnenpositionen für Direktlichtsimulationen im Lichtlabor

Die auf die Baukörper auftreffenden Direktlichteinträge werden von zwei Fotokameras dokumentiert. Kamera 1: Nikon D80, Objektiv mit Fixbrennweite 20 mm, Kamera 2: Canon EOS 1200D, Brennweiten 24 mm bzw. 10 mm. Kamera 1 ist vertikal auf die Baukörper gerichtet, Kamera 2 dokumentiert die Direktlichteinträge auf die Außenhüllen der Hauptwohnräume bzw. die Gebäude-Außenecken im Bereich der Herrgottswinkel aus jeweils fixer Position.



Abbildung 228: Untersuchungsaufbau im Lichtlabor und Darstellung der Kamerapositionen zur Dokumentation von Direktlichteinträgen auf die Gebäudemodelle

6.3 Ergebnisse

Die unter Anwendung der beschriebenen Methoden durchgeführten Datenerhebungen ermöglichen quantifizierende und explorative Beschreibung von Einzelgebäuden sowie eine vergleichende Zusammenschau auf repräsentative Fallbeispiele von Bautypen traditioneller, anonymer Architektur in Österreich und ihrer bauklimatisch relevanten Eigenschaften. Die Einzelbetrachtungen und Vergleiche erfolgen im Kontext der jeweiligen naturräumlichen und klimatischen Standortbedingungen. Die Untersuchungsergebnisse werden in Gebäudeportraits (case-studies), Ergebnisdarstellungen von Messkampagnen zur Bewertung des thermischen Gebäudeverhaltens und der Belichtungssituationen sowie einer Matrix für datenbasierte Gebäude- und Standortvergleiche zusammengefasst. Darüber hinaus werden Modellarrangements zur Veranschaulichung der unterschiedlichen Gebäudegeometrien und eine Timeline zur Einordnung der Entstehungszeiten der ausgewählten Objekte im historischen Kontext erstellt.

6.3.1 Gebäudeportraits

Die Ergebnisse der Fallbeispieluntersuchungen werden in den nachfolgenden und nach ihren Standorten von West nach Ost gereihten Gebäudeportraits dargestellt. Dabei werden zunächst die ursprünglichen Errichtungsorte der transferierten Originalobjekte lokalisiert und die Charakteristika ihrer näheren Umgebung hinsichtlich Geländebeschaffenheit und kulturlandschaftlicher Besonderheiten auf Basis von Eintragungen in der Klaar'schen Siedlungsformenkarte und Beschreibungen von Landnutzungssystemen (siehe Kapitel 1.1 und 1.3) zusammengefasst. In weiterer Folge werden die Entstehungszeit der Gebäude datiert und Unterschiede zwischen den originären und wiedererrichteten Objekten zum Beispiel in Bezug auf Gebäudegeometrie, Raumorganisation und Bauweise festgehalten. Im Anschluss werden die klimatischen Verhältnisse an den Standorten bzw. den jeweils nächstgelegenen ZAMG-Klimastationen erläutert. Ergänzend dazu erfolgen Angaben zu Temperaturabweichungen, die zwischen der jeweiligen Errichtungszeit und der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 durch Klimarekonstruktionen nachgewiesen sind. Die Gebäude selbst werden durch Pläne und Beschreibungen ihrer Baukörpergeometrien, Orientierungen, Raumorganisationen und der jeweiligen Bauweise vorgestellt. Im Hinblick auf die Erhebung der natürlichen Licht- bzw. Strahlungseinträge in den Innenraum sowie die Berechnung der Wärmetransmissionseigenschaften der Außenbauelemente erfolgen Angaben zur Dimension, Orientierung und Position von Fensteröffnungen. Die solare Strahlungsexposition der Gebäude zu unterschiedlichen Jahreszeiten wird anhand von Modellfotos, die unter simulierten Direktlichteinträgen erstellt werden, beschrieben. Anschließend werden die Lichtverhältnisse in den Hauptwohnbereichen auf Basis der Ergebnisse der durchgeführten Messungen und Gebäudesimulationen quantitativ erfasst und illustriert. Angaben zu energie-relevanten Gebäudeeigenschaften erfolgen durch die Beschreibung der ursprünglichen Art der Raumbeheizung und Resultate von Wärmebedarfsberechnungen für als thermisch zu konditionieren angenommene Wohnbereiche. Grundlagen dafür sind sowohl die aktuellen klimatischen Rahmenbedingungen als auch Annahmen, die auf Basis der in der Fachliteratur beschriebenen Klimarekonstruktionen und errechneten Temperaturabweichungen von einer Referenzperiode 1971 – 2000 in Europa getroffen werden. (Siehe Kapitel 2.5) Die wesentlichen Gebäudecharakteristika sind abschließend in Factsheets (Datenblätter) zusammengefasst.

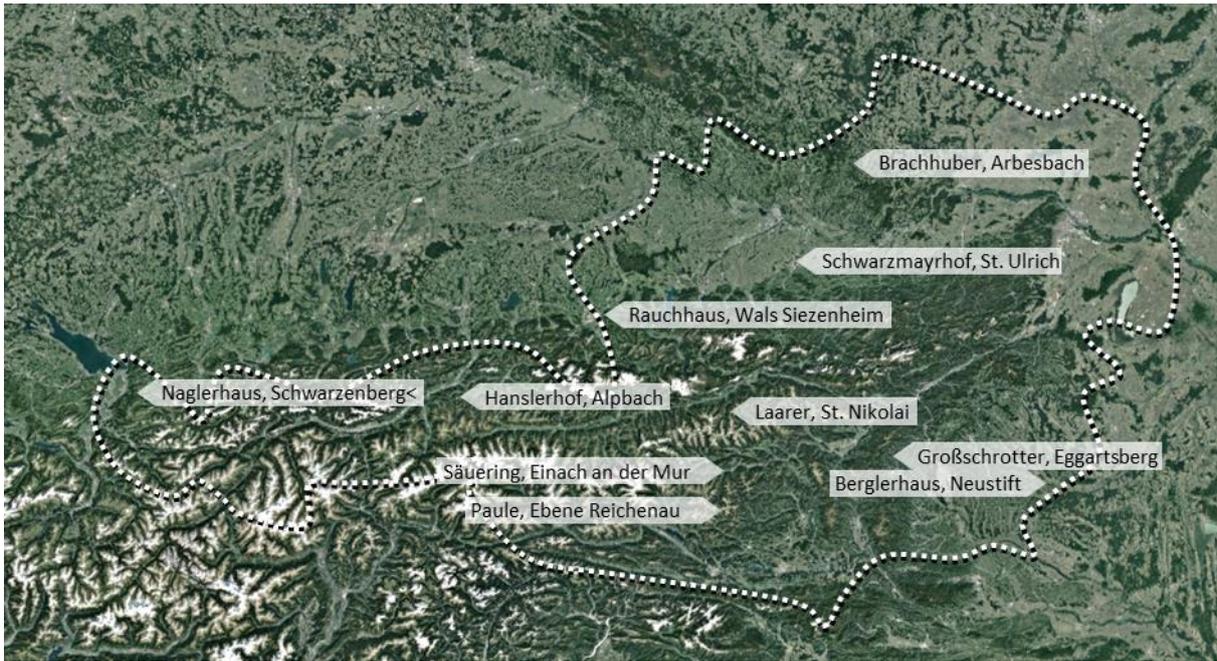


Abbildung 229: Ehemalige Standorte der im Österreichischen Freilichtmuseum ausgestellten Untersuchungsobjekte (Screenshot Google Earth, 14.9.2018)

Einhof Naglerhaus, Schwarzenberg in Vorarlberg

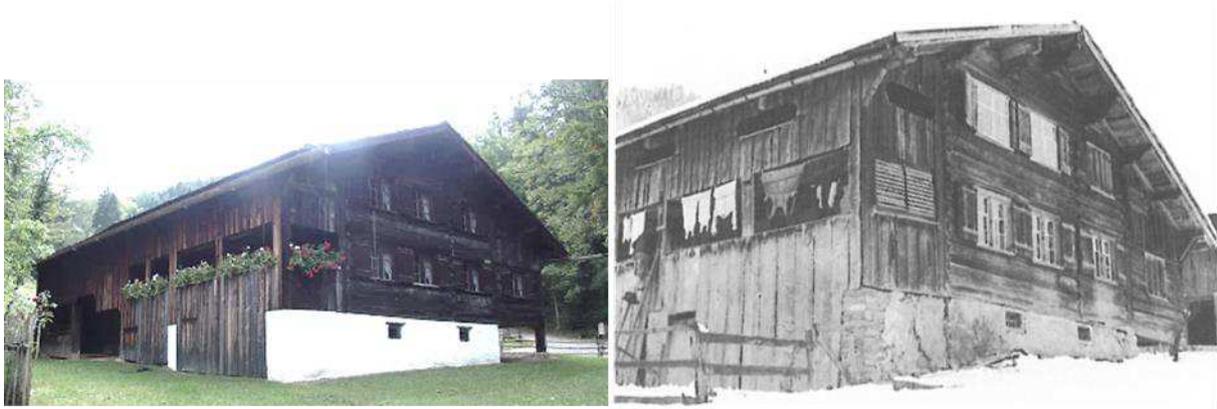


Abbildung 230: Das Naglerhaus auf dem Gelände des Österreichischen Freilichtmuseums

Abbildung 231: Das Naglerhaus an seinem Errichtungsort in Schwarzenberg im Jahr 1964 (Pöttler, 1992b, S. 306)

Das Verbreitungsgebiet der Einhöfe im Hinteren und Mittleren Bregenzerwald, denen das Naglerhaus zugerechnet wird, liegt entlang der Bregenzer Ache und ihrer Seitentäler zwischen Egg und Schoppernau. (vgl. MILAN & SCHICKHOFER, 1992, S. 18) Der ehemalige Standort des Gehöftes befindet sich in der Ortschaft Loch etwa einen Kilometer südlich des Ortszentrums von Schwarzenberg entfernt, und liegt auf 670 m Seehöhe am Fuße des Hochälpeles (Geographische Standortdaten: 47° 24' 22" N, 9° 51' 3" O). Das Gelände am ursprünglichen Errichtungsort ist nach Osten hin in Richtung der nahe gelegenen Bregenzer Ache abfallend. Die die siedlungslandschaftliche Umgebung des Naglerhauses bestimmenden Ortsformen sind Kirchen- und Haufendörfer sowie Streu- und Sammelsiedlungen. Die regionalen Flurformen sind unregelmäßige, kleinproportionierte Blockfluren bzw. streifenartige Hangblock- und neuzeitliche Einödlfluren sowie in größerer Höhe Almen. Vieh- und Holzwirtschaft sowie Wald-, Wiesen- und Weidflächen sind seit dem Ende des 16. Jahrhunderts die wichtigsten Arten der Landbewirtschaftung. (vgl. PÖTTLER, 1984, S. 5)

Der Ursprung des Gebäudes wird im frühen 18. Jahrhundert angesetzt. (vgl. PÖTTLER, 1984, S. 24) Altersbestimmung von Materialproben aus dem Erd- und Obergeschoß sowie dem Dachraum deuten darauf hin, dass der Wohnbereich um 1819 errichtet wurde. Zahlreiche Bauelemente des Wirtschaftstraktes stammen aus dem Jahr 1668. Das für die Errichtung des Gehöftes verwendete Baumaterial könnte daher von einem deutlich älteren Objekt übernommen worden sein. (GRABNER, 2017) Aufgrund eines Straßenbauprojektes wurde das Naglerhaus im Jahr 1964 an seinem ehemaligen Standort abgetragen und ab 1965 im Freilichtmuseum wiederaufgebaut. (vgl. PÖTTLER, 1984, S. 5) Durch die Positionierung und Orientierung des Ausstellungsobjektes im hinteren Abschnitt des Museumstales auf ansteigendem Gelände ist die ursprüngliche Integration des Gebäudes in seine einstige Umgebung nachvollziehbar.

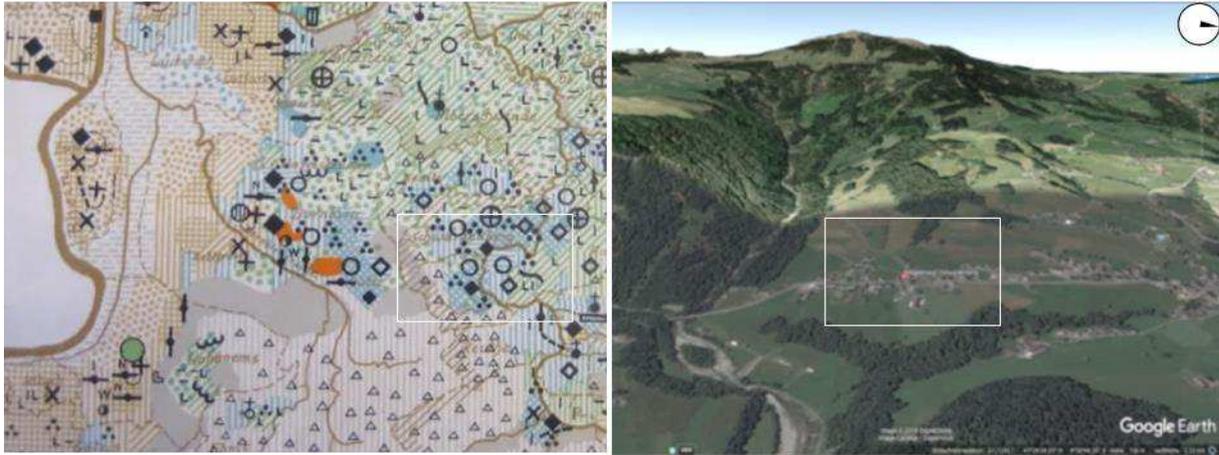


Abbildung 232: Siedlungsformenkarte nach Adalbert Klaar mit Siedlungs-, Flur- und Gehöftformen in der Region Schwarzenberg

Abbildung 233: Geländedarstellung des Originalstandortes aus östlicher Richtung (Google Earth, Screenshot 6.4.2018)



Abbildung 234: Originalstandort-Draufsicht mit schematischer Gebäudedarstellung und aktuellem Straßenverlauf (Gemeinde Schwarzenberg, 2016)

Abbildung 235: Der ehemalige Errichtungsort, betrachtet aus östlicher Richtung (2015)

Abbildung 236: Draufsicht auf das Ausstellungsgebäude auf dem Museumsgelände (Google Earth, Screenshot 14.9.2018)

Aktuelle und historische Klimasituation

Das Klima im Gebiet des ehemaligen Standortes bzw. in den höher gelegenen Tallagen der Bregenzer Ache ist im Vergleich zum nahe gelegenen Vorarlberger Rheintal sonnenscheinreicher und windärmer. Demgegenüber werden hier österreichweit die höchsten Niederschlagsmengen bei vergleichbarer Seehöhe gemessen. (vgl. AUER u. a., 2001, Kap. Stationen) Die durchschnittliche Jahrestemperatur, bezogen auf die dem Gebäudestandort nächstgelegene ZAMG-Klimastation Schoppernau auf 835 m Seehöhe und in 16 km Entfernung, liegt bei 5,63 °C. Der Wert der monatlichen Tagesdurchschnittstemperatur erreicht im Juli 15,2 °C, der Jänner ist mit einem Tagesmittelwert von – 3,8 °C der kälteste Monat. Die Anzahl der jährlichen Heizgradtage liegt bei 4464. Die Gesamtniederschlagsmenge erreicht einen Wert von 1908 mm/m²a, wobei die meisten Niederschläge mit 247 mm/m² im Juli, die geringsten mit 114,9 mm/m² im Februar auftreten. Die jährliche Gesamtstrahlungssumme beträgt rund 1188 kWh/m², der Direktstrahlungsanteil liegt dabei bei circa 45 %. Die durchschnittliche jährliche Windgeschwindigkeit beträgt 1,5 m/s, Hauptwindrichtungen sind Ost (Windrichtungsanteil 33,6 %) sowie West und Nordwest (Windrichtungsanteil jeweils etwa 23 %), der Kalmenanteil liegt bei 12,7 %.

Klimahistorischen Analysen zufolge lag das Temperaturniveau im Jahrhundert der Errichtung des Naglerhauses (19. Jahrhundert) um 0,58 °C unter jenem des Betrachtungszeitraumes 1971 – 2000. Die negativen Abweichungen der mittleren Monatstemperaturen betragen im Winter (Dezember, Jänner, Februar) 1,12 °C, im Sommer (Juni, Juli, August) 0,14 °C. (vgl. MAUELSHAGEN, 2010, S. 67) Die

standortbezogene Anzahl der Heizgradtage im 19. Jahrhundert wird mit 4754 angenommen, und ist damit gegenüber dem Wert von 4464 Heizgradtagen in der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 um rund 7 % erhöht. Infolge von äquatornahen Vulkanausbrüchen fällt das angenommene Errichtungsjahr 1819 in eine kalte und trockene Dekade, in der die Bevölkerung weiter Teile Mitteleuropas im Jahr 1817 eine Hungersnot erlebte. (vgl. PFISTER u. a., 1999, S. 76, 154).

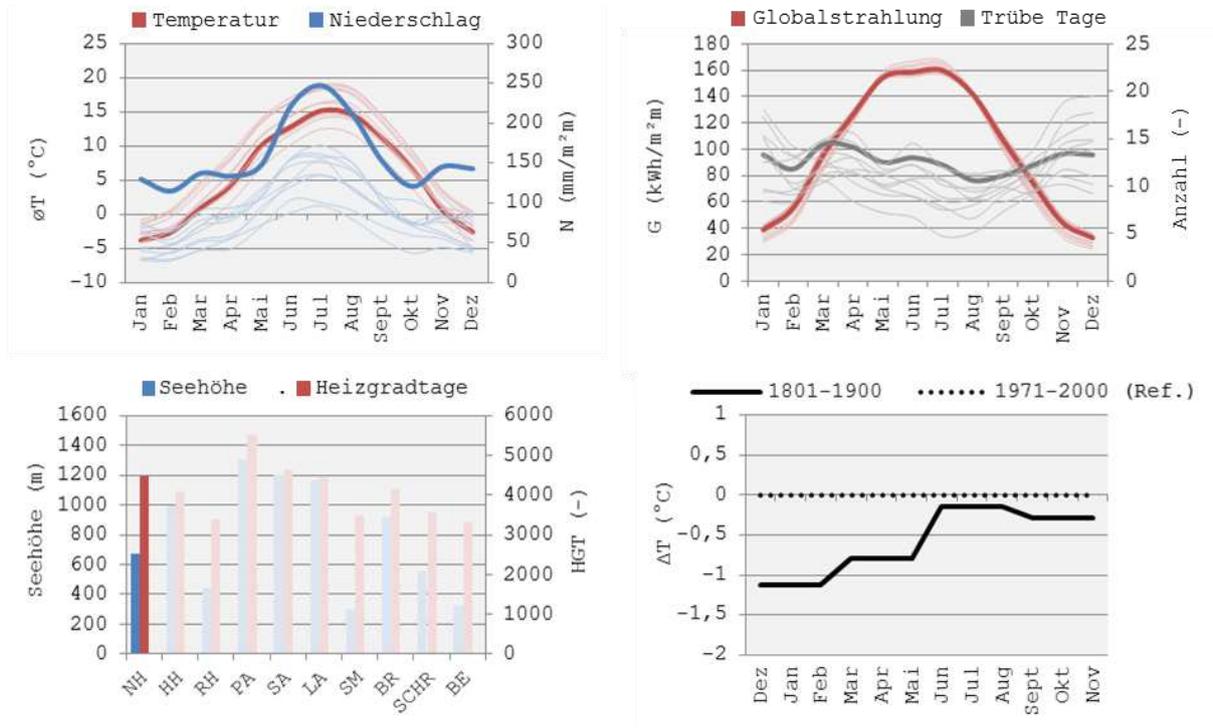


Abbildung 237: Klimadiagramme; Monatsmittelwerte von Lufttemperatur und Niederschlag (oben links), durchschnittliche monatliche Globalstrahlung und Anzahl an Tagen mit einem Bewölkungsmittel >80 % (oben rechts), Seehöhe und jährliche Heizgradtage (unten links), Abweichungen der Temperatur-Jahreszeitenmittel der Periode 1801 – 1900 vom Mittelwert der Betrachtungsperiode 1971 - 2000 (unten rechts)

Raumorganisation

Das Naglerhaus ist ein zweigeschoßiger alpiner Einhof, dessen breitgiebeliger Baukörper von einem Satteldach überdeckt ist. Die Firstlinie war am Originalstandort in etwa ostwest- bzw. normal zur Talachse orientiert. (Die Drehung der Firstlinie aus der Ost-West-Richtung beträgt 11 Grad im Uhrzeigersinn.) Die Gesamtkubatur oberhalb der Erdgeschoßebene des auf einer bebauten Fläche von insgesamt 245 m² errichteten Gebäudes beträgt 1500 m³, davon entfallen 385 m³ auf den Wohnbereich. Dieser weist eine Gesamtnutzfläche von circa 150 m² auf, und ist durch einen Kellerunterbau vom Erdboden abgehoben. Über eine kleine, ehemals nordseitige Außentreppe erreicht man den Eingang und das Vorhaus, das gemeinsam mit einem dahinterliegenden Wohnraum und einem Abort in einem unterhalb des traufseitig vorgezogenen Daches liegenden Raumbereich (*Schopf*) integriert ist. Von hier aus gelangt man in die durchgängige, 22,3 m² große Flurküche mit zentraler Feuerstelle. Daneben befindet sich der Eingang in die 24,7 m² große holzgetäfelte Wohnstube. Über das elterliche Schlafzimmer (*Gaden*) neben der Stube erreicht man die im nordseitigen *Schopf* untergebrachte Kammer, die als Gästeraum oder Mietwohnung verwendet wurde. Der einst südseitige Ausgang aus der Flurküche führt in einen weiteren *Schopf*, einen etwa 16,3 m² großen verandaartigen Freibereich, der durch drei Fenster mit der Stube verbunden ist. Neben seiner Funktion als witterungsgeschützte Verweilzone wurde der südseitige *Schopf* auch als Hauswirtschafts- bzw. Trockenraum genutzt.

Ausgehend vom zentralen Flurküchenraum, gelangt man über eine Innentreppe ins Obergeschoß. Dabei passiert man den Eingang in einen in Blockbauweise errichteten, 6,7 m² großen Raum, der als *Sälestüble* oder *Großmutterstüble* bezeichnet wird und der von den übrigen Wohnbereichen abgekoppelt ist. Im Obergeschoß des Naglerhauses befinden sich oberhalb von Stube und *Gaden* zwei weitere, teilweise getäfelte Räume, die als Schlaf- und fallweise Wohnräume genutzt wurden und über einen quer zum First liegenden, fensterlosen Gang erschlossen sind. Über den ehemals nord- und südseitigen *Schöpfen* liegen Pufferräume, die meist für Hauswirtschaftszwecke genutzt wurden und die als *Oberschopf* oder *Schlupf* bezeichnet werden. (vgl. PÖTTLER, 1984, S. 18) Eine kleine Außentreppe führt vom südseitigen *Schopf* hinunter zu den Eingangszonen der Wirtschaftsräume, die traufseitig erschlossen sind. Den *Schöpfen* des Wohnteils entsprechend, kragt das Obergeschoß des Wirtschaftsbereiches aus, und bildet dadurch Überdachungen für die Zugänge zu den Stallbereichen und Bergeräumen. Unmittelbar an den Wohntrakt angrenzend befinden sich ein witterungsgeschützter, als Hof bezeichneter Außenbereich, eine daran anschließende Holzlagerstätte und ein Pferdestall. Die Tenne schließt an diese Raumkombination an, und ist traufseitig von beiden Seiten befahrbar. Dem Wohnbereich gegenüberliegend befindet sich der Stall für Rinder, Jungvieh, Schweine, Ziegen und Schafe. Oberhalb der ebenerdigen Wirtschaftsräume liegt die in Riegelbauweise errichtete Scheune. (vgl. PÖTTLER, 1984, S. 32ff)

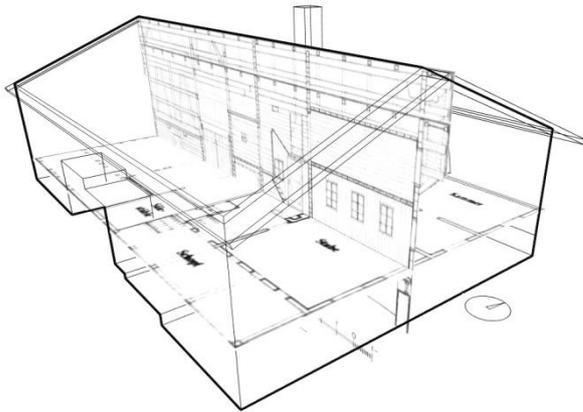


Abbildung 238: Baukörpergeometrie

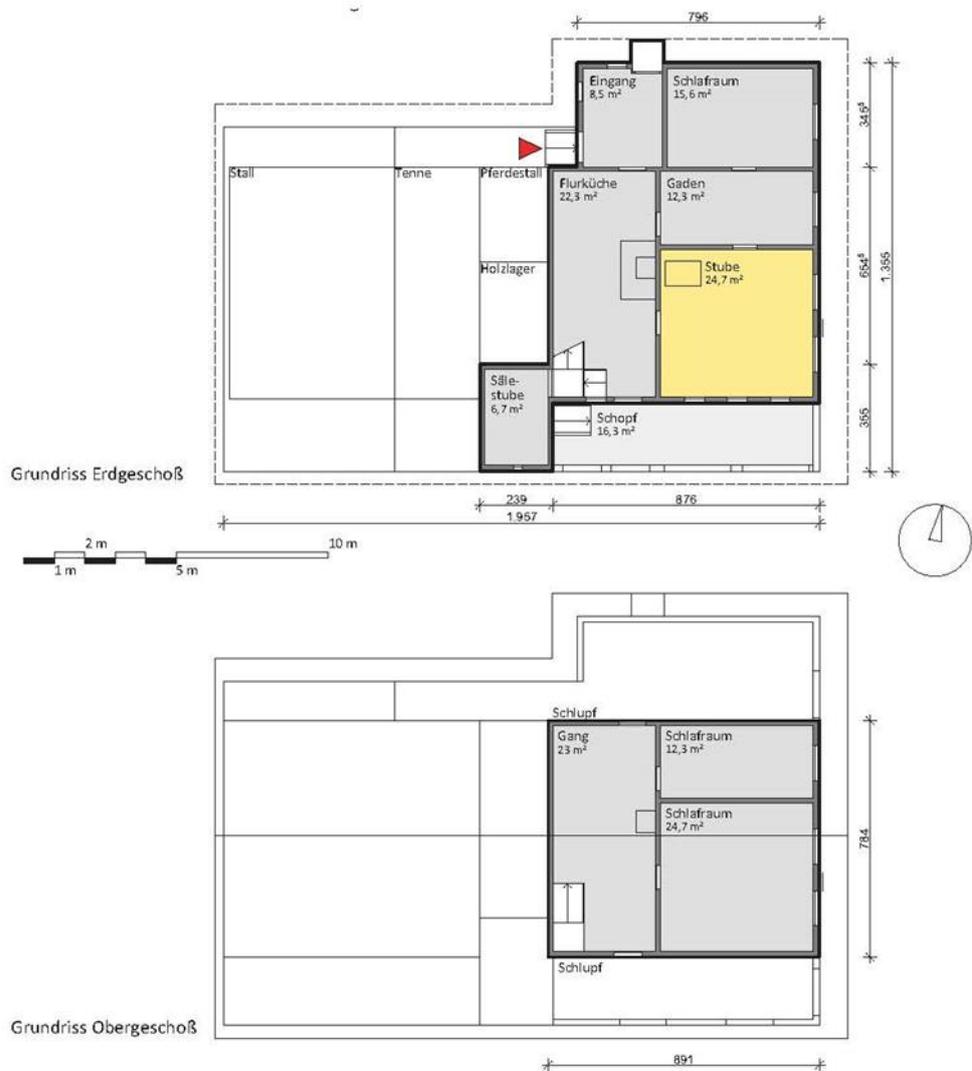


Abbildung 239: Grundrissdarstellung von Erd- und Obergeschoß des Wohnbereiches

Bauweise

Der Wohnbereich des Naglerhauses ist auf einem verputzten Steinunterbau errichtet, in den Lagerräume mit offenem Boden integriert sind. Der nordseitige *Schopf* ist durch Aufständering vom Erdboden abgehoben. Eine Konstruktion aus Tramen mit darüber verlegtem Holzfußbodenaufbau bildet den Deckenabschluss zwischen Steinunterbau und Erdgeschoß. Die Zwischendecken zum Dachraum sind aus dicht verlegten, massiven Holzbohlen ausgeführt. Wohnbereich und Stall sind in überkämmteter Blockbauweise mit Wandstärken von circa 15 cm errichtet. Der südseitige *Schopf* und der Scheunenbereich sind in Riegelbauweise ausgeführt. (Das regional bevorzugte Bau- und Zimmermannsholz ist Fichte, die charakteristischen Innenraumtäfelungen sind auch aus wertvolleren Holzarten wie Zirbe oder Lärche gefertigt. Für ihre oftmals künstlerischen Ausführungen ist der Umstand maßgeblich, dass der Dreißigjährige Krieg vor allem im Hinteren Bregenzerwald nicht in vollem Maße spürbar wurde. [vgl. PÖTTLER, 1984, S. 28])

Pfettendachkonstruktionen bilden die regionaltypischen Dachformen, deren Neigungen von ursprünglich etwa 20 Grad auf bis zu 45 Grad zu sogenannten Rechtwinkeldächern aufgesteilt sein können. Der Böschungswinkel des Daches am Naglerhaus beträgt etwa 22 Grad. Ursprünglich war es mit Holzlegschindeln gedeckt, nun besteht die Dachhaut aus Scharschindeln in vier bis fünffacher Überdeckung. Die Konstruktion erlaubt Dachvorsprünge, die an der Vorderseite circa 80 cm und traufseitig circa 40 cm über die Fassadenflächen vorragen. Eine bauliche Besonderheit bildet der sogenannte *Zopf*, eine etwa 10 cm breite Abschrägung der äußeren Dachränder. Durch diese Konstruktion fließt Regenwasser nicht über die Giebelflächen ab, sondern nimmt seinen Weg dachwärts in Richtung Traufe, von wo aus es über giebelseitig vorragende Dachrinnen abgeleitet wird. (vgl. PÖTTLER, 1984, S. 21ff)

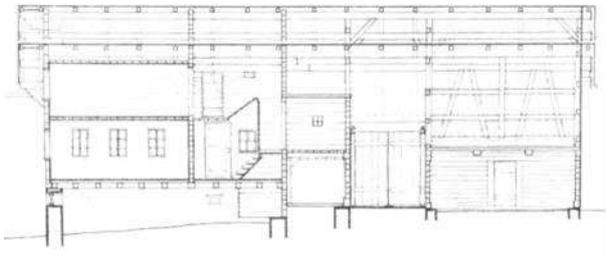


Abbildung 240: Gebäudelängsschnitt durch den Wohn- und Wirtschaftsbereich (Pöttler, 1984, S. 48)

Abbildung 241: Nordwestansicht des Originalgebäudes am ursprünglichen Standort (Archiv ÖFLM Stübing, 1964)



Abbildung 242: Wiederaufbauarbeiten am nordseitigen, aufgeständerten *Schopf* (Archiv ÖFLM Stübing, 1965)

Abbildung 243: Blockbau- und Pfettendachstuhlkonstruktion

Abbildung 244: Detailansicht von Dachrand und -traufe

Solare Baukörperexposition

Beobachtungen vor Ort und rekonstruierte Sonnenverlaufsstudien unter Berücksichtigung der umgebenden Topographie ergeben eine effektiv mögliche Besonnung des Gebäudestandortes zur Wintersonnenwende (21.12.) in der Zeit von etwa 9:00 Uhr morgens bis 14:30 Uhr nachmittags. Direktlichteintrag auf den Wohntrakt des Naglerhauses erfolgte ganzjährig vor allem in den Morgen- bzw. Vormittagsstunden, der Wirtschaftsbereich war überwiegend nachmittags sonnenexponiert. Im Winter bzw. bei tief stehender Sonne war vor allem die südorientierte Außenfassade im Bereich von Stube und Flurküche sonnenbeschienen. Direkter solarer Strahlungseintrag konnte auch über den verandaartigen *Schopf* bis in fensterferne Wohnraumbereiche erfolgen. Der nordorientierte Eingangsbereich war im Winter gantztägig verschattet, ebenso die nordseitige Dachfläche. Im Sommer erfolgte Direktlichteintrag auf alle außenraumexponierten Fassadenflächen des Wohnbereiches. Die vergleichsweise geringen Dachüberstände von 40 cm bis 80 cm verschatteten den Baukörper nur geringfügig. Die offene, südseitige Veranda war bei hochstehender, mittäglicher Sonne durch die Auskrugung des darüber liegenden *Schlupfes* verschattet.

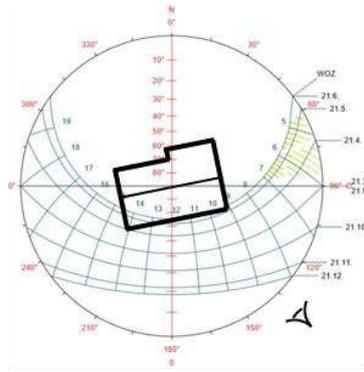


Abbildung 245: Sonnenbahndiagramm und Gebäudeorientierung (oben), Baukörper-Direktlichtstudien bei unterschiedlichen Sonnenpositionen



Abbildung 246: Sonnenverlauf am 21.12. am Originalstandort (Google Earth Screenshotmontage, 18.5.2018)

Fassadenöffnungen und natürliche Raumbelichtung

Die Außenhülle des Wohnbereiches weist insgesamt 14 Fensteröffnungen mit einer Durchschnittsgröße von 0,88 m² auf. Die Gesamtfensterfläche liegt bei 12,37 m², dies entspricht einem Anteil von 16,5 % der Außenfassadenfläche. Rund 69 % der Fensterflächen waren am ehemaligen Standort nach Osten, 22 % nach Süden und je 4,5 % nach Norden und Westen orientiert. Bezogen auf eine Wohnnutzfläche von 150 m² beträgt der Öffnungsanteil rund 8 %. Jedem der neun dem Wohnbereich zugehörigen Räume sind durchschnittlich 1,5 Fenster zugeordnet. Sämtliche Fenster mit Ausnahme des Blockbaufensters der *Sälestube* sind außenseitig mit beweglichen Läden versehen.

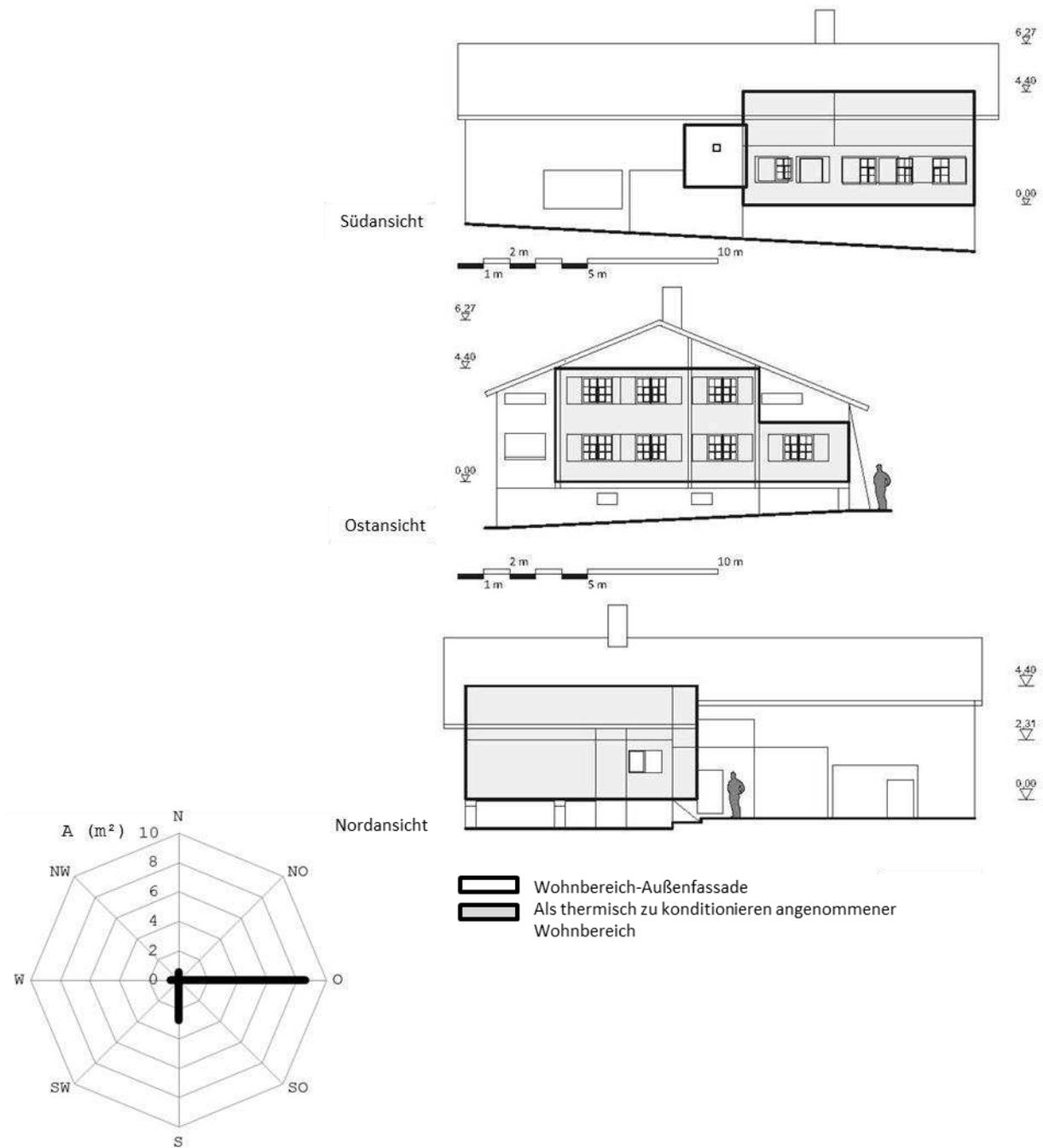


Abbildung 247: Außenansichten der Wohnbereichskubatur

Abbildung 248: Diagramm zur Darstellung der unterschiedlichen Fensterflächen-Orientierungen

Die 4,8 m x 4,9 m große Wohnstube liegt in der ehemals südöstlichen Gebäudeecke des Naglerhauses, und weist eine lichte Raumhöhe von 1,9 m auf. Die Belichtung erfolgt durch insgesamt fünf zweiflügelige Fenster. Zwei davon mit einer Größe von je 1,22 m² sind nach Osten orientiert, drei Fensteröffnungen mit einer Dimension von je 0,68 m² sind zur südseitigen Veranda ausgerichtet. In den drei- bzw. sechsteiligen Fensterflügeln sind zusätzliche Klappflügel integriert, die separat geöffnet werden können. Der Glasflächenanteil der Fensterkonstruktionen liegt bei rund 62 %. Die Gesamtgröße der Stubenfenster beträgt 4,48 m², die Lichteintrittsfläche erreicht etwa 18 % der rund 24 m² großen Bodenfläche des Wohnraumes.

Jedes Fenster ist im Innenraum mit textilen Vorhängen ausgestattet. (Vorarlberg ist jenes Land, in dem Vorhänge am frühesten Einzug in die Stuben genommen haben. Dabei sind offensichtlich Wechselwirkungen zwischen Heimarbeit, einschlägiger Industrie und frühzeitiger Möglichkeit der Fenstervergrößerung sichtbar. [vgl. PÖTLER, 1984, S. 27])



Abbildung 249: Innenansicht eines Stubenfensters mit sechsteiligen Fensterflügeln und integrierten Klappöffnungen

Abbildung 250: Außenansicht der ostorientierten Wohnraumfenster

Abbildung 251: Stuben-Innenansicht und schwenkbare Metall-Feuerschale zur Raumbeleuchtung mit Glut und offener Flamme

Die Parapethöhen der Fenster betragen 79 cm, die Oberkanten liegen nur wenige Zentimeter unterhalb der niedrig gelegenen Stubendecke. Die so höchstmöglich positionierten Fensterstürze begünstigen nach der 30-Grad-Regel die freie Sicht auf den Himmel und damit die natürliche Belichtung von Raumbereichen bis in eine Raumtiefe von etwa 3 m. Wände und Stubendecke sind vollflächig mit Holzvertäfelungen verkleidet. Der Boden besteht aus breiten Holzbrettern. Die Berechnung der Lichtreflexionseigenschaften der raumumschließenden Oberflächen ergibt Werte von $\rho_{\text{wand}} = 0,24$, $\rho_{\text{Decke}} = 0,18$, $\rho_{\text{Boden}} = 0,04$. Die computerunterstützte Tageslichtsimulation ergibt einen Tageslichtquotient-Mittelwert von 1,05 %.

Der Höchstwert von 5,47 % liegt im Bereich der ostorientierten Stubenfenster, der geringste Wert mit 0,2 % im fensterfernen Bereich des Raumeingangs. Die Simulationen von Beleuchtungsstärken auf Höhe der Messebene und unter Annahme eines bedeckten Himmels ergeben Mittelwerte von 69 lx (21.12., 12:00), 148 lx (21.3., 12:00) und 200 lx (21.6., 13:00). Beleuchtungsstärken-Höchstwerte liegen bei 360 lx (21.12., 12:00), 776 lx (21.3., 12:00) und 1050 lx (21.6., 13:00). Helligkeitssimulationen der Stubeninnenansicht (Blick vom Stubeneingang in Richtung Herrgottswinkel, Distanz circa 5,5 m) ergeben Leuchtdichten von 20 cd/m² im fensternahen Deckenbereich und an der schopfseitigen Wandoberfläche. Geringere Werte treten in der äußeren Raumecke und im Bodenbereich vor allem in größerer Raumtiefe auf. Die Oberflächenleuchtdichten betragen dort 2 cd/m² bis 4 cd/m². Ein besonderes, lichtrelevantes Raumausstattungs-element ist eine im Tischbereich von der Decke abgehängte, schwenkbare Metallschale, die der künstlichen Raumbeleuchtung durch brennendes oder glühendes Material diene.

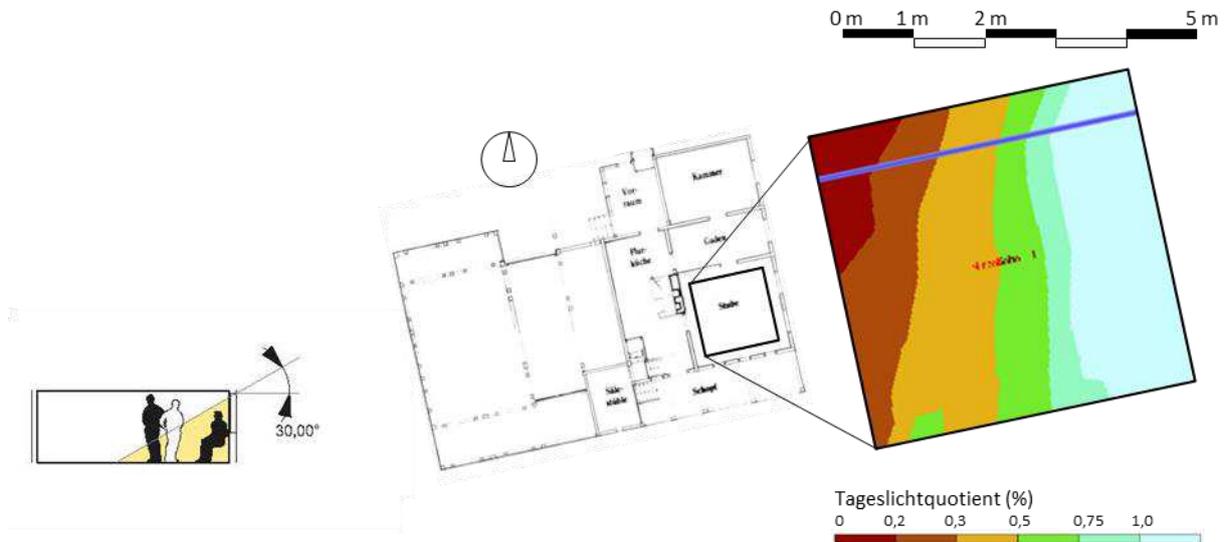


Abbildung 252: Gemäß 30-Grad-Regel lichtbegünstigter Raumbereich

Abbildung 253: Gebäudegrundriss (Pöttler, 1984, S. 46) mit Falschfarbendarstellung der Tageslichtquotient-Verteilung auf horizontaler Messebene im Stubenbereich

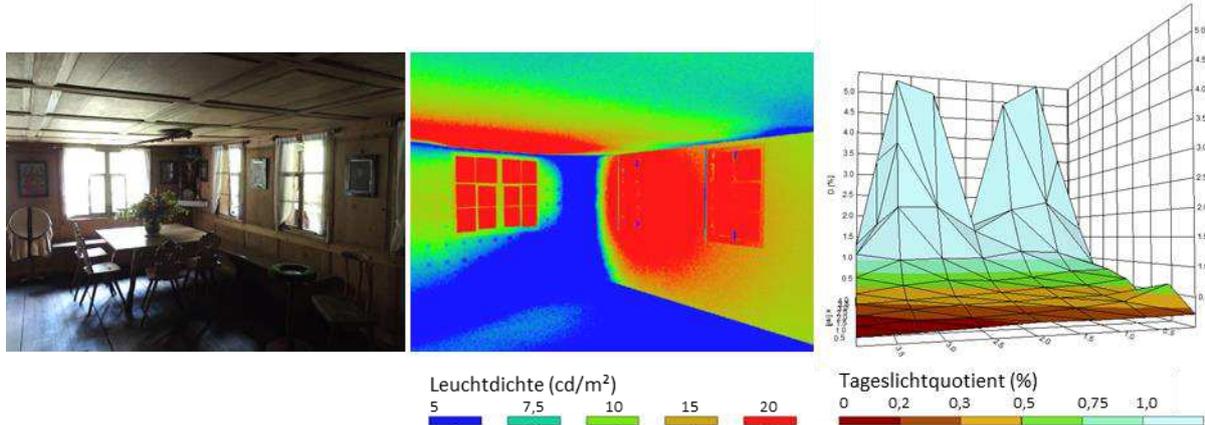


Abbildung 254: Stubenansicht

Abbildung 255: Falschfarbendarstellung der Helligkeitsverteilungen auf den inneren Raumbooberflächen

Abbildung 256: 3D-Gebirgsdarstellung der Tageslichtquotient-Niveaus

Thermische Konditionierung

Die zentrale Feuerstätte des Naglerhauses befindet sich in der Mitte der Flurküche und damit im Kern des Baukörpers. Die ursprüngliche Konstruktion mit gemauerter Feuernische war zum Zeitpunkt der Gebäudetransferierung bereits durch einen Sparherd ersetzt, wurde im Zuge des Wiederaufbaues im Museum jedoch rekonstruiert. Der Ofen in der angrenzenden Stube wird als Hinterlader von der Küche aus beheizt, und entlässt seinen Rauch durch eine Maueröffnung wieder in den Bereich der Herdstelle. Ein trichterartiger Kaminhut schirmt die Feuerstätte der Küche ab, und nimmt Funken und Rauch der Feuerungen auf, um sie durch einen senkrecht aufsteigenden, gemauerten Rauchfang über Dach ins Freie zu leiten. (vgl. PÖTLER, 1984, S. 25)



Abbildung 257: Küchensparherd im Originalobjekt (Archiv ÖFLM Stübing, 1964)

Abbildung 258: Wohnstuben-Kachelofen (Archiv ÖFLM Stübing, 1964)

Abbildung 259: Offene Herdstelle im Flurküchenbereich des Ausstellungsgebäudes

Der für die Heizwärmebedarfs-Berechnungen als thermisch zu konditionieren angenommene Wohnbereich (Kubatur mit allen Aufenthaltsräumen ohne die räumlich abgekoppelte *Säle*stube) umfasst ein Volumen von rund 367 m³ mit einer Gesamtoberfläche von 356 m². Die charakteristische Länge l_c der Raumzone beträgt 1,03 m. Die raumumschließenden Bauelemente und Fensterkonstruktionen weisen einen mittleren U-Wert von 0,9 W/m²K auf. Der errechnete und auf das Standortklima bezogene Heizwärmebedarf HWB_{SK} beträgt 201,24 kWh/m²a. Der Referenz-Heizwärmebedarf HWB_{RK} liegt bei 168,03 kWh/m²a. Der im Renovierungsfall nach aktuell geltender Richtlinie ermittelte Höchstwert von 72 kWh/m²a wird 2,3-fach übertroffen. Unter Annahme einer im 19. Jahrhundert gegenüber der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 um sieben Prozent erhöhten Anzahl an Heizgradtagen würde sich der Heizwärmebedarf HWB_{SK} des um 1819 errichteten Gebäudes um 8 % auf rund 218 kWh/m²a erhöhen. Die Oberfläche des als zu konditionieren angenommenen Wohnbereiches ist zu 30 % außenraumexponiert, 70 % grenzen an unkonditionierte Räume wie Keller, Dachboden, Holzlager und an den Pferdestall. Innenräume mit geringeren thermischen Anforderungen wie Erschließungszonen, unbeheizte Schlafräume und Keller sind zwiebelförmig um Raumbereiche mit hohen Temperaturansprüchen wie Stube und Gaden angeordnet. Der verandaartige und witterungsgeschützte, südorientierte *Schopf* kann durch Schließen seiner Öffnungen zu einem zusätzlichen thermischen Pufferraum umfunktioniert werden. Die durch die angenommenen Heueinlagerungen im Bereich des Obergeschoßes verringerten Wärmetransmissionskoeffizienten der Trennbaulemente zwischen dem Wohn- und Wirtschaftstrakt bewirken eine Minderung des Heizwärmebedarfs (HWB_{SK}) im Größenordnungsbereich von 29 % auf 142,39 kWh/m²a.

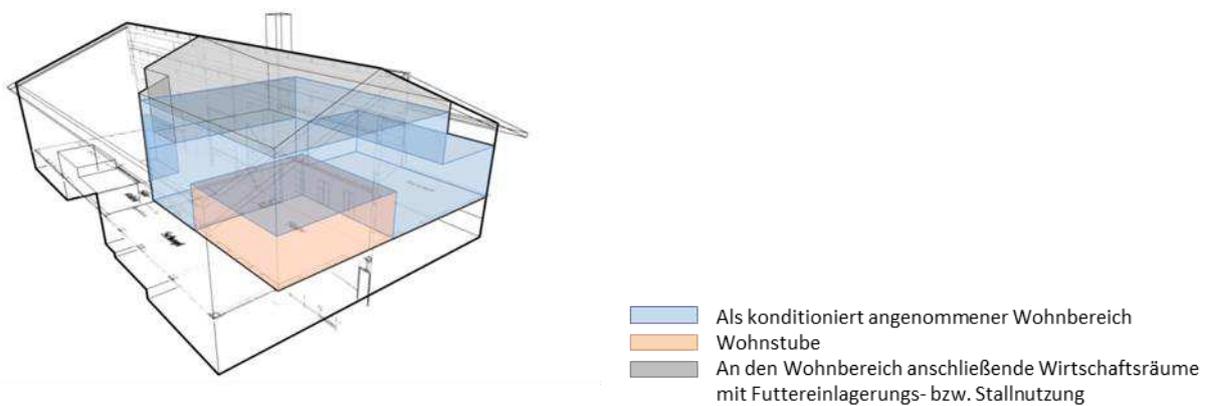
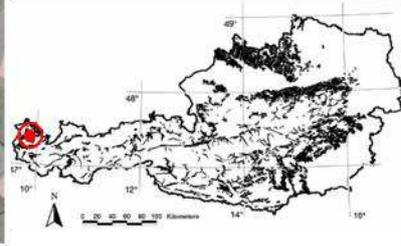
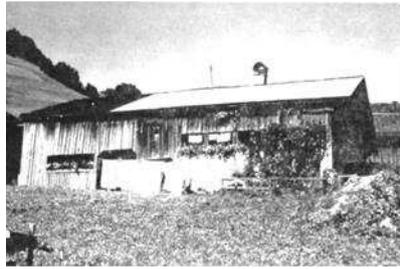


Abbildung 260: Baukörpergeometrie des als zu konditionieren angenommenen Wohnbereichs und seine Lage im Gebäudeverbund

Factsheet Naglerhaus



Das Naglerhaus an seinem Originalstandort (Pöttler, 1984, S. 6)	Originalstandort in Schwarzenberg mit schematischer Gebäudedarstellung (Gemeinde Schwarzenberg, 2016)		Lage Schwarzenberg in grünlanddominierter Kulturlandschaft des Berglandes (Wrbka u. a., 2005, S. 29)		
Hoftypus	Einhof		Östliche Länge		9,85°
Errichtungsjahr datiert auf	1819		Nördliche Breite		47,4°
Gesamtvolumen	1500	m ³	Seehöhe		670 m
Kubatur des Wohnbereiches	367	m ³	Heizgradtage (ZAMG-Angabe)		4464 (-)
Wohnnutzfläche	150	m ²	Jahresniederschlag		1908 mm/m ²
Charakteristische Länge Wohnbereich	1,03	m	Globalstrahlung		1188 kWh/m ² a
Ø U-Wert	0,9	W/m ² K	Heizwärmebedarf (HWB_SK)		201,2 kWh/m ² a
Gesamtfensterfläche / Fassadenfläche (WWR)	16,5	%	HWB (Errichtungszeit-bezogen)		218 kWh/m ² a
Außenraumexposition der Gebäudehülle	30	%	HWB (bauteiloptimiert)		142,4 kWh/m ² a
Gesamtfensterfläche / Wohnnutzfläche	8	%	Ø Oberflächenreflexion		15,5 (-)
Ø Fenstergröße	0,88	m ²	Tageslichtquotient (TQ) Stube		1,05 %
Stubenfensterfläche / Stubennutzfläche	18,1	%	Ø Beleuchtungsstärke Stube*		139 lx

* Mittelwert der eruierten, mittäglichen Beleuchtungsstärken am 21.3., 21.6. und 21.12.

Besondere Merkmale

Das Naglerhaus ist das ehemals am weitesten im Westen gelegene Gehöft und durch seine auf das Jahr 1819 datierte Errichtungszeit das zweitjüngste Untersuchungsobjekt. Sein ursprünglicher Standort weist die vergleichsweise höchsten Jahresniederschläge auf. Der standortbezogene Heizwärmebedarf des Wohnbereiches ist der geringste, und kann durch die Optimierung der Wärmetransmissionseigenschaften der Trennbaulemente zwischen Wohn- und Wirtschaftsbereich um 29 % und damit im Vergleich zu anderen Untersuchungsobjekten am weitesten herabgesenkt werden. (Eine ebenso große HWB-Reduktion ist auch für den Hanslerhof aus Alpbach nachweisbar.) Die Gebäudehülle des Naglerhauses weist den zweitniedrigsten mittleren U-Wert und den größten Fensterflächenanteil der außenraumexponierten Fassaden auf. In der mit 1,9 m lichter Raumhöhe niedrigsten Stube werden der höchste Lichteintrag und der höchste nutzflächenbezogene Fensterflächenanteil erzielt.

Abbildung 261: Datenblatt Naglerhaus

Einhof Hansler, Alpbach in Tirol



Abbildung 262: Der Hanslerhof auf dem Gelände des Österreichischen Freilichtmuseums

Abbildung 263: Der Hanslerhof an seinem Errichtungsort in Alpbach im Jahr 1966 (Pöttler, 1992a, S. 29)

Der Hanslerhof wird der Gehöftform der Unterinntaler Einhöfe zugeordnet, deren Kern-Verbreitungsgebiet im Bereich von Jenbach den Inn abwärts angesiedelt ist und sich über die Bezirke Schwaz, Kufstein und Kitzbühel erstreckt. Ähnliche Hausformen sind auch im Salzach- und Oberen Ennstal bis in den Raum Schladming zu finden. (vgl. MILAN & SCHICKHOFER, 1992, S. 23) Der einstige Errichtungsort des Gebäudes liegt im Weiler Dorf etwa 800 Meter östlich des Ortszentrums von Alpbach entfernt auf circa 1000 m Seehöhe am Fuße der 1898 Meter hohe Gratlspitze. Das Standortgelände ist steil nach Südwest abfallend (Geographische Standortdaten: 47° 23' 56" N, 11° 57' 14" O). Die regional bestimmende Gehöftform ist das Ostalpine Haupthaus mit Längs- oder Quertenne in Einöd-Blockflurlage umgeben von Waldland, bei dem die Fichte den Großteil des lokal verfügbaren Bauholzes bildet. Hochgelegene Hofstellen sind in Lagen bis zu 1250 Meter Seehöhe zu finden. (vgl. PÖTTLER, 1992a, S. 5ff) Die Gebäude sind fast immer parallel zur Hanglage positioniert, wobei die stärker besonnten süd- und westorientierten Hänge die bevorzugte Talseite darstellen. Aufgrund des regionaltypischen Grasbewuchses auf Sedimentgestein wird das Gebiet in der Region des nordwestlichen Teils der Kitzbüheler Alpen neben anderen Gebirgsgruppen der Ostalpen, wie den Allgäuer Alpen und Dientener Bergen, auch als Grasberge bezeichnet.²² Die Entstehung der vorwiegend als Dauergrünland und zur Viehwirtschaft genutzten Kulturlandschaft, angesiedelt in 600 m bis 900 m hoch gelegenen Regionen, erfolgte wahrscheinlich im Zuge der Kulturlandschaftsentwicklung des Hochmittelalters oder der frühen Neuzeit. (vgl. WRBKA u. a., 2005, S. 29)

Die Geschichte des Hanslerhofes reicht bis in das 13. Jahrhundert zurück. Aufzeichnungen über Kaufvorgänge lassen den Schluss zu, dass die Erbauung des Gehöftes in seiner zu besichtigenden Form vor 1661 erfolgte. (vgl. PÖTTLER, 1992a, S. 5) Die älteste belegbare Hofbezeichnung als Hauslergut stammt aus dem Jahre 1666. (vgl. HÖLZL, 1992, S. 41, 52) Dendrochronologische Untersuchungen datieren das Alter wesentlicher Bauelemente auf das ausgehende 15. Jahrhundert konkret in das Jahr 1482. Einige Komponenten, vor allem ein wahrscheinlich wiederverwendeter Getreidespeicher aus dem Wirtschaftstrakt, sind noch älter, und stammen aus dem Jahr 1436. (vgl. GRABNER, 2014, S. 11) Im Zuge eines Arrondierungsvertrags von 1966 wurde der alte Hanslerhof abgesiedelt. (Der Neubau eines im Regionalstil errichteten und gleichnamigen Gebäudes wurde circa 200 Meter abseits der alten Hofstelle ausgeführt.) Die Übertragung ins Österreichische Freilichtmuseum erfolgte im Jahr 1967, der Wiederaufbau datiert aus dem Jahr 1968. (vgl. PÖTTLER, 1992a, S. 5) Die Ausrichtung des

²² <https://de.wikipedia.org/wiki/Grasberge>

Museumsobjektes und seine Integration in das umgebende Gelände entsprechen in etwa den Gegebenheiten am ehemaligen Standort in Alpbach. Wesentliche Gebäudecharakteristika wie die Besonderheit der Eingangssituation (siehe Raumorganisation) und die rückwärtige, vom umgebenden Hang aus erreichbare Tenneneinfahrt im Obergeschoß sind dadurch deutlich nachvollziehbar.

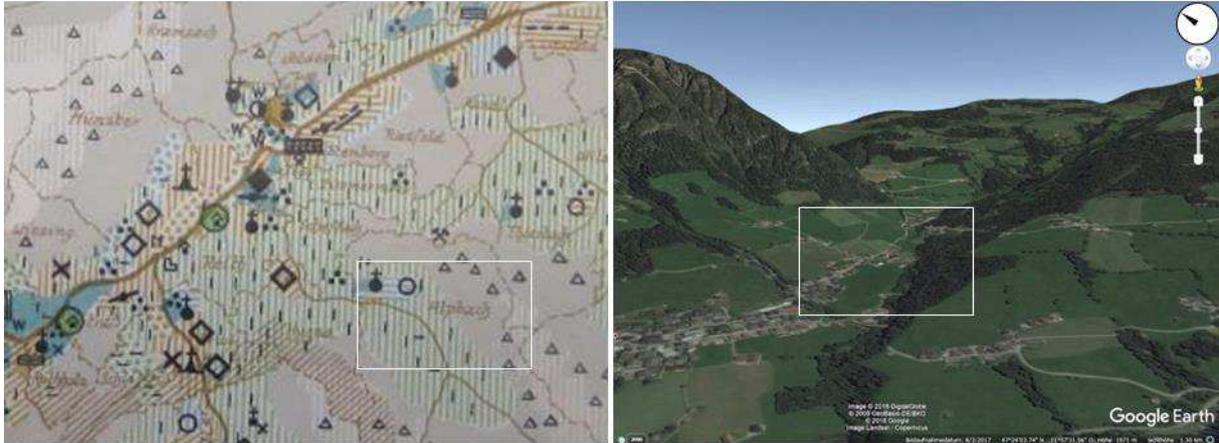


Abbildung 264: Siedlungsformenkarte nach Adalbert Klaar mit Siedlungs-, Flur- und Gehöftformen in der Region Alpbach
Abbildung 265: Geländedarstellung des Originalstandortes aus südwestlicher Richtung (Google Earth, Screenshot 12.12.2017)



Abbildung 266: Abbau des Hanslerhofes, Ansicht des Scheunenbereichs (Pöttler, 1992a, S. 30)

Abbildung 267: Blick auf den ehemaligen Errichtungsort (2016)

Abbildung 268: Draufsicht auf das Ausstellungsgebäude auf dem Museumsgelände (Google Earth, Screenshot 14.9.2018)

Aktuelle und historische Klimasituation

Die Region Alpbach liegt im Übergangsbereich zwischen dem trockenen, inneralpinen Talklima des zentralen und oberen Inntals und den niederschlagsreicheren Gebirgszügen des nördlichen Alpenrandes. (vgl. AUER u. a., 2001, Kap. Stationen) Die durchschnittliche Jahrestemperatur, gemessen an der dem Gebäudestandort nächstgelegenen ZAMG-Klimastation Kitzbühel auf 763 m Seehöhe und in 32 km Entfernung, liegt bei 6,47 °C. Der Maximalwert der monatlichen Tagesdurchschnittstemperaturen erreicht im Juli 16,4 °C, der Jänner ist mit einem Tagesmittelwert von -4,1 °C der kälteste Monat. Die Anzahl der jährlichen Heizgradtage liegt bei 4087. Die Gesamtniederschlagsmenge erreicht einen Wert von 1235 mm/m²a, wobei die meisten Niederschläge mit 172 mm/m² im Juli, die geringsten mit 66,7 mm/m² im Februar auftreten. Die jährliche Gesamtstrahlungssumme beträgt 1221,44 kWh/m², der Direktstrahlungsanteil liegt dabei bei 46,04 %. Die durchschnittliche jährliche Windgeschwindigkeit beträgt 1,5 m/s, Hauptwindrichtungen sind Nordwest (Windrichtungsanteil 29,1 %) sowie Südwest (Windrichtungsanteil etwa 22 %). Der Kalmenanteil liegt bei 16,9 %. Die Entstehungszeit des Ausstellungsgebäudes wird der Mitte des 17. Jahrhunderts bzw. dem Jahr 1660 zugeordnet. In diesem Zeitraum lagen die negativen

Temperaturabweichungen gegenüber dem Referenzzeitraum 1971 – 2000 bei etwa 0,56 °C. In den Wintermonaten betragen die Abweichungen 1,1 °C, im Sommer 0,2 °C. (vgl. MAUELSHAGEN, 2010, S. 67) Die standortbezogene Anzahl der Heizgradtage im 17. Jahrhundert wird mit 4385 angenommen, und ist damit gegenüber dem Wert von 4087 Heizgradtagen in der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 um rund 7 % erhöht. Pfister benennt Trockenheit und Niederschlagsarmut im Winter, Frühjahr und Herbst als wesentliches klimatisches Kennzeichen der Jahre 1631 – 1683. (vgl. PFISTER u. a., 1999, S. 75f) Der Winter im angenommenen Errichtungsjahr 1660 fiel streng aus, und brachte ein partielles Zufrieren des Bodensees mit sich. (vgl. GLASER, 2001, S. 158)

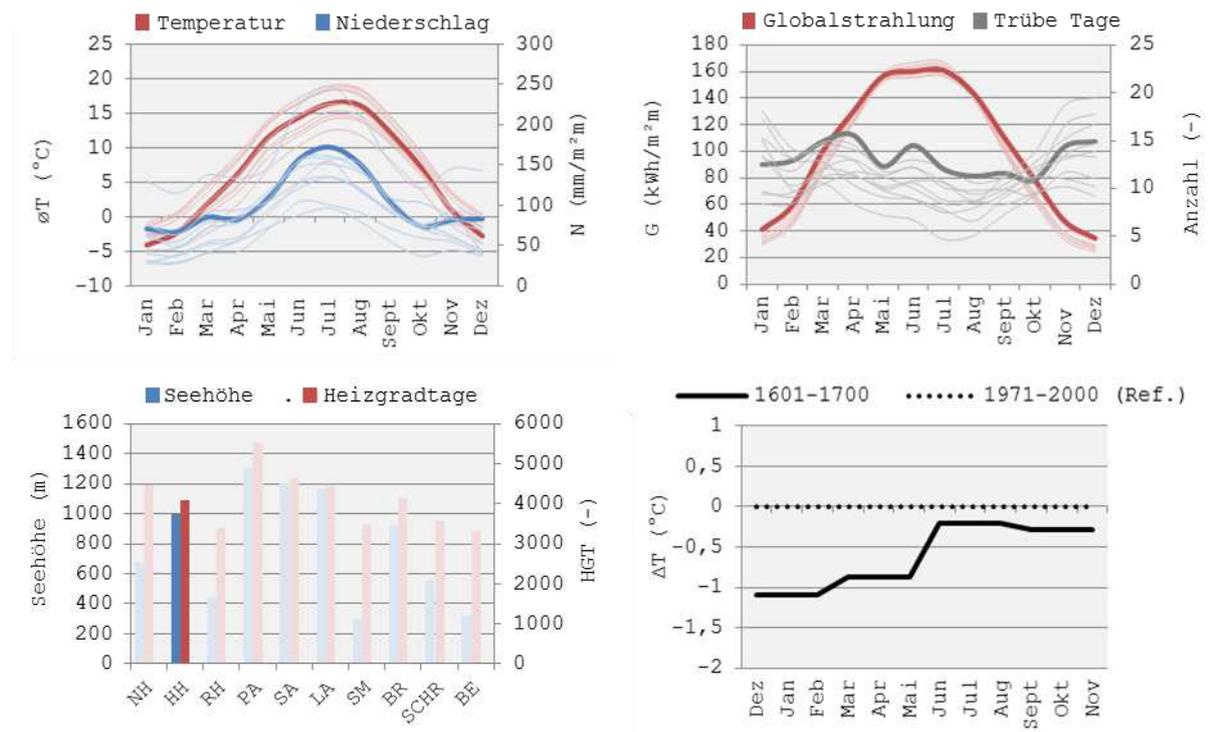


Abbildung 269: Klimadiagramme; Monatsmittelwerte von Lufttemperatur und Niederschlag (oben links), durchschnittliche monatliche Globalstrahlung und Anzahl an Tagen mit einem Bewölkungsmittel >80 % (oben rechts), Seehöhe und jährliche Heizgradtage (unten links), Abweichungen der Temperatur-Jahreszeitenmittel der Periode 1601 – 1700 vom Mittelwert der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 (unten rechts)

Raumorganisation

Der Hanslerhof ist ein zweigeschoßiger Einhof, bei dem Wohnhaus und Wirtschaftsteil in Firstrichtung hintereinandergereiht und unter einem mit Legschindeln gedeckten Satteldach zusammengeführt sind. Die Firstlinie war am ursprünglichen Standort nordsüd- bzw. parallel zur Falllinie des Hanges, auf dem der Einhof ehemals errichtet war, orientiert. Das über einer Grundfläche von 243,81 m² erbaute Gebäude weist eine Gesamtkubatur von 1642 m³ auf. Der 589 m³ große, talseitige Wohntrakt mit einer Wohnnutzfläche von circa 226 m² ist auf einem Natursteinsockel errichtet. Der berg- bzw. nordseitige Stallbereich ist in das umgebende Gelände eingeschoben, sodass die darüber erbaute Scheune vom Hang aus erreicht werden kann. Die Grundrisse von Unterinntaler Einhöfen sind in der Regel nach dem Prinzip des Mittelflurhauses erstellt, bei dem die Hauseingänge giebelseitig angeordnet sind. Der Hanslerhof ist hingegen ein sogenanntes Berghaus. Da geländebedingt eine giebelseitige Aufschließung nicht möglich ist, ist der Eingang an die Traufseite verlagert. (vgl. PÖTLER, 1992a, S. 7f)

Man betritt das Wohnhaus an der westseitigen Trauffassade und gelangt in einen etwa 3,5 m breiten, durchgängigen Hausgang. Rechts befindet sich die nach Süden orientierte, 22,5 m² große Stube, mittig an der Giebelfront im Erdgeschoß liegt die 21 m² große Küche mit der zentralen Feuerstelle, daran angrenzend, in der südostorientierten Gebäudeecke, befindet sich eine Schlafkammer. An der den Wohnräumen gegenüberliegenden Seite des Mittelflurs befinden sich die innenliegenden Zugänge in den Stallbereich, ein Vorrats- bzw. Abstellraum und eine Werkzeugkammer, die auch als *Machkammer* bezeichnet wird. (vgl. PÖTTLER, 1992a, S. 7f) Die äußeren Zugänge in den Stallbereich, über die das Vieh ins Freie gelangen konnte, sind traufseitig angeordnet. Über eine einläufige Treppe gelangt man in den oberen, von Traufe zu Traufe durchgängigen Hausgang (*Söller*), der üblicherweise als offener Dach- bzw. Trockenraum diente. (DWORKY, 2017) Die Raumaufteilung im Obergeschoß mit drei giebelseitigen, zwischen etwa 17 m² und 22 m² großen Kammern und einem zusätzlichen, oberhalb der *Machkammer* gelegenen Raum entspricht in etwa der des Erdgeschoßes. Die Raumhöhen im Wohnbereich betragen zwischen 2,1 m und 2,15 m. (vgl. PÖTTLER, 1992a, S. 16) Über eine oberhalb des Stalls angeordnete Innentreppe im Tennenbereich erreicht man den Dachboden. Dieser unterhalb der flach geneigten Dachkonstruktion gelegene und deshalb als Unterdach bezeichnete Raum wurde meist als Abstellraum verwendet, und konnte bei Bedarf als Schlafräum eingerichtet werden. An den ehemals ost-, süd- und westorientierten Fassaden sind unterhalb der auskragenden Dachvorsprünge Laubengänge angeordnet, die je nach Lage in den jeweiligen Geschoßen als *Unterlab*, *Oberlab* und *Hochlab* bezeichnet werden. (vgl. PÖTTLER, 1992a, S. 7f) Der Laubengang im Erdgeschoß ist rechts vom Eingang angeordnet und als Sitzplatz im Freien konzipiert. Er ist um die Gebäudeecke geführt, und erstreckt sich teilweise entlang der einst südseitigen Giebelfassade. Unterhalb davon ist ein gezimmerter Schweinestall untergebracht. Eine weitere Sitzgelegenheit befindet sich links vom Eingang. Über die traufseitigen Ausgänge des *Söllers* wird die Oberlaube erschlossen, die auch über Ausgänge aus den giebelseitigen Kammern erreicht werden kann. In Laubensäulen sind in einer Höhe von 1,75 m Stangen eingeschoben, die zum Trocknen bzw. Aufhängen und Lüften von Kleidung verwendet wurden. (Deshalb werden Laubengänge in verschiedenen Landschaften wie etwa im steirischen Enns- oder Murtal auch als *Gwandgang* bezeichnet.) Im Bereich des Wirtschaftstraktes sind die Laubengänge teilweise mit einer Bretterschalung dem sogenannten *Mantel* verschalt, in dem ostseitig ein Abort untergebracht ist. Ein giebelseitiger Laubengang im Dachraum ist auf Unterzügen aufgelagert und seitlich durch vorkragende Holzelemente abgegrenzt. Seine Front ist durch eine senkrechte Bretterschalung mit integrierter Öffnung abgeschlossen. (vgl. PÖTTLER, 1992a, S. 17f)

Der über eine Innentüre im Hausgang erreichbare Wirtschaftsteil des Hanslerhofes beherbergt den Stall, die darüber liegende Scheune sowie die vom Hang aus befahrbare Tenne. Im Stall befinden sich die Standplätze für Kühe, Pferde und Schafe, die in gesonderten Abteilungen untergebracht waren. Die Unterbringung der Hühner erfolgte an der Südostseite des Stalls in der Nähe des Wohnbereiches. (vgl. PÖTTLER, 1992a, S. 20) Federvieh hatte über eine eigene Öffnung an der Giebelseite des Gebäudes auch Zugang in eine Voliere im Küchenbereich.

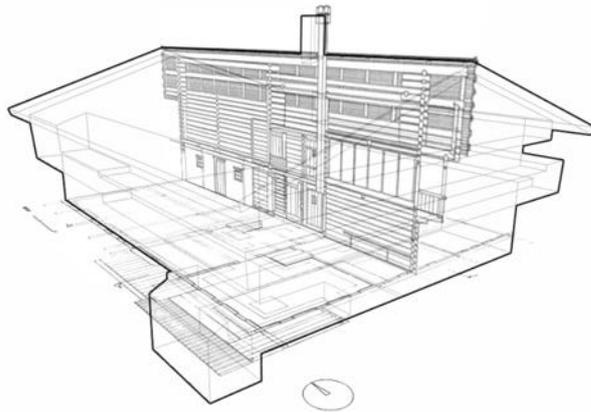


Abbildung 270: Baukörpergeometrie



Abbildung 271: Grundrissdarstellung von Erd- und Obergeschoß des Wohnbereiches

Bauweise

Ein Natursteinsockel bildet den Unterbau für den in Holzbauweise errichteten Wohntrakt des Hanslerhofes. Die Fußbodenaufbauten im Erdgeschoß sind aus Brettern ausgeführt, die auf in einem Schuttbett verlegten Polsterhölzern aufgelagert sind. Die Deckenkonstruktionen zwischen den Geschoßen sind aus Tramen mit darüber verlegtem Holzbohlenbelag erstellt. Der Wohnbereich ist größtenteils in fugendichter, überkämmt und verzinkter Blockbauweise ausgeführt, die Außenwandstärke beträgt 15 cm bis 17 cm. Die Wand- und die Deckenkonstruktionen der rauchfreien Stube und der darüber liegenden Schlafkammer sind mit Holzvertäfelungen verkleidet. Die ebenerdigen Stallräume sind in verputzter Steinbauweise mit Wandstärken von circa 50 cm ausgeführt, der darüber liegende Scheunenbereich ist als Rundholzblockbau mit Zwischenräumen zur Belüftung der Bergeräume erstellt. Diese Konstruktionsweise wird als luftige Zimmerung bezeichnet und bietet Schutz vor Selbstentzündung der eingelagerten Heuvorräte. Das Dach des Hanslerhofes ist ein ca. 18 Grad geneigtes Pfettendach mit einer Firstpfette von 22 m Länge sowie zwei Mittel- und zwei Fußpfetten. Da die gezimmerte Trennwand zwischen Wohnhaus und Scheune bis zum First als Blockbaugiebel ausgebildet ist, liegen die Pfetten auf insgesamt drei Auflagern auf. Die Schräghölzer der Dachkonstruktion sind traufseitig circa 1,8 m über die Fußpfetten herabgezogen, und bilden ein breites seitliches Vordach und Witterungsschutz für die darunterliegenden Laubengänge sowie Lagerungsmöglichkeiten für Geräte und Brennholz. An den Giebelseiten kragen die Pfetten weit über den Wohn- bzw. Scheunenbereich vor, wodurch Trockenzonen und ein wirksamer Schutz gegen Schlagregen entstehen. Die Dachdeckung erfolgt mit Legschindeln, deren Abmessungen etwa 80 cm x 25 cm x 2 cm betragen und die großteils aus Lärchenholz hergestellt sind. Zur Stabilisierung werden die Legschindeln mit Schwerstangen und Steinen niedergehalten. Schwerstangen und Dachkonstruktionselemente sind durch sogenannte *Windladen* miteinander verbunden, was zur Verfestigung des Daches beiträgt. (vgl. PÖTTLER, 1992a, S. 18f)

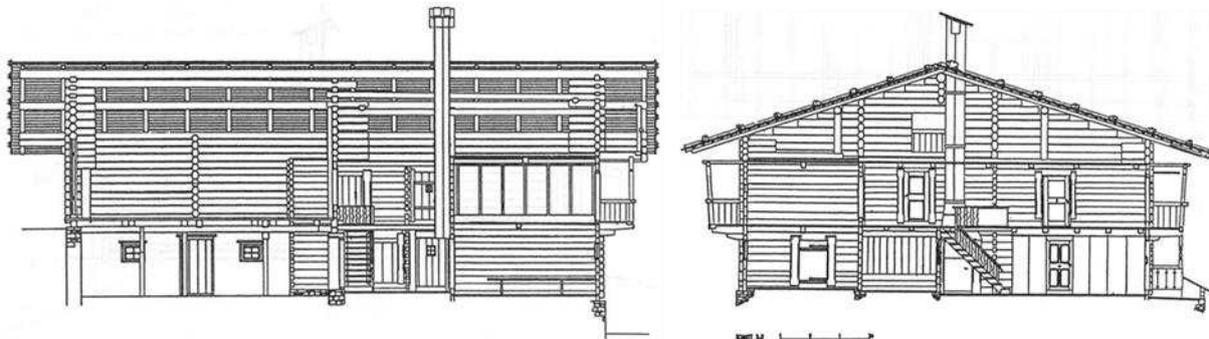


Abbildung 272: Längsschnitt durch den Wirtschafts- und Wohntrakt im Bereich der Rauchküche (Pöttler, 1992a, S. 36)
Abbildung 273: Querschnitt im Bereich des Hausflurs (Pöttler, 1992a, S. 37)



Abbildung 274: Wiedererrichtung des Hanslerhofes auf dem Museumsgelände (Archiv ÖFLM Stübing, 1968)
Abbildung 275: Seitenansicht des gezimmerten Wohntraktes und des gemauerten Stallbereiches
Abbildung 276: Detailansicht von Schwerstangen, Dachrand und –traufe

Solare Baukörperexposition

Die unter Berücksichtigung der umgebenden Topographie durchgeführten Sonnenverlaufsstudien ergeben eine effektiv mögliche Besonnung des ursprünglichen Gebäudestandortes zur Wintersonnenwende (21.12.) etwa zwischen 10:00 Uhr morgens und 15:00 Uhr nachmittags. In den Wintermonaten drang solare Strahlung aufgrund der geringen Sonnenhöhe bis auf die Fassadenebenen des Wohnbereiches vor, ohne von auskragenden Bauelementen blockiert zu werden. Im Fall der ostseitigen Blockbaufenster begünstigten die außenseitigen Abschrägungen der Fensterleibungen den Lichteintrag auf die Fensterebene vor allem bei schiefem Strahlungswinkel. Im Sommer wurden die Südfassade sowie die Unterlaube bei hochstehender Mittagssonne durch die Auskragungen der Ober- und Hochlaube verschattet. Ebenso beschatteten traufseitige Dachvorsprünge und Laubengänge die Ost- bzw. Westfassade, die am frühen Vormittag bzw. späten Nachmittag bei flacherem solaren Einstrahlungswinkel besonnt wurden. Die Nordfassade und damit der Einfahrtsbereich in die bergseitige Scheune waren am Originalstandort fast ganzjährig beschattet.

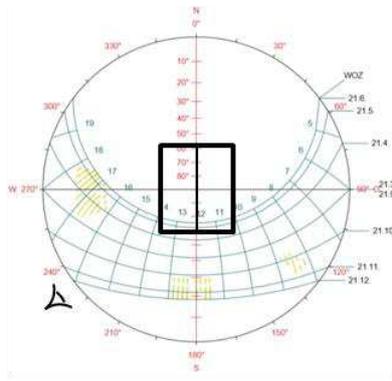


Abbildung 277: Sonnenbahndiagramm und Gebäudeorientierung (oben), Baukörper-Direktlichtstudien bei unterschiedlichen Sonnenpositionen

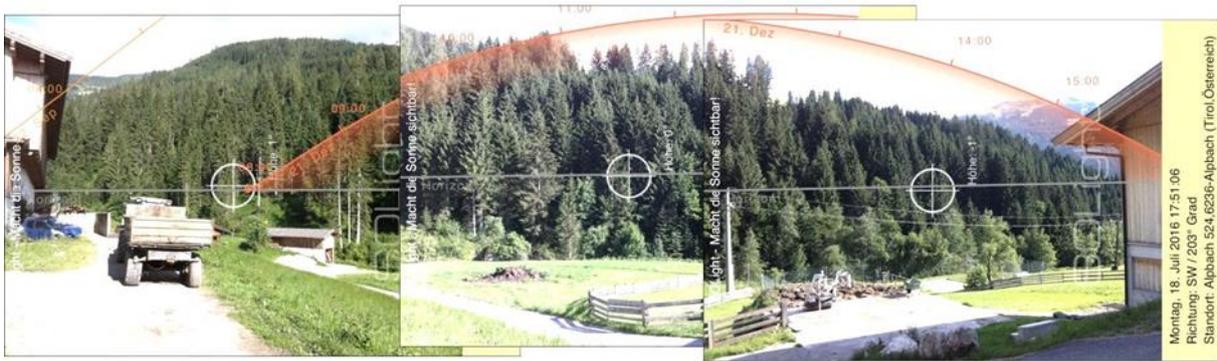


Abbildung 278: Sonnenverlauf am 21.12. am Originalstandort

Fassadenöffnungen und natürliche Raumbelichtung

Licht- und Strahlungseintrag in den Wohnbereich erfolgt durch insgesamt 26 näherungsweise quadratische Fensteröffnungen im Größenordnungsbereich von 0,07 m² bis 0,34 m². Die durchschnittliche Fenstergröße beträgt 0,23 m². Die Gesamtsumme aller Fensterflächen liegt bei 5,9 m², dies entspricht einem Anteil von 3,9 % der Außenfassadenflächen des Wohntraktes. Rund 52 % der Gesamtfensterflächen waren am ehemaligen Standort nach Süden ausgerichtet, 32 % nach Westen, 16 % waren nach Osten orientiert. Bezogen auf eine Wohnnutzfläche von 226 m² beträgt der Fensterflächenanteil etwa 2,6 Prozent. Durchschnittlich sind jedem der elf dem Wohnbereich zugehörigen Räume 2,4 Fenster zugeordnet.

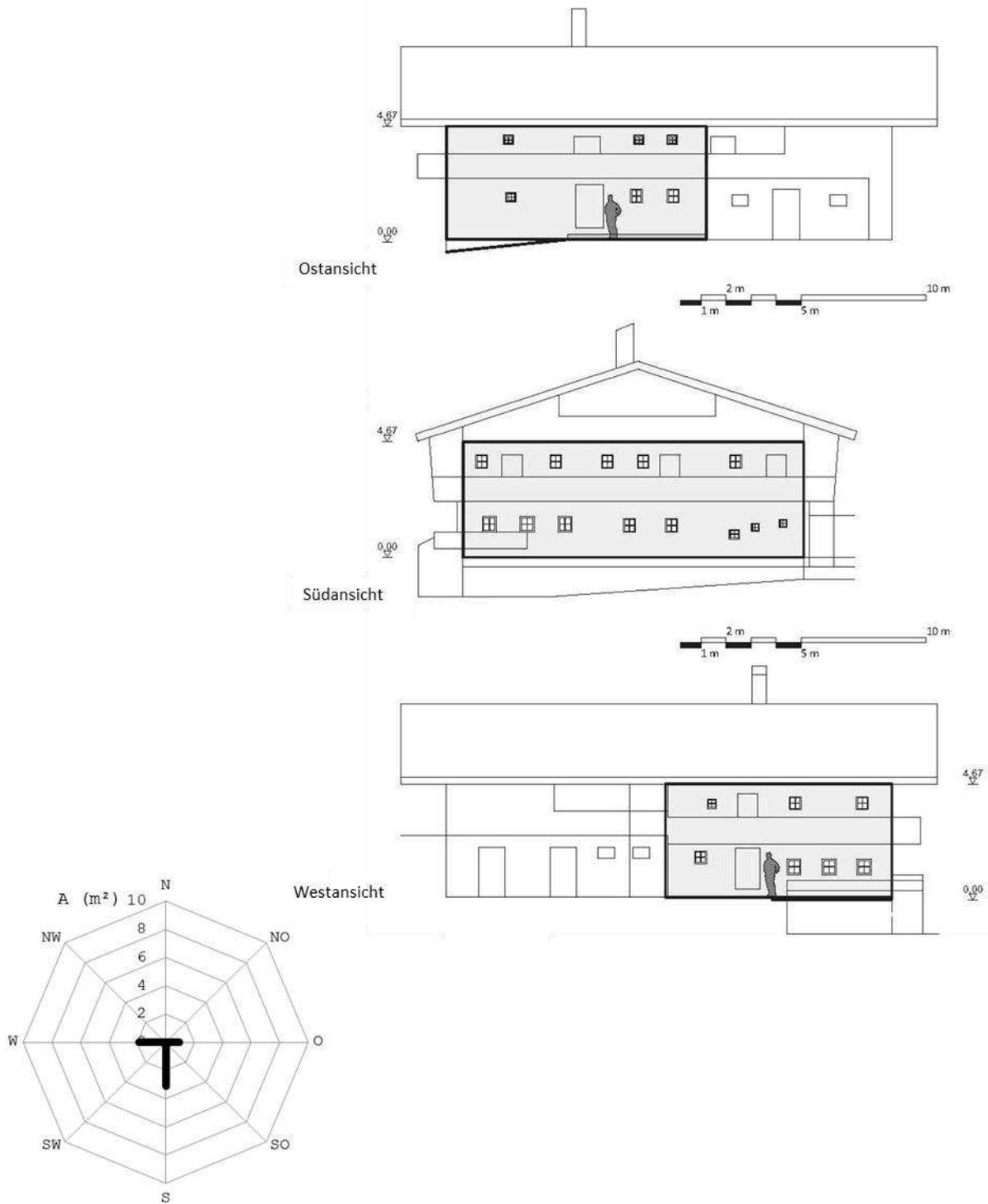


Abbildung 279: Außenansichten der Wohnbereichskubatur

Abbildung 280: Diagramm zur Darstellung der unterschiedlichen Fensterflächen-Orientierungen

Die 4,6 m x 4,9 m große, ebenerdige Wohnstube liegt in der südwestlichen Gebäudeecke des Hanslerhofes und weist eine lichte Raumhöhe von 2,13 m auf. Ihre Position innerhalb des Baukörpers, und ihre Orientierung entsprechen in etwa der Lage am Originalstandort. Die Stube wird durch insgesamt sechs gleichartige, näherungsweise quadratische Rahmenstockfenster mit einer Größe von 0,34 m² und einem Glasanteil von circa 58 % belichtet. Jeweils drei Fenster sind an der Süd- und

Westfassade angeordnet. Die Gesamtgröße der Stubenfenster beträgt 2,04 m², die Lichteintrittsfläche erreicht 9,1 % der rund 22,5 m² großen Bodenfläche des Wohnraumes.



Abbildung 281: Innenansicht der Rahmenstockfenster im Wohnstubenbereich

Abbildung 282: Außenansicht des Eingangsbereiches und der westorientierten Stubenfenster

Die Parapethöhe der Fenster beträgt 1,04 m, die Fensterstürze liegen jeweils 1,66 m oberhalb des Fußbodens. Die Auskragungen des oberen Laubenganges an der Süd- und Westfassade beeinträchtigen die Sicht auf den freien Himmel, und mindern die natürliche Raumbelichtung gemäß der 30-Grad-Regel vor allem in Bereichen ab einer Raumtiefe von 2,3 m. Stubendecke und -wände sind vollflächig mit Holzvertäfelungen verkleidet, der Boden besteht aus breiten Holzbrettern. Die Berechnung der Lichtreflexionseigenschaften der raumumschließenden Oberflächen ergibt Werte von $\rho_{\text{wand}} = 0,28$, $\rho_{\text{Decke}} = 0,29$, $\rho_{\text{Boden}} = 0,06$. (Eine erwähnenswerte Maßnahme zur Gebäudepflege bzw. Oberflächenbehandlung von Gebäuden ist das sogenannte Hauswaschen. Dabei wurde die Giebelseite des Hauses im Bereich des Erdgeschoßes und der Laubgänge mit Wasser, dem Holzasche zugesetzt wurde, gereinigt und mit klarem Wasser nachgeschwemmt. Die so gewaschenen Giebelflächen unterscheiden sich durch ihre helle und als freundlich empfundene Holzfarbe deutlich von den übrigen sonnengebräunten Teilen des Hauses. [vgl. PÖTTLER, 1992a, S. 7])

Die computerunterstützte Tageslichtsimulation ergibt für den Wohnstubenbereich einen Tageslichtquotient-Mittelwert von 0,56 %. Der Höchstwert von 1,68 % liegt im Bereich der äußeren Raumecke, der geringste Wert beträgt 0,08 %, und bezieht sich auf den fensterfernen Raumbereich in der Gebäudeecke links vom Stubeneingang. Die Simulationen von Beleuchtungsstärken auf Höhe der Messebene zu unterschiedlichen Jahreszeiten und unter Annahme eines bedeckten Himmels ergeben Mittelwerte von 39 lx (21.12., 12:00), 79 lx (21.3., 12:00) und 108 lx (21.6., 13:00). Die Höchstwerte der vorherrschenden Beleuchtungsstärken liegen bei 116 lx (21.12., 12:00), 238 lx (21.3., 12:00) und 326 lx (21.6., 13:00). Helligkeitssimulationen der Stubeninnenansicht (Blick vom Stubeneingang in Richtung Herrgottswinkel, Distanz circa 5,4 m) ergeben Leuchtdichten von bis zu 20 cd/m² im Wandbereich zwischen den Fenstern. Mit Werten weniger als 10 cd/m² erscheinen die Raumbooberflächen im Eckbereich am dunkelsten.

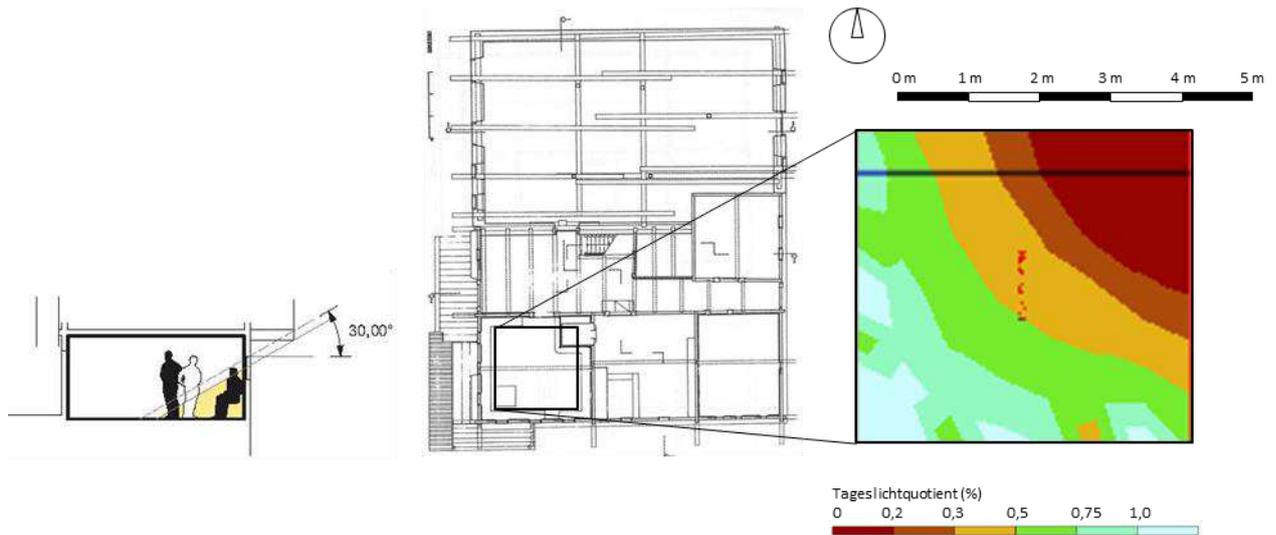


Abbildung 283: Gemäß 30-Grad-Regel lichtbegünstigter Raumbereich

Abbildung 284: Gebäudegrundriss (Pöttler, 1992a, S. 33) mit Falschfarbendarstellung der Tageslichtquotient-Verteilung auf horizontaler Messebene im Stubenbereich

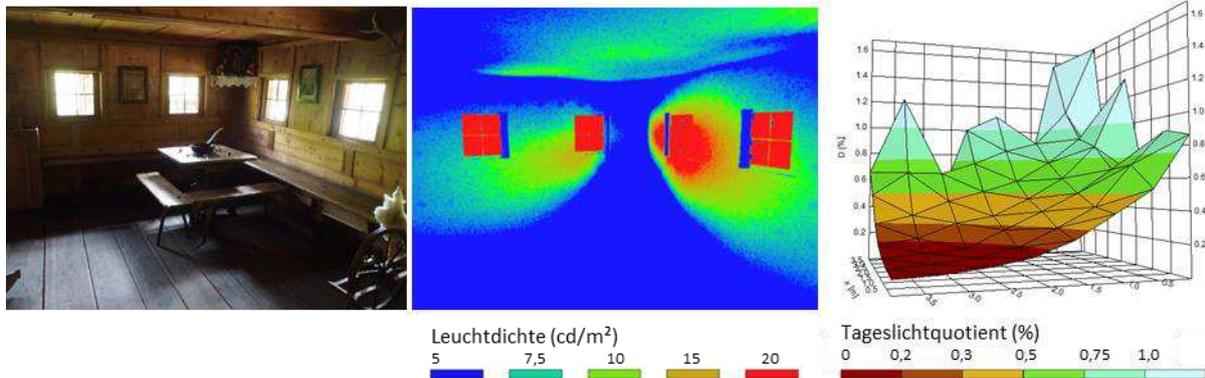


Abbildung 285: Stubenansicht

Abbildung 286: Falschfarbendarstellung der Helligkeitsverteilungen auf den inneren Raumboflächen

Abbildung 287: 3D-Gebirgsdarstellung der Tageslichtquotient-Niveaus

Thermische Konditionierung

Die zentrale Feuerstelle des Hanslerhofes ist ein gemauerter offener Herd in der Rauch- bzw. Schwarzen Küche. Zwar wurde die Original-Feuerstelle im Jahr 1946 durch einen Sparherd ersetzt, für das im Freilichtmuseum wiederaufgebaute Ausstellungsgebäude wurde ein funktionstüchtiger, offener Herd aus einem anderen Gebäude wiederverwertet und im Eckbereich zwischen Außen- und Stubentrennwand aufgebaut. (vgl. PÖTTLER, 1992a, S. 8) Als Funkenhut dienen einige von der Küchendecke über der Feuerstätte abgehängte Holzbretter. Die Verbindungstüre zwischen Küche und Hausgang ist zweigeteilt, sodass die obere Hälfte des Türblattes bei großer Rauchentwicklung geöffnet werden kann. Dadurch entweicht der Rauch in den im Hausgang oberhalb der Küchentüre positionierten Rauchhut, und wird von dort über einen hölzernen Rauchschlot über Dach ins Freie geleitet. (vgl. PÖTTLER, 1992a, S. 12ff) Der Fußboden der Rauchküche ist gegenüber dem Hauseingangsniveau um 12 cm abgesenkt, wodurch das Volumen für den rauchfreien Raumbereich unterhalb des Rauchhimmels vergrößert ist. (vgl. PÖTTLER, 1992a, S. 12) Von der Küche aus wird ein gemauerter, tonnenförmig gewölbter Stubenofen, der sich in der innenliegenden Raumecke befindet, als Hinterlader befeuert. Sein Rauch wird in den Küchenraum abgegeben.



Abbildung 288: Rauchküche mit beheiztem Küchenherd unter einem sich bildenden Rauchhimmel

Abbildung 289: Eingang in den Rauchküchenraum mit darüber liegendem Rauchhut

Abbildung 290: Gemauerter und gekalkter Stubenofen

Der für Heizwärmebedarfs-Berechnungen als thermisch zu konditionieren angenommene Wohnbereich des Hanslerhofes umfasst ein Volumen von $589,6 \text{ m}^3$ mit einer Gesamtoberfläche von 477 m^2 , die charakteristische Länge l_c der Raumzone beträgt $1,24 \text{ m}$. Die raumumschließenden Wand-, Boden und Deckenbauteile sowie die Fensterkonstruktionen weisen einen mittleren U-Wert von $0,99 \text{ W/m}^2\text{K}$ auf. (Der Massivholzkonstruktion können vor allem im Bereich fensterloser Wandbildner Holzstöße vorgelagert sein, durch die sich die Wärmeübergangswiderstände nach außen erhöhen würden.) Der errechnete und auf das Standortklima bezogene Heizwärmebedarf HWB_{SK} beträgt $239,2 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Der Referenz-Heizwärmebedarf HWB_{RK} liegt bei $170,66 \text{ kWh/m}^2\text{K}$. Der im Renovierungsfall nach aktuell geltender Richtlinie ermittelte Höchstwert von $63,3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ wird 2,7-fach übertroffen. Unter Annahme einer im 17. Jahrhundert gegenüber der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 um rund 6 % erhöhten Anzahl an Heizgradtagen würde sich der Heizwärmebedarf HWB_{SK} des auf das Jahr 1660 datierten Gebäudes um 3 % auf $245 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ erhöhen. Rund 32 % der Oberfläche des als zu konditionieren angenommenen Wohnbereiches sind zum Außenbereich hin exponiert, 68 % grenzen an das Erdreich sowie an als unbeheizt angenommene Raumbereiche wie Dachboden, Scheune und Stall. Verringerte Wärmetransmissionskoeffizienten der vertikalen und horizontalen Trennelemente zwischen Wohn- und Wirtschaftsbereich aufgrund von Stallnutzung und angenommenen Heueinlagerungen bewirken eine Minderung des Heizwärmebedarfs HWB_{SK} im Größenordnungsbereich von 29 % auf $168,9 \text{ kWh/m}^2$.

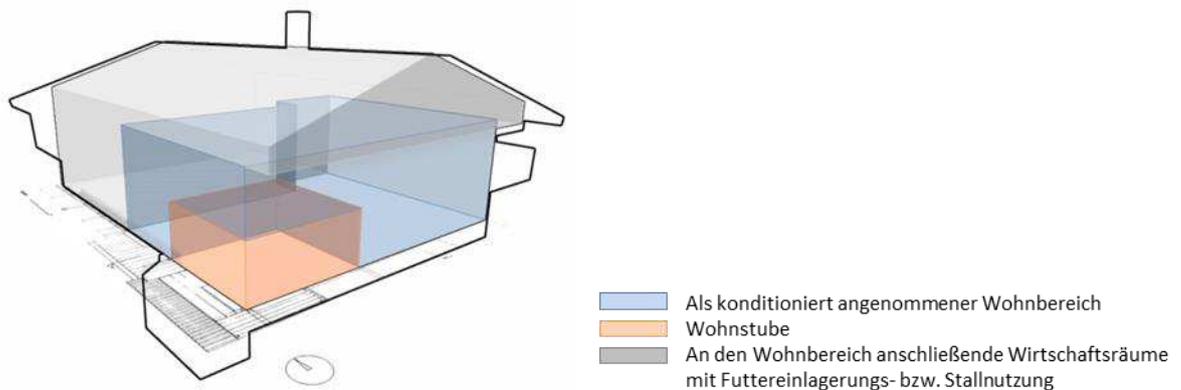
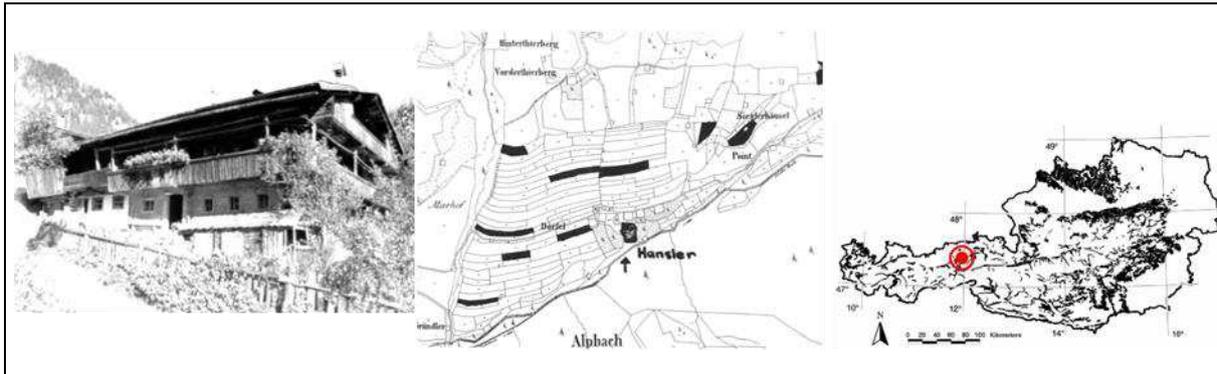


Abbildung 291: Baukörpergeometrie des als zu konditionieren angenommenen Wohnbereichs und seine Lage im Gebäudeverbund

Factsheet Hanslerhof



Der Hanslerhof an seinem Originalstandort (Pöttler, 1992a, S. 29)	Originalstandort in Alpbach, Katastralmappe von 1855, Feldmappe 83101 (Pöttler, 1992a, S. 50)		Lage Alpbach in grünlanddominierter Kulturlandschaft des Berglandes (Wrbka u. a., 2005, S. 29)		
Hoftypus	Einhof		Östliche Länge	11,95°	
Errichtungsjahr datiert auf	1660		Nördliche Breite	47,39°	
Gesamtvolumen	1642	m ³	Seehöhe	1000	m
Kubatur des Wohnbereiches	590	m ³	Heizgradtage (ZAMG-Angabe)	4087	(-)
Wohnnutzfläche	226	m ²	Jahresniederschlag	1235	mm/m ²
Charakteristische Länge Wohnbereich	1,24	m	Globalstrahlung	1221	kWh/m ² a
Ø U-Wert	0,99	W/m ² K	Heizwärmebedarf (HWB_SK)	239,2	kWh/m ² a
Gesamtfensterfläche / Fassadenfläche (WWR)	3,9	%	HWB (Errichtungszeit-bezogen)	245	kWh/m ² a
Außenraumexposition der Gebäudehülle	32	%	HWB (bauteiloptimiert)	168,9	kWh/m ² a
Gesamtfensterfläche / Wohnnutzfläche	2,6	%	Ø Oberflächenreflexion	21,03	(-)
Ø Fenstergröße	0,22	m ²	Tageslichtquotient Stube	0,56	%
Stubenfensterfläche / Stubennutzfläche	9,07	%	Ø Beleuchtungsstärke Stube*	75	lx

* Mittelwert der eruierten, mittäglichen Beleuchtungsstärken am 21.3., 21.6. und 21.12.

Besondere Merkmale

Der ursprüngliche Standort des Hanslerhofes in Alpbach auf einer Seehöhe von 1000 m weist den zweithöchsten Globalstrahlungswert aller Vergleichsstandorte und den zweithöchsten Direktstrahlungsanteil auf. Die Außenraumexposition der Oberfläche des als zu konditionieren angenommenen Wohnbereiches ist im Vergleich zu den anderen Untersuchungsobjekten gering. Die räumliche Konfiguration von Wohn- und Wirtschaftstrakt ermöglicht ein hohes Potenzial zur Senkung des Heizwärmebedarfes durch die Optimierung der Wärmetransmissionseigenschaften von Trennbaulementen. Der nutzflächenbezogene Fensterflächenanteil der Wohnstube erreicht den dritthöchsten Wert aller Betrachtungsobjekte. Das Vorhandensein von Blockbau- und Rahmenstockfenstern deutet darauf hin, dass im Lauf der Hofgeschichte Maßnahmen zur Lichteintragsoptimierung in der Stube vorgenommen wurden. Der natürliche Lichteintrag steht jedoch unter dem Einfluss der auskragenden Laubengänge und Vorsprünge des Satteldaches. Dieses weist den geringsten Neigungswinkel aller verglichenen Dächer auf.

Abbildung 292: Datenblatt Hanslerhof

Rauchhaus, Wals-Siezenheim in Salzburg

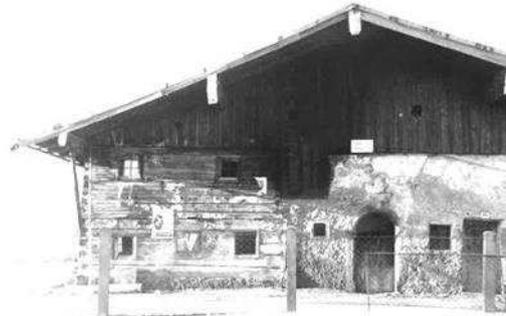


Abbildung 293: Das Rauchhaus auf dem Gelände des Österreichischen Freilichtmuseums

Abbildung 294: Das Rauchhaus an seinem Errichtungsort in Wals-Siezenheim im Jahr 1967 (Archiv ÖFLM Stübing, 1967)

Das Kernverbreitungsgebiet der Flachgauer Einhöfe, denen das Rauchhaus aus Wals-Siezenheim zugeordnet wird, erstreckt sich über den gesamten Flachgau und reicht im Norden etwa bis zum Haunsberg, im Osten bis zu einer gedachten Linie zwischen Frankenmarkt und Attersee, im Süden bis in den Raum Hallein und im Westen bis zur Salzach. (vgl. MILAN & SCHICKHOFER, 1992, S. 26) Das Gehöft vulgo Stidlhansengütl (vgl. PRODINGER, 1952, S. 181) befand sich einst westlich des Siedlungsrandes der Stadt Salzburg unweit des Schlosses Kleßheim auf 440 m Seehöhe (Geographische Standortdaten: 47° 48' 29" N, 12° 59' 04" O). Etwa 600 m östlich des ebenen Standortes verläuft heute die Westautobahn. Im ortsbezogenen Ausschnitt der Klaar'schen Siedlungsformenkarte sind in der Region kleinräumig dicht beieinanderliegende, gewannartige bzw. ungeordnete Streifenfluren und Waldgebiete erkennbar. Haufen- und Straßendörfer bilden die vorherrschende Form der Besiedelung. Die Region ist als grünlanddominierte Kulturlandschaft glazial geformter Becken, Talböden und Hügelländer einzuordnen, in der Feuchtökotopgefüge in Erscheinung treten. (vgl. WRBKA u. a., 2005, S. 31) Eine erste urkundliche Erwähnung des Rauchhauses datiert aus dem Jahr 1631. Da dabei jedoch die Übernahme eines Gutsbestandes dokumentiert ist, ist anzunehmen, dass das Gebäude selbst älter ist. (vgl. PÖTTLER, 1992b, S. 299) Dendrochronologisch untersuchte Bauelemente der Außenwände des Wohntraktes stammen aus dem Jahr 1629 (GRABNER, 2017), weshalb dieses Jahr für klimahistorische Betrachtungen als Grundlage herangezogen wird.

Auf die Bedeutung des Rauchhauses für die Siedlungsforschung wurde bereits in den 1950er Jahren hingewiesen, wobei schon damals seine Erhaltung als Freilichtmuseum bzw. Denkmalhof angestrebt wurde. (vgl. PRODINGER, 1952, S. 184) Die Übertragung des Gehöftes von seinem ursprünglichen Errichtungsort, auf dem sich heute der Neubau eines Mehrfamilienhauses befindet, in das Österreichische Freilichtmuseum erfolgte im Jahr 1967. Zwei Jahre später wurde das Rauchhaus auf dem Museumsgelände wiederaufgebaut. (vgl. PÖTTLER, 1992b, S. 288) Das ebene und ganzjährig sonnenexponierte Gelände des Originalstandortes kann im vergleichsweise engen Museumstal zwar nicht nachempfunden werden, Zugangssituation und Orientierung des Gebäudes entsprechen jedoch näherungsweise den Verhältnissen am ehemaligen Errichtungsort.

Vor seiner Übertragung war das Rauchhaus stark beeinträchtigt und einsturzgefährdet. (vgl. PÖTTLER, 1992b, S. 287) Im nordwestlichen Bereich war zuletzt ein Garagenzubau an das Gebäude angefügt, zudem ist auf Luftbildaufnahmen ein Rauchschlot im nordwestlichen Bereich des Wohntraktes erkennbar, der im Zuge der Wiedererrichtung als Museumsobjekt nicht realisiert wurde.

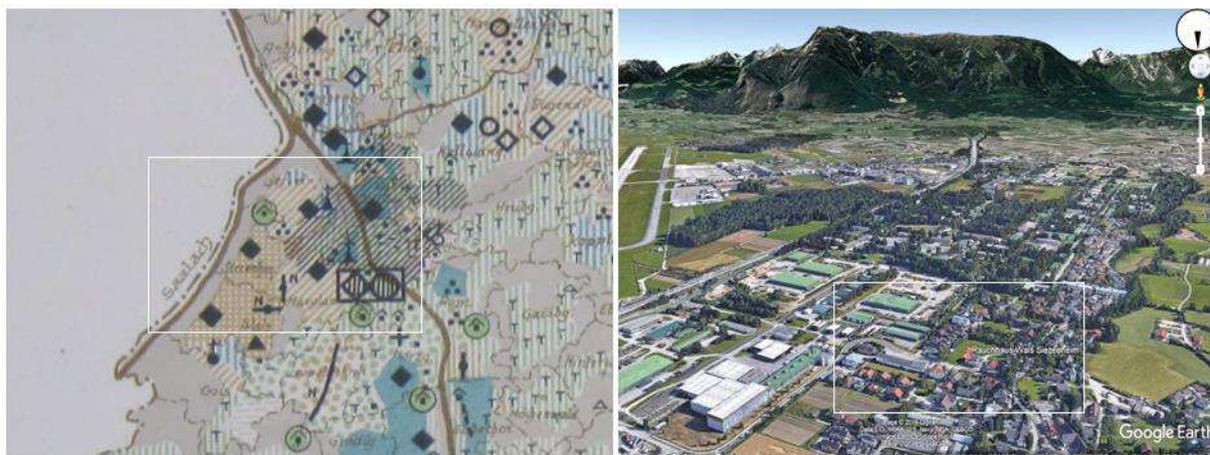


Abbildung 295: Siedlungsformenkarte nach Adalbert Klar mit Siedlungs-, Flur- und Gehöftformen in der Region Wals-Siezenheim

Abbildung 296: Geländedarstellung des Originalstandortes aus nördlicher Richtung (Google Earth, Screenshot 14.6.2017)



Abbildung 297: Draufsicht auf den Gebäudestandort mit noch bestehendem Originalobjekt (Sagis Online, Befliegung 1952 – 54, Screenshot 15.4.2016)

Abbildung 298: Aktuelle Bebauungssituation am ehemaligen Gebäudestandort (2016)

Abbildung 299: Draufsicht auf das Ausstellungsgebäude auf dem Museumsgelände (Google Earth, Screenshot 14.9.2018)

Aktuelle und historische Klimasituation

Das Klima im Raum Salzburg ist typisch für Lagen am Alpennordrand. Die Region ist gegenüber der Hauptwindrichtung West bis Nordwest exponiert, sodass Wetterfronten und Wind ungehindert durchgreifen können. In südexponierten Lagen ist es oftmals föhnig, die auftretenden Niederschläge sind häufig und ergiebig. (vgl. AUER u. a., 2001, Kap. Stationen)

Die durchschnittliche Jahrestemperatur, gemessen an der dem Gebäudestandort nächstgelegenen ZAMG-Klimastation Salzburg Flughafen auf 430 m Seehöhe und in 2 km Entfernung, liegt bei 9,0 °C. Der Maximalwert der monatlichen Tagesdurchschnittstemperaturen erreicht im Juli 18,6 °C, der Jänner ist mit einem Tagesmittelwert von -0,8 °C der kälteste Monat. Die Anzahl der jährlichen Heizgradtage liegt bei 3370. Die Gesamtniederschlagsmenge erreicht einen Wert von 1184,2 mm/m²a, wobei die meisten Niederschläge mit 157,5 mm/m² im Juli, die geringsten mit 54,7 mm/m² im Februar auftreten. Die jährliche Gesamtstrahlungssumme beträgt 1116,42 kWh/m², der Direktstrahlungsanteil liegt dabei bei 42,1 %. Die durchschnittliche jährliche Windgeschwindigkeit beträgt 2,4 m/s, Hauptwindrichtungen sind Nord (Windrichtungsanteil 15,5 %) und Nordwest (Windrichtungsanteil 17,1 %), Süd (Windrichtungsanteil 19,3 %) und Südost (Windrichtungsanteil 18 %). Der Kalmenanteil liegt bei 6,2 %.

Klimahistorischen Analysen zufolge lag das Temperaturniveau im 17. Jahrhundert, die Errichtung des Rauchhauses wird für das Jahr 1629 angenommen, um 0,56 °C unter jenem des Betrachtungszeitraumes

1971 – 2000. Die negativen Abweichungen der mittleren Monatstemperaturen betragen im Winter (Dezember, Jänner, Februar) 1,1 °C, im Sommer (Juni, Juli, August) 0,2 °C. (vgl. MAUELSHAGEN, 2010, S. 67) Die standortbezogene Anzahl der Heizgradtage im 17. Jahrhundert wird mit 3616 angenommen, und ist damit gegenüber dem Wert von 3370 in der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 um circa 7 % erhöht. Pfister erwähnt im Zusammenhang mit der Klimakonstellation der Schweiz in den Jahren 1618 bis 1630 „(...) verspätete Frühjahrsperioden, häufige Kälterückfälle im Sommer und unfreundliche Herbste“. (vgl. PFISTER u. a., 1999, S. 75) Zudem wird festgehalten, dass im Zeitraum um 1629 sowohl Sommer als auch Winter als extrem kalt und nass einzustufen sind. So ist die Vegetationsverspätung des Sommerhalbjahres 1628 mit jenen der Jahre 1675 und 1816 (Anm.: infolge des Ausbruchs des indonesischen Vulkans Tambora im Jahr 1815 als *Jahr ohne Sommer* bezeichnet) vergleichbar. (vgl. PFISTER u. a., 1999, S. 196)

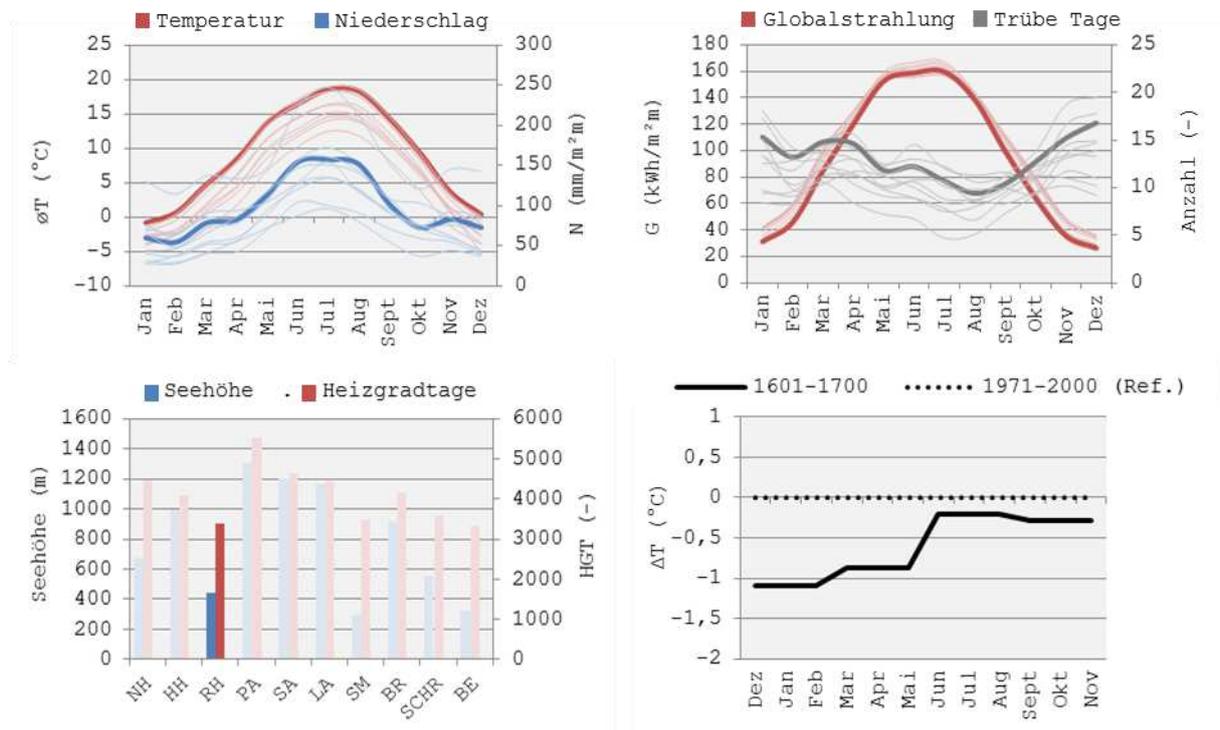


Abbildung 300: Klimadiagramme; Monatsmittelwerte von Lufttemperatur und Niederschlag (oben links), durchschnittliche monatliche Globalstrahlung und Anzahl an Tagen mit einem Bewölkungsmittel >80 % (oben rechts), Seehöhe und jährliche Heizgradtage (unten links), Abweichungen der Temperatur-Jahreszeitenmittel der Periode 1601 – 1700 vom Mittelwert der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 (unten rechts)

Raumorganisation

Das Rauchhaus ist ein zweigeschoßiger Einhof, dessen Baukörper von einem Satteldach überdeckt ist. Die Gesamtkubatur des auf einer bebauten Fläche von insgesamt 216 m² errichteten Gebäudes beträgt 1443 m³. Davon umfasst der Wohnbereich ein Volumen von 258 m³ mit einer Wohnnutzfläche von ca. 91 m². Die Giebel- bzw. Eingangsfassade des auf ebenem Gelände positionierten Baukörpers war am Originalstandort nordorientiert. (Die Firstlinie war gegenüber der Nordsüd-Ausrichtung um etwa 27 Grad im Uhrzeigersinn gedreht.) Der näherungsweise quadratische Grundriss ist durch den Wohnbereich, die quer zur Firstlinie angeordnete und durchfahrbare Tenne sowie die Stall- und Bergeräume dreigeteilt. Ausgehend von einem großzügig überdachten, witterungsgeschützten Vorbereich, die Dachauskragung über die Giebel- bzw. Eingangsfassade beträgt circa 1,9 m, betritt man den Wohnbereich über eine außermittige und mit einem Steinbogen überwölbte Eingangstüre, und erreicht den 12,5 m² großen Hausflur. Dieser auch als *Haus* bezeichnete Raum dient sowohl als Flur als

auch als Herdraum. Links von der Flurküche in der ehemals nordöstlichen Gebäudeecke befindet sich die in Blockbauweise gezimmerte und circa 23 m² große Wohnstube. Rechts erreicht man einen Erschließungsgang, der von außen über eine separate Eingangstüre begehbar ist, sowie eine einst nordwestorientierte, 14,5 m² große Schlafkammer. Über eine einläufige, parallel zur Firstrichtung verlaufende Treppe gelangt man vom Flurküchenbereich in das Obergeschoß. Rechts vom Treppenpodest erreicht man die über der Wohnstube gelegene Schlafkammer, deren Deckenhöhe mit 1,75 m auffallend niedrig ist. Links führt eine Türe auf einen Rauchboden oberhalb der Flurküche und der ehemals nordwestlich ausgerichteten, ebenerdigen Wohnräume. Über einen inhäusigen Ausgang aus der Flurküche gelangt man in den südorientierten Wirtschaftstrakt, und erreicht die von beiden Traufseiten befahrbare Tenne. An diese grenzt der Stall sowie der Scheunen- und Schuppenbereich. Ein südöstlich an das Gebäude angebauter Bretterverschlag diente ehemals als Abort. (vgl. PÖTTLER, 1992b, S. 293ff)

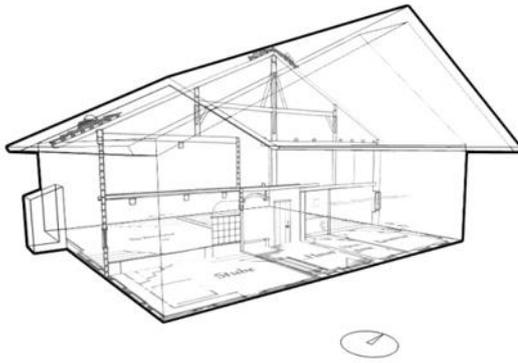


Abbildung 301: Baukörpergeometrie



Abbildung 302: Grundrissdarstellung von Erd- und Obergeschoß des Wohnbereiches

Bauweise

Ein Natursteinsockel bildet den Unterbau für den links vom Eingang gelegenen, in massiver Holzbauweise errichteten Wohnbereich. Die Fußböden der Stube, des zentralen Erschließungsgangs und der ebenerdigen Schlafkammer sind als Bretterboden ausgeführt, der Flurküchenboden besteht aus im Mörtelbett verlegten Ziegeln. Der Deckenaufbau zwischen Wohn- und Dachraum ist als mehrlagiger Bretterboden ausgeführt, oberhalb der Küche sind Fugen zwischen den Holzlagen frei gelassen. Wandbildende Materialien und Konstruktionsweisen des Gebäudes sind je nach Nutzungszone unterschiedlich. Der Wohntrakt ist im Bereich der links vom Hauseingang liegenden Wohnstube und der darüber liegenden Dachkammer in Blockbauweise mit Außenwandstärken von circa 15 cm gezimmert, die Raumzone mit Vorhaus bzw. Herdraum, Hausgang und Schlafkammer ist gemauert, beidseitig verputzt und weiß gekalkt. (vgl. PÖTTLER, 1992b, S. 294) Die Wandstärke beträgt etwa 42 cm. Während die äußeren Wandbauelemente des Stalls und die Rückwand der Scheune im Erdgeschoß mit Bruchsteinen gemauert sind, ist der übrige Wirtschaftsteil als Ständerbau mit senkrechter Bretterschalung gezimmert. Die rückwärtige Giebelwand ist oberhalb der Erdgeschoßzone mit einem Schindelmantel verkleidet.

Das Dach ist ein circa 27 Grad geneigtes Pfettendach mit zwei Mittel- und Fußpfetten, das trauf- und giebelseitig Überstände von etwa 1 m bis 1,9 m aufweist. Die Dachauskragung an der hinteren Giebelwand beträgt circa 20 cm. Die Struktur des Daches ist in Zusammenhang mit der Gesamtkonstruktion des Wirtschaftstraktes zu sehen. First- und Mittelpfetten wurden ursprünglich auf bis zum Boden durchlaufenden Säulen gelagert. Erst im Laufe der späteren Bauentwicklung wurden sie verkürzt und auf von Traufe zu Traufe verlaufenden Innenwänden bzw. Unterzügen aufgesetzt. (Auffallend ist, dass die Haustüre des Rauchhauses seitwärts aus der traufparallelen Errichtungsebene der Firstsäule verschoben ist, da bei mittig gelegenem Portal diese genau auf die Türöffnung zulaufen würde.) Die Dachdeckung besteht aus Legschindeln, die mit auf Dachstangen aufgelegten Steinen niedergehalten werden. (vgl. PÖTTLER, 1992b, S. 299)

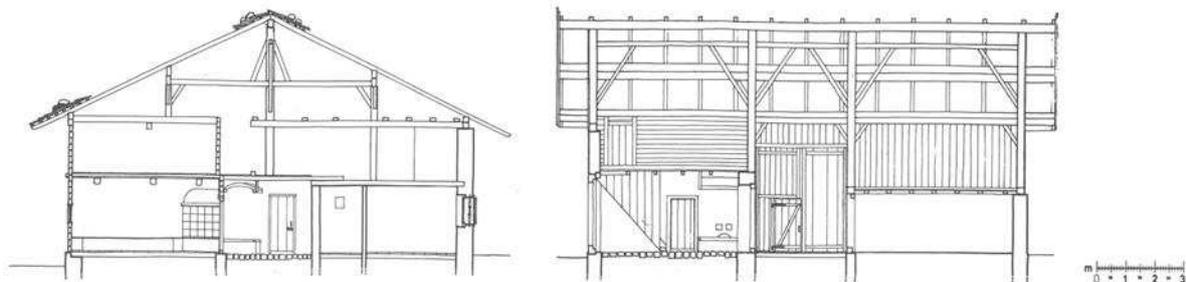


Abbildung 303: Querschnitt durch den Wohntrakt (Pöttler, 1992b, S. 296)

Abbildung 304: Firstparalleler Schnitt durch die Flurküche (Pöttler, 1992b, S. 296)

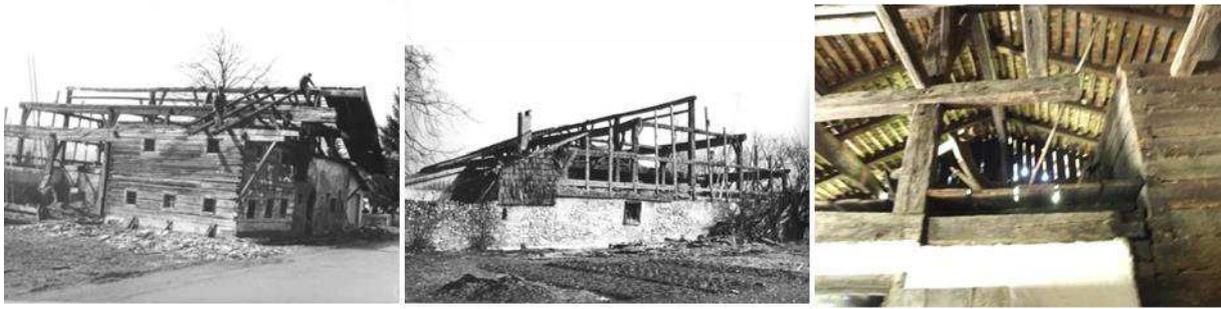


Abbildung 305: Nordostansicht des gezimmerten Wohntraktes während der Abbauarbeiten (Pötter, 1992b, 2. 288)
Abbildung 306: Der Wirtschaftsbereich des Rauchhauses während des Gebäudeabbaus (Archiv ÖFLM Stübing, 1967)
Abbildung 307: Pfettendachstuhlkonstruktion und Wandbauelemente des Wohnbereiches des Museumsobjektes

Solare Baukörperexposition

Aufgrund des ebenen Geländes ist der Originalstandort des Rauchhauses in Wals-Siezenheim ganzjährig sonnenexponiert. Insbesondere der südseitige Scheunen- und Stallbereich des Gebäudes war ganzjährig sonnenzugewandt. In den Wintermonaten war die Südostfassade und damit der Raumbereich von Wohnstube und darüber liegender Schlafkammer vor allem vormittags direkt belichtet. Die Nordwestfassade wurde am späten Nachmittag bei tief stehender Sonne und schleifendem Einfallswinkel besonnt. (Durch die vergleichsweise tiefen Fensterleibungen konnte Direktlicht jedoch nicht bis in den Innenraumbereich vordringen.) Im Sommer wurden die nordostorientierte Giebel- bzw. Eingangsfassade sowie die Südostseite des Gebäudes in den Morgen- bzw. Vormittagsstunden direkt belichtet. Bei hochstehender Sonne verschattete der traufseitige Dachvorsprung die Fassadenflächen im Bereich der Schlafkammer im Obergeschoß. In den Nachmittags- und Abendstunden wurden die Nordwestfassade und damit der Raumbereich der ebenerdigen Schlafkammer direkt besonnt.

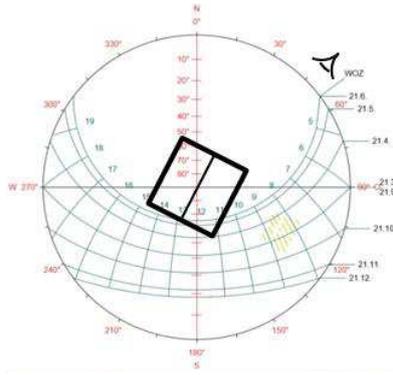


Abbildung 308: Sonnensbahndiagramm und Gebäudeorientierung (oben), Baukörper-Direktlichtstudien bei unterschiedlichen Sonnenpositionen

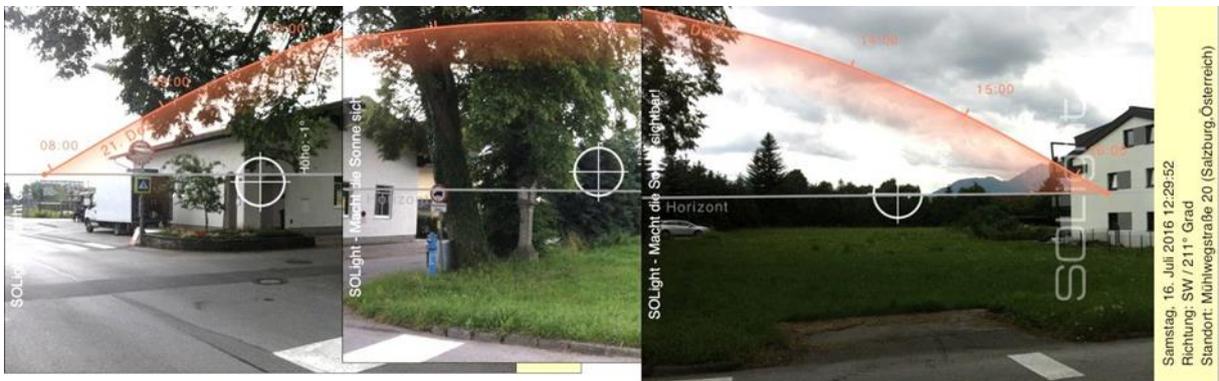


Abbildung 309: Sonnenverlauf am 21.12. am Originalstandort

Fassadenöffnungen und natürliche Raumbelichtung

Die Außenhülle des Wohnbereiches des Rauchhauses weist insgesamt 16 näherungsweise quadratische Fensteröffnungen im Größenordnungsbereich zwischen 0,21 m² und 0,42 m² auf. Die mittlere Fenstergröße liegt bei 0,27 m². Die Gesamtsumme aller Fensterflächen beträgt 4,41 m², dies entspricht einem Anteil von 5,2 % der außenexponierten Fassadenfläche. Etwa 57 % der Gesamtfensterfläche waren am ehemaligen Standort nach Nordosten, 24 % nach Südosten und 19 % nach Nordwesten orientiert. Bezogen auf eine Wohnnutzfläche von 91 m² beträgt der Fensterflächenanteil rund 4,9 %. Durchschnittlich sind jedem der fünf dem Wohnbereich zugehörigen Räume 3,2 Fenster zugeordnet.

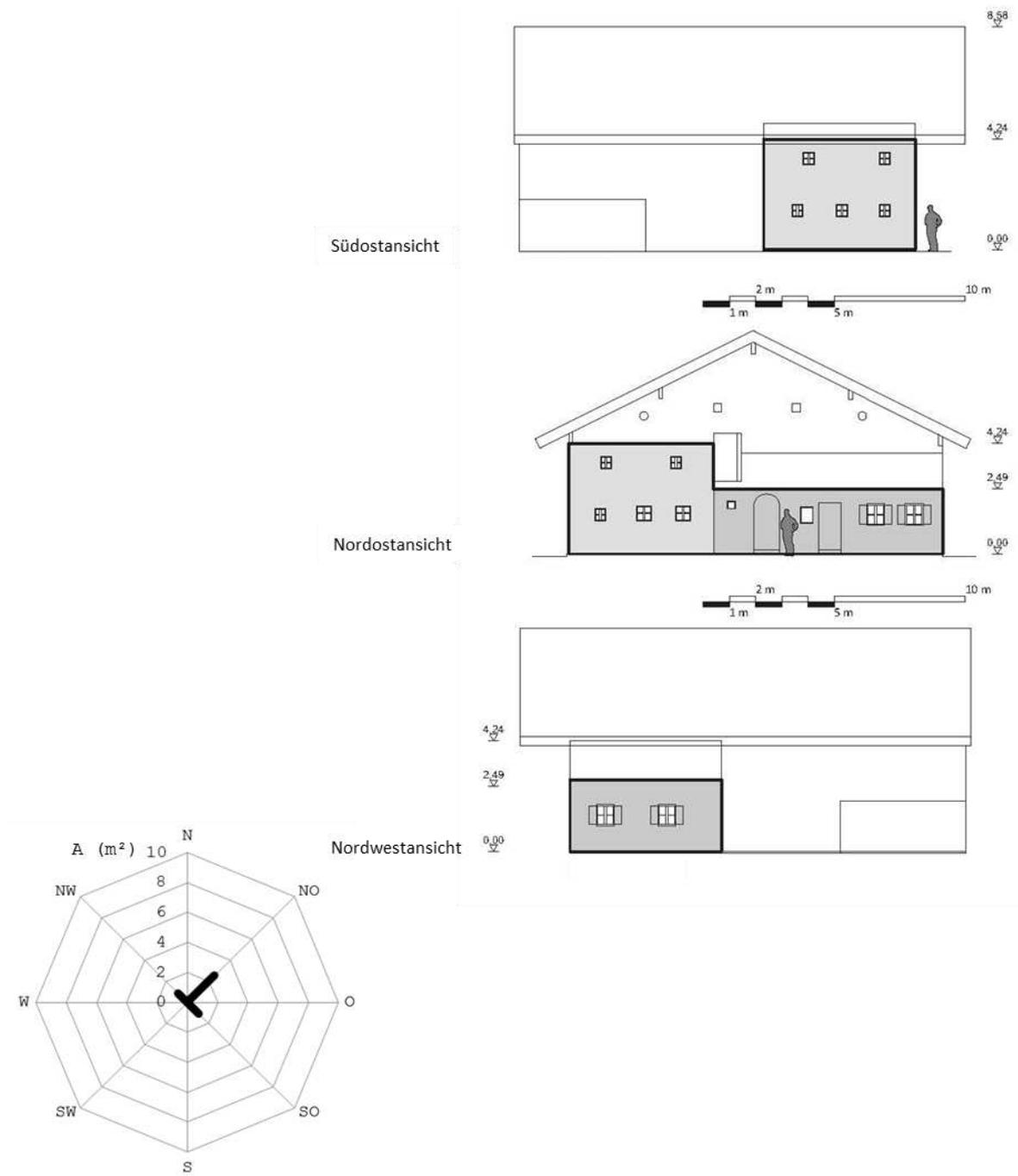


Abbildung 310: Außenansichten der Wohnbereichskubatur

Abbildung 311: Diagramm zur Darstellung der unterschiedlichen Fensterflächen-Orientierungen

Die Erdgeschoßfenster der Wohn- bzw. Schlafräume im ehemals nordwestlichen, gemauerten Gebäudebereich sind mit außenliegenden Fensterläden ausgestattet. Historische Fotoaufnahmen weisen darauf hin, dass auch die Fenster der ebenerdigen Wohnstube zuletzt mit Holzläden ausgestattet waren. Die Leibungen der unterhalb der giebel- und traufseitigen Dachauskragungen liegenden Fenster im Obergeschoß sind zur Begünstigung des Lichteintrages außen trichterförmig abgeschragt. Die 5,4 m x 5,2 m große, ebenerdige Wohnstube liegt in der ehemals nordöstlichen Gebäudeecke, und weist eine lichte Raumhöhe von 2,14 m auf. Die natürliche Belichtung erfolgt durch insgesamt sechs näherungsweise quadratische Rahmenstockfenster mit Größen von 0,21 m² bis 0,32 m² und einem Verglasungsanteil von circa 57 %. Jeweils drei Fenster waren am ehemaligen Standort nordost- bzw. südostseitig angeordnet. Die Gesamtfläche der Stubenfenster beträgt 1,48 m², die Lichteintrittsfläche erreicht 5,3 % der 28 m² großen Bodenfläche des Wohnraumes.



Abbildung 312: Rahmenstockfenster, Außenansicht

Abbildung 313: Rahmenstockfenster, Innenansicht

Abbildung 314: Fenster-Außenansicht mit vorgelagerten Läden

Die Parapethöhe der Fensteröffnungen beträgt 1,17 m, die Oberkanten liegen 1,75 m bzw. 1,65 m oberhalb des Fußbodens, wodurch Tageslichteintrag und die Sicht auf den freien Himmel gemäß 30-Grad-Regel bis in eine Raumtiefe von etwa 2,9 m begünstigt wird. Bis zur Fensterunterkante auf 1,17 m Höhe sind die Stubenwände mit einer Holzvertäfelung (*Lamperie*) verkleidet, die darüber liegenden Wandoberflächen sind verputzt und weiß gekalkt. Die Decke besteht aus breiten Holzriemen, die auf massiven Unterzügen aufgelagert sind. Durch diese Konstruktion wird die vergleichsweise geringe Raumhöhe von 2,14 m zusätzlich vermindert. Der Fußboden ist aus breiten Holzdielen ausgeführt. Die Berechnung der Lichtreflexionseigenschaften der raumumschließenden Oberflächen ergibt Werte von $\rho_{\text{wand}} = 0,75$, $\rho_{\text{Lamperie}} = 0,3$, $\rho_{\text{Decke}} = 0,13$, $\rho_{\text{Boden}} = 0,09$. Der computerunterstützt eruierte Tageslichtquotient-Mittelwert erreicht 0,68 %. Der Höchstwert von 2,78 % liegt im Bereich der äußeren Raumecke, der geringste Wert mit 0,09 % im fensterfernen Bereich des Stubenofens. Die Simulationen von Beleuchtungsstärken auf Höhe der Messebene zu unterschiedlichen Jahreszeiten und unter Annahme eines bedeckten Himmels ergeben Mittelwerte von 46 lx (21.12., 12:00), 96 lx (21.3., 12:00) und 132 lx (21.6., 13:00). Die Höchstwerte der vorherrschenden Beleuchtungsstärken liegen bei 191 lx (21.12., 12:00), 394 lx (21.3., 12:00) und 593 lx (21.6., 13:00).

Leuchtdichtesimulationen der Stubeninnenansicht (Blick vom Stubeneingang in Richtung Herrgottswinkel, Distanz circa 6 m) verdeutlichen Helligkeitsunterschiede zwischen den oberen und unteren Wandbereichen aufgrund der Holz-Vorsatzschale bzw. illustrieren den Helligkeitsabfall im Deckenbereich sowie auf den Wandoberflächen in der äußeren Raumecke. Die Leuchtdichten im oberen Wandbereich sind mit etwa 30 cd/m² gegenüber jenen auf der unteren Holzvorsatzschale um das Dreifache erhöht. Dagegen sind die Leuchtdichten an der Decke gegenüber jenen im Fußbodenbereich stark verringert.

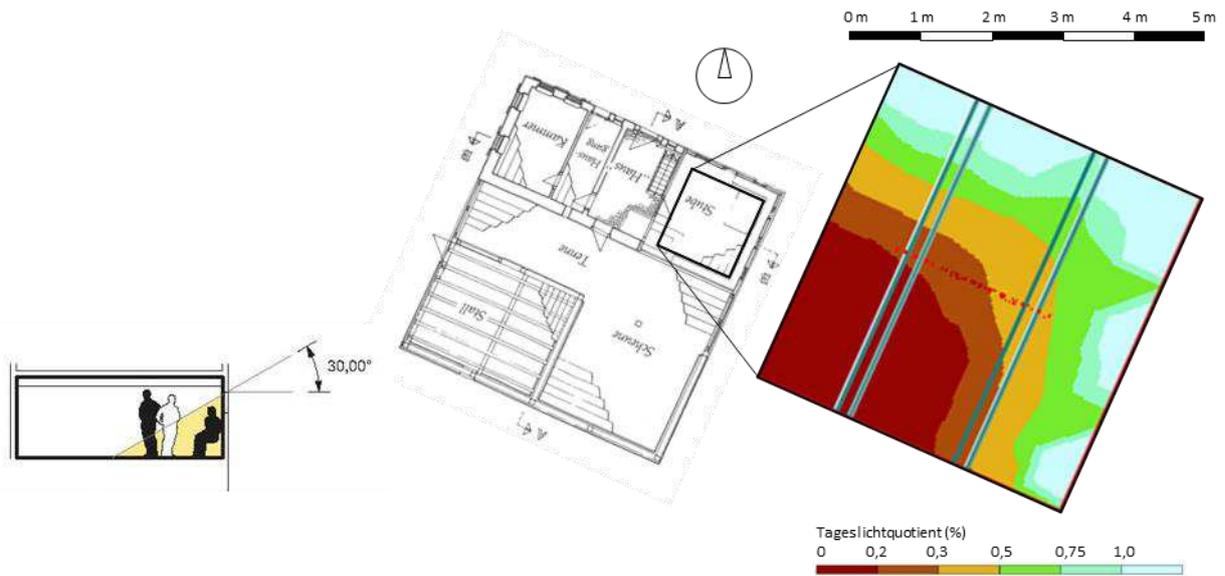


Abbildung 315: Gemäß 30-Grad-Regel lichtbegünstigter Raumbereich

Abbildung 316: Gebäudegrundriss (Pöttler, 1992b, S. 296) mit Falschfarbendarstellung der Tageslichtquotient-Verteilung auf horizontaler Messebene im Stubenbereich

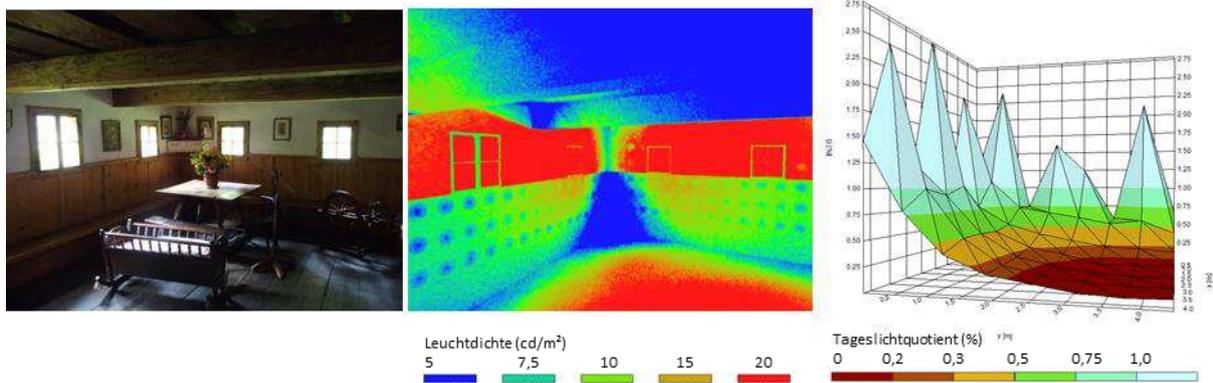


Abbildung 317: Stubenansicht

Abbildung 318: Falschfarbendarstellung der Helligkeitsverteilungen auf den inneren Raumboflächen

Abbildung 319: 3D-Gebirgsdarstellung der Tageslichtquotient-Niveaus

Thermische Konditionierung

In der Innenecke des Hausflures und damit im Kern des Wohntraktes ist die zentrale Feuerstelle des Rauchhauses angeordnet. Neben ihrer Funktion als offener Herd dient sie auch zur Beheizung eines Kachelofens in der angrenzenden Stube. Die Heizfläche des gemauerten Herdes ist mit groben Hölzern umrahmt und mit Ziegeln ausgelegt. Der aus Ziegeln erstellte, gewölbte Feuerhut, hier *Kuppel* genannt, ruht auf einem seitlich von oben abgehängten Holzrahmen. Nach oben hin ist der Herdraum durch eine Holzdecke mit offenen Fugen abgeschlossen, sodass der Rauch die auf dem Rauchboden gelagerten Getreidegarben erreichte, um diese zu trocknen bzw. besser verarbeitbar und lagerfähig zu machen. Durch den Dachraum gelangte der Rauch ohne Rauchschlot schließlich ins Freie. Eine zusätzliche Möglichkeit zur Rauchableitung ergab sich durch den Treppenaufgang, der von der Küche ins Obergeschoß führte. Durch eine Türe im Bereich des oberen Treppenpodestes konnte der Rauch über die Giebelfassade nach außen entweichen. Jedoch bedeuteten der Funkenflug des Herdfeuers und die aus der Tenne kommende Zugluft einst eine ständige Feuergefahr für den gesamten Hof. Im Zuge der Wiedererrichtung im Freilichtmuseum wurde der Stubenofen mit landschaftsüblichen dunkelgrünen,

konkaven Kacheln erneuert und mit Ofenbank und Trocknungsstangen ausgestattet. Über ihm befand sich eine mit einem Schuber versehene Wärmeluke, durch die Ofenwärme vom beheizten Wohnraum in die darüber liegende, auffallend niedrige Schlafkammer, die Raumhöhe beträgt lediglich 1,75 m, abgeleitet wurde. (vgl. PÖTTLER, 1992b, S. 294)



Abbildung 320: Rauchküche mit Küchenherd und abgehängtem Feuerhut

Abbildung 321: Stubenofen mit konkaven Kacheln

Abbildung 322: Rauchableitung durch offene Dach- und Deckenfugen

Der für Heizwärmebedarfs-Berechnungen als thermisch zu konditionieren angenommene Wohnbereich des Rauchhauses umfasst ein Volumen von 257,9 m³ mit einer Gesamtoberfläche von 303,7 m², die charakteristische Länge l_c der Raumzone beträgt 0,85 m. Die raumumschließenden und in Holz- und Mauerbauweise errichteten Bauteile sowie die Fensterkonstruktionen weisen einen mittleren U-Wert von 1,26 W/m²K auf. Der errechnete und auf das Standortklima bezogene Heizwärmebedarf HWB_{SK} beträgt 347,34 kWh/m²a. Der Referenz-Heizwärmebedarf HWB_{RK} liegt bei 306,9 kWh/m²K. Der im Renovierungsfall nach aktuell geltender Richtlinie ermittelte Höchstwert von 82,8 kWh/m²a wird 3,7-fach übertroffen. Rund 27 % der Oberfläche des als zu konditionieren angenommenen Wohnbereiches sind außenraumexponiert, 73 % grenzen an das Erdreich sowie an den als unbeheizt angenommenen Raumverbund von Dachboden, Scheune, Tenne und Stall. Unter Annahme einer im 17. Jahrhundert gegenüber der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 um rund 7 % erhöhten Anzahl an Heizgradtagen würde sich der Heizwärmebedarf HWB_{SK} des um 1629 errichteten Gebäudes um 4 % auf 361 kWh/m²a erhöhen.

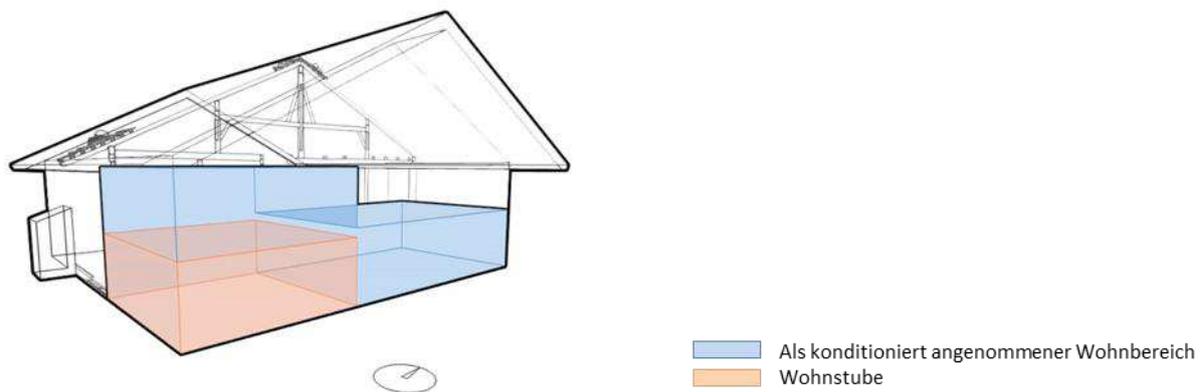


Abbildung 323: Baukörpergeometrie des als zu konditionieren angenommenen Wohnbereichs und seine Lage im Gebäudeverbund

Factsheet Rauchhaus



Das Rauchhaus an seinem Originalstandort während der Demontage (Pöttler, 1992b, S. 288)		Luftbild des Originalstandortes (Sagis Online, Befliegung 1952–54, Screenshot 15.4.16)		Lage Wals-Siezenheim in grünlanddominierter Kulturlandschaft glazial geformter Becken, Talböden und Hügelländer (Wrbka u. a., 2005, S. 31)	
Hoftypus	Einhof		Östliche Länge	12,98°	
Errichtungsjahr datiert auf	1629		Nördliche Breite	47,8°	
Gesamtvolumen	1443	m ³	Seehöhe	440	m
Kubatur des Wohnbereiches	258	m ³	Heizgradtage (ZAMG-Angabe)	3370	(-)
Wohnnutzfläche	91	m ²	Jahresniederschlag	1184	mm/m ²
Charakteristische Länge Wohnbereich	0,85	m	Globalstrahlung	1116	kWh/m ² a
Ø U-Wert	1,26	W/m ² K	Heizwärmebedarf (HWB_SK)	347,3	kWh/m ² a
Gesamtfensterfläche / Fassadenfläche (WWR)	5,2	%	HWB (Errichtungszeit-bezogen)	361	kWh/m ² a
Außenraumexposition der Gebäudehülle	27	%	HWB (bauteiloptimiert)	k. A.	kWh/m ² a
Gesamtfensterfläche / Wohnnutzfläche	4,9	%	Ø Oberflächenreflexion	32,7	(-)
Ø Fenstergröße	0,28	m ²	Tageslichtquotient Stube	0,68	%
Stubenfensterfläche / Stubennutzfläche	5,3	%	Ø Beleuchtungsstärke Stube*	91	lx

* Mittelwert der eruierten, mittäglichen Beleuchtungsstärken am 21.3., 21.6. und 21.12.

Besondere Merkmale

Mit seiner auf das Jahr 1629 datierten Entstehungszeit ist das Rauchhaus Wals-Siezenheim das zweitälteste Untersuchungsobjekt. Sein ehemaliger Errichtungsort liegt mit 440 m auf vergleichsweise geringer Seehöhe, und weist den niedrigsten Globalstrahlungswert aller untersuchten Objektstandorte auf. Die mittlere Jahrestemperatur von 9 °C ist vergleichsweise hoch. Rund 27 % der Hüllfläche des Wohnbereichs sind außenorientiert. Die Außenraumexposition ist damit die niedrigste aller untersuchten Objekte. Der natürliche Lichteintrag, ausgedrückt durch den durchschnittlichen Tageslichtquotienten, erreicht den dritthöchsten Wert, der bei geringem nutzflächenbezogenen Fensterflächenanteil jedoch hoch angeordneten Fensteröffnungen erzielt wird.

Abbildung 324: Datenblatt Rauchhaus

Kärntner Ringhof Paule, Ebene Reichenau in Kärnten



Abbildung 325: Das Wohnspeicherhaus des Ringhofs Paule auf dem Gelände des Österreichischen Freilichtmuseums

Abbildung 326: Das Wohnspeicherhaus des Ringhofs Paule an seinem ursprünglichen Errichtungsort im Nockbergegebiet im Jahr 1967 (Archiv ÖFLM Stübing, 1967)

Die Bezeichnung Ringhof bezieht sich auf die viereckige Anordnung der auch als Blockstadel bezeichneten Wirtschaftsgebäude von Gehöften, die im Wesentlichen im Rodungsland des Klosters Millstatt entstanden sind. Zwei parallel zueinanderstehende Stallscheunen umschließen gemeinsam mit Pferdestall und Brunnenhütte oder Schweinestall einen Innenhof. Ein Ringhof ist demnach nicht als Rundbau, sondern als Gebäude mit viereckigem Grundriss zu verstehen. Bevor zahlreiche Anlagen aus betriebswirtschaftlichen Überlegungen vor allem nach dem Ersten Weltkrieg in Paarhöfe umgewandelt wurden und später nach und nach verschwunden sind (in den 1930er Jahren wurden im Gebiet der Nachbargemeinde Bad Kleinkirchheim noch 15 Ringhöfe gezählt), war ihr Verbreitungsraum das gesamte Nockgebiet vom Ostende des Millstätter Sees bis zur Engen Gurk und von der Turrach bis nahe vor Villach. Die vorwiegende Betriebsform war Vieh- aber auch Getreideanbauwirtschaft. (vgl. PÖTTLER, 1992b, S. 195ff)

In der reichenauer Ortschaft Winkl befindet sich auf 1500 m Seehöhe das Gehöft Schruner auf einem nach Südwest abfallenden, sonnenexponierten Hang mit Panoramablick von Südost nach Nordwest (Geographische Standortdaten: 46° 52' 51" N, 13° 52' 06" O). Der ehemalige Blockstadel der Hofstelle, der am Standort durch ein modernes Wirtschaftsgebäude ersetzt ist, wurde als Ringhof-Ausstellungsobjekt ins Freilichtmuseum nach Stübing transferiert. (vgl. PÖTTLER, 1992b, S. 208) Das Wohnspeichergebäude ist am Standort belassen, und wird heute als Sommerferiendomizil verwendet. Die Bauernfamilie lebt in einem neu errichteten Wohngebäude. Der Wohnspeichertrakt des Gehöftes Paule war einst in der Ortschaft Saureggen angesiedelt, und befand sich etwa vier Kilometer südlich des Passsattels der Turracher Höhe auf 1300 m Seehöhe (Geographische Standortdaten: 46° 52' 48" N, 13° 53' 18" O). Außer einer kleinen Futterscheune sind heute am steil nach Südwesten abfallenden Standort keine Spuren der Hofstelle mehr sichtbar. Die Lokalisierung konnte vor Ort mit Unterstützung von Anrainern und den auf historischen Fotos abgebildeten Landschaftsformationen als Orientierungshilfe erfolgen. Die Hofstellen Paule und Schruner gehörten zu den am höchsten gelegenen Anwesen zwischen Turrach und Nockberge. (vgl. PÖTTLER, 1992b, S. 208)

Die vorherrschenden Gehöftformen der Region sind heute Paar- und Haufenhöfe in Streulage. In der Siedlungsformenkarte nach Klaar sind noch vereinzelt Ringhöfe eingetragen. Spätmittelalterliche bzw. neuzeitliche Einöd-Blockfluren, Waldland und darüber liegende Almen bilden die bestimmenden Siedlungs- und Flurformen. In der grünlandgeprägten Kulturlandschaft sind Wiesen und Weiden die

dominierenden landwirtschaftliche Nutzflächen. Bis in die jüngere Vergangenheit wurden auch Ackerflächen bewirtschaftet, da der Anbau von Brotgetreide für die Selbstversorgung bis in hohe Lagen üblich war. (vgl. WRBKA u. a., 2005, S. 20)

Die Entstehungszeit des untersuchten Wohnspeicherhauses des Gehöftes Paule wird dem späten 17. Jahrhundert zugeordnet. Materialproben aus dem Dachstuhl- und Erdgeschoßbereich stammen aus den Jahren 1689 und 1690. Ein im Obergeschoß integrierter Getreidekasten datiert aus dem Jahr 1548. (GRABNER, 2017) Im Zuge der auf 1690 datierten Errichtung dürften demnach Teile eines älteren Objektes, dessen Elemente dem 16. Jahrhundert zugeordnet werden, als Altholz verbaut bzw. wiederverwendet worden sein. (vgl. GRABNER, 2014, S. 12) Der Wiederaufbau der Wohn- und Wirtschaftstrakte der Gehöfte Paule und Schruner als Museumsobjekte im Freilichtmuseum erfolgte im Jahr 1970 bzw. 1971. (vgl. PÖTTLER, 1992b, S. 210) Zwar entspricht die nordorientierte Hanglage des Errichtungsortes im Freilichtmuseum nicht der Südwest- bzw. Südausrichtung der Objekte an ihren jeweiligen Originalstandorten, die ursprüngliche Hangsituationen und Exponierung kann jedoch deutlich nachempfunden werden. Bei Betrachtung historischer Fotoaufnahmen wird ersichtlich, dass im Zuge der Wiedererrichtung des Wohnspeichergebäudes Veränderungen gegenüber dem zuletzt vorgefundenen Zustand am Standort Saureggen vorgenommen wurden. So waren die Fenster im Bereich der Rauchstube deutlich vergrößert, am Museumsobjekt sind hingegen altartige, höhengestaffelte und kleinformatige Rauchstubenfenster realisiert. Zudem verläuft entlang der Stubenwände des Ausstellungsgebäudes ein umlaufender Balkon, der auf In-situ-Abbildungen nicht erkennbar ist.

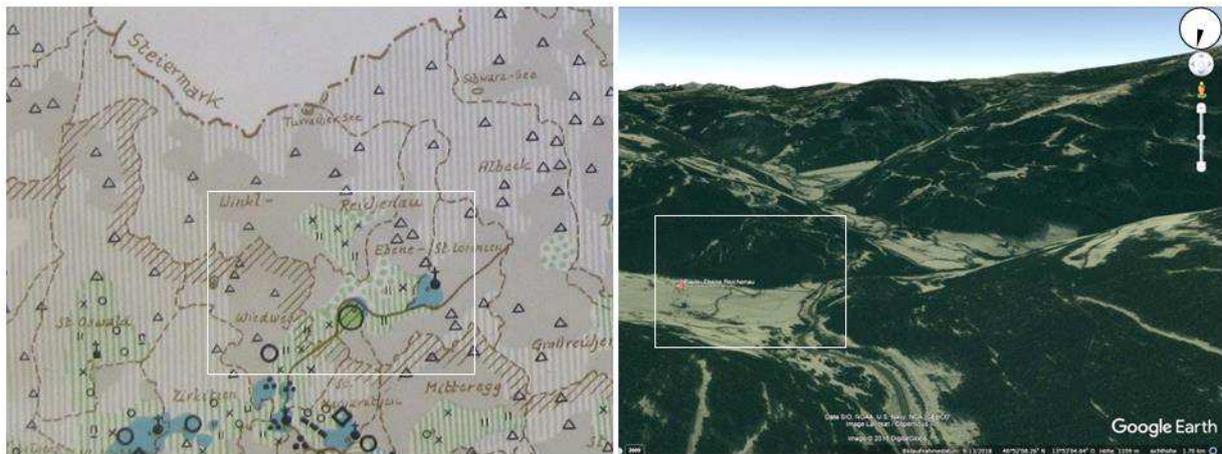


Abbildung 327: Siedlungsformenkarte nach Adalbert Klar mit Siedlungs-, Flur- und Gehöftformen in der Nockbergeregion

Abbildung 328: Geländedarstellung des Originalstandortes des Gehöftes Paule aus nördlicher Richtung (Google Earth, Screenshot 14.12.2017)



Abbildung 329: Südostansicht des Wohngebäudes des Gehöftes Paule am Originalstandort (Pöttler, 1992b, S. 208)

Abbildung 330: Blockstadel des Gehöftes Schruner und Wohnspeicherhaus des Gehöftes Paule auf dem Gelände des Österreichischen Freilichtmuseums

Abbildung 331: Draufsicht auf die Ausstellungsgebäude auf dem Museumsgelände (Google Earth, Screenshot 14.9.2018)

Aktuelle und historische Klimasituation

Der ehemalige Standort des Gehöftes Paule liegt in einer Klimaregion, die im Grenzbereich zwischen dem durch hohe Sommertemperaturen und winterliche Kaltluftseen geprägten Unterkärntner Beckenklima und dem alpinen Oberkärntner Klima mit auftretenden Inversionen mit mehr Sonne im Winter und weniger im Sommer angesiedelt ist. (vgl. AUER u. a., 2001, Kap. Stationen) Die durchschnittliche Jahrestemperatur, gemessen an der dem Gebäudestandort nächstgelegenen ZAMG-Klimastation Flattnitz auf 1438 m Seehöhe und in 12 km Entfernung, liegt bei 3,26 °C. Der Maximalwert der monatlichen Tagesdurchschnittstemperaturen erreicht im Juli 12,5 °C, der Jänner ist mit einem Tagesmittelwert von -4,9 °C der kälteste Monat. Die Anzahl der jährlichen Heizgradtage in Flattnitz liegt bei 5518. Die Gesamtniederschlagsmenge erreicht einen Wert von 1148,3 mm/m²a, wobei die meisten Niederschläge mit 150,8 mm/m² im Juli, die geringsten mit 43,4 mm/m² im Jänner auftreten. Die jährliche Gesamtstrahlungssumme beträgt 1221,48 kWh/m², der Direktstrahlungsanteil liegt dabei bei rund 46,04 %. Die durchschnittliche jährliche Windgeschwindigkeit beträgt 2,9 m/s. Mit einem Windrichtungsanteil von 43,8 % ist Nordwest die Hauptwindrichtung, der Kalmenanteil liegt bei 10,1 %.

Klimahistorischen Analysen zufolge lag das europäische Temperaturniveau im 17. Jahrhundert um 0,56 °C unter jenem des Betrachtungszeitraumes 1971 – 2000. Die negativen Abweichungen der mittleren Monatstemperaturen betragen im Winter (Dezember, Jänner, Februar) 1,11 °C, im Sommer (Juni, Juli, August) 0,2 °C. (vgl. MAUELSHAGEN, 2010, S. 67) Die standortbezogene Anzahl der Heizgradtage im 17. Jahrhundert wird mit 5988 angenommen, und ist damit gegenüber dem Wert von 5518 Heizgradtagen in der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 um rund 7 % erhöht. Ein Absinken der Jahrestemperaturen unter dem möglichen Einfluss einer abgeschwächten Sonnenaktivität war kennzeichnend für das ausgehende 17. Jahrhundert und den Zeitabschnitt von 1684 bis 1700. Mit Ausnahme des Sommers waren von diesem Temperaturrückgang alle Jahreszeiten betroffen, wodurch sich die schnee- und vermutlich auch frostfreien Perioden verkürzten. Weite Teile Mitteleuropas wurden zu unterschiedlichen Zeiten von Hungersnöten heimgesucht, die sich durch die Auswirkungen von Kriegen verschärften. (vgl. PFISTER u. a., 1999, S. 76) Glaser zufolge war jedoch der Winter des Jahres 1690 laut deskriptiven Aussagen mild, der Frühling jedoch kalt und vor allem im Süden (Anm.: von Deutschland) feucht. (vgl. GLASER, 2001, S. 171)

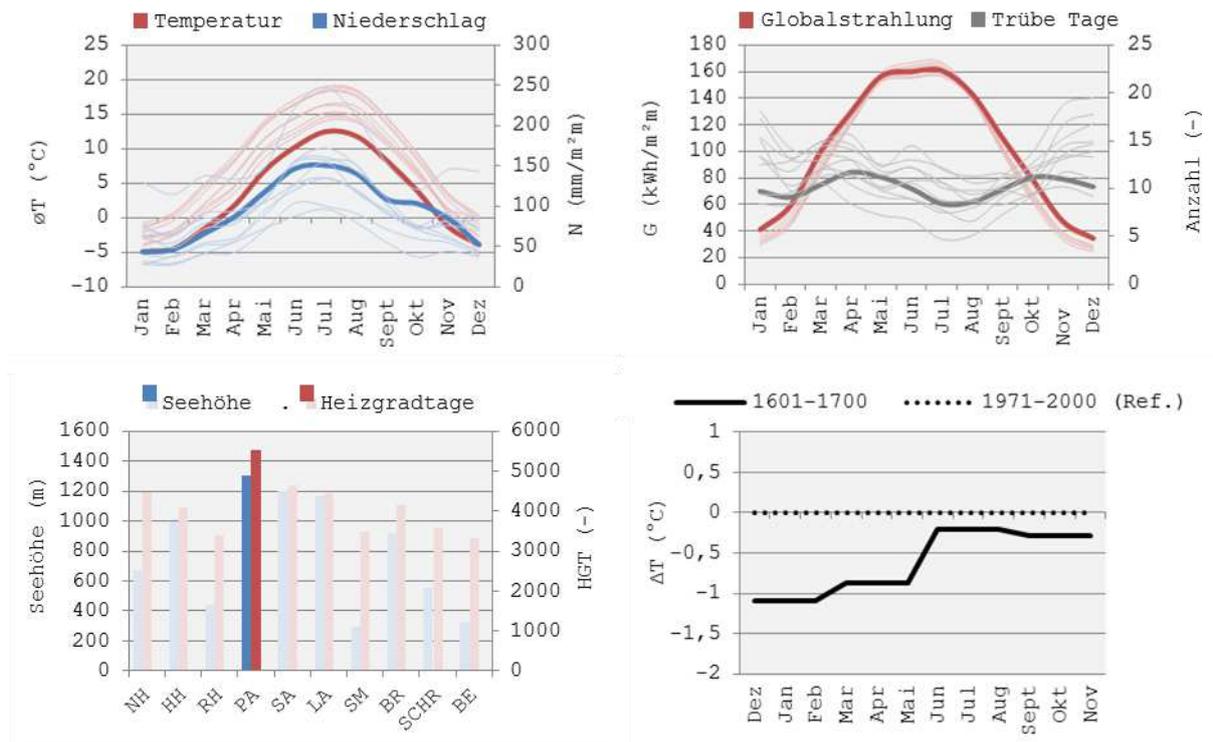


Abbildung 332: Klimadiagramme; Monatsmittelwerte von Lufttemperatur und Niederschlag (oben links), durchschnittliche monatliche Globalstrahlung und Anzahl an Tagen mit einem Bewölkungsmittel >80% (oben rechts), Seehöhe und jährliche Heizgradtage (unten links), Abweichungen der Temperatur-Jahreszeitenmittel der Periode 1601 – 1700 vom Mittelwert der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 (unten rechts)

Raumorganisation

Das Wohnspeicherhaus des Gehöftes Paule ist auf einer 126,5 m² großen Grundfläche von circa 14 m Länge und 9 m Breite errichtet. Der zweigeschoßige Baukörper wird von einem Schopfwalmdach bedeckt, dessen Firstlinie am Originalstandort normal zur Talachse bzw. nordostsüdwestlich verlaufend ausgerichtet war. Die Gesamtkubatur des Gebäudes beträgt 1056 m³, der dem Wohnbereich zugeordnete Anteil umfasst 605 m³, und weist eine Nutzfläche von 208 m² auf. (Der überwiegende Teil der landwirtschaftlich genutzten Raumbereiche ist im benachbarten Blockstadel untergebracht.)

Man betritt das Gebäude an der ehemals südöstlichen Traufseite, und gelangt in ein 24,2 m² großes, von Traufe zu Traufe durchgängiges Vorhaus. Ein kleiner Klapptisch, der sogenannte *Regltisch*, zeugt davon, dass das Vorhaus vor allem im Sommer auch als Verweilbereich genutzt wurde. Links vom Eingang im ehemals südwestlichen, talseitigen Gebäudebereich befinden sich die 34,5 m² große und 2,82 m hohe Rauchstube sowie eine an diese angrenzende, rauchfreie Wohn- bzw. Schlafstube, die als *Küchenstübl* bezeichnet wird und deren Kachelofen vom Vorhaus aus beheizt wird. (Die Raumaufteilung mit zwei giebelseitigen Wohnräumen je Geschoß entspricht einer Übergangsform von östlichen zu westlichen Hauslandschaften: Die durch die unterschiedlichen Größen von Rauch- und Küchenstube asymmetrische Raumteilung der Giebelfront, die Rauchstube ist etwa eineinhalb Mal so breit wie die Küchenstube, ist ein wesentliches Charakteristikum der Rauchstubenhäuser des Nockgebietes. Die Gebäude markieren damit eine hausgeographische Trennung zwischen den sogenannten Schmalgiebelhäusern des Ostens, bei denen die Stubenbereiche die gesamte Giebelbreite einnehmen, und den Breitgiebelhäusern des Westens mit zwei bis drei Räumen an der Giebelfront. Beiderseits der durch Europa verlaufenden Formengrenze der sogenannten Dachsteinlinie zeichnen sich unterschiedliche Varianten von Erweiterungsbauten ab. Östlich davon werden Zubauten an den einräumigen Haupttrakt von Rauchstubenhäusern als Quergiebel oder *Wiederkehr* errichtet, westlich

erfolgt die Erweiterung durch Eingliederung weiterer Stuben in die Giebelfront. Dabei bleibt der gemeinsame First erhalten, das Dach wird ausladender, die Dachneigung flacher. (vgl. PÖTTLER, 1992b, S. 199ff)

Rechts vom Hauseingang gegenüber dem Wohn- und Küchenbereich im Erdgeschoß sind eine Kammer und ein Vorräteraum untergebracht, deren Außenwände teilweise aus Bruchsteinen gemauert sind. (vgl. PÖTTLER, 1992b, S. 211f). Ein im Bereich der Lagerräume extern an die Eingangsfassade angebaute, ebenerdiger Bretterverschlag dient als Abort. Über eine einläufige Holzstiege im Hausflur erreicht man den durchgängigen und quer zur Firstlinie verlaufenden Flur des Obergeschoßes, dessen Grundriss weitgehend jenem des Erdgeschoßes entspricht. Im talwärtigen Gebäudebereich sind eine beheizte Ofenstube und eine Kammer untergebracht. Bergseitig befinden sich eine weitere unbeheizte Kammer sowie ein Getreidekasten, der mit hoher Wahrscheinlichkeit als eigenes Gebäude Bestand hatte und in das Wohnhaus integriert wurde. (vgl. GRABNER, 2014, S. 13) Über eine Holzstiege erreicht man vom oberen Hausflur den offenen, circa 117 m² großen Dachraum, dessen Giebelfronten etwa 50 cm über die darunter liegenden Geschoße vorragen. An den Außenwänden von Erd- und Obergeschoß sind trauf- und talgiebelseitig circa 95 cm breite Balkone entlanggeführt, die als Trockenplatz für Kleidung verwendet wurden. Durch die auskragenden Balkone und Dachvorsprünge ergeben sich witterungsgeschützte Freibereiche entlang aller vier Fassaden.

Die Stallbereiche in den Wirtschaftsgebäuden sind ebenerdig vom umschlossenen Innenhof aus erreichbar. (Der Mist der Tiere wurde nicht täglich, sondern lediglich im Herbst, Winter und Frühjahr ausgebracht. Die Mistqualität war durch den Schutz vor Sonne und Wetter besonders hochwertig, für die Tiere bedeutete diese Art der Stallhaltung jedoch starke Verschmutzung sowie einen Mangel an Licht und Luft.) Die im Obergeschoß liegenden Scheunen bzw. Tennen sind hofseitig durch leiterartige Treppen und durch Hocheinfahrten vom Hang aus erschlossen. (vgl. PÖTTLER, 1992b, S. 195ff)

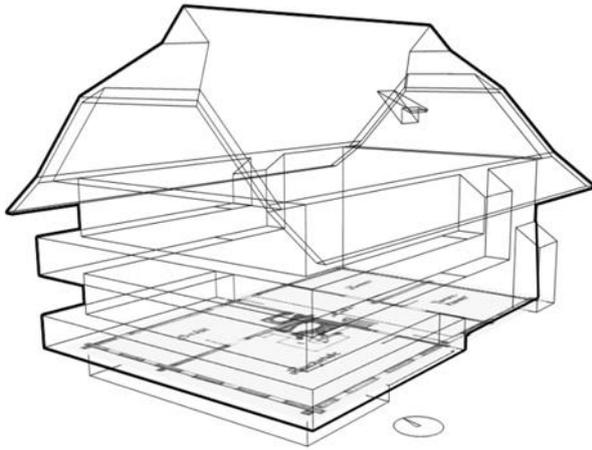


Abbildung 333: Baukörpergeometrie des Wohnspeichergebäudes

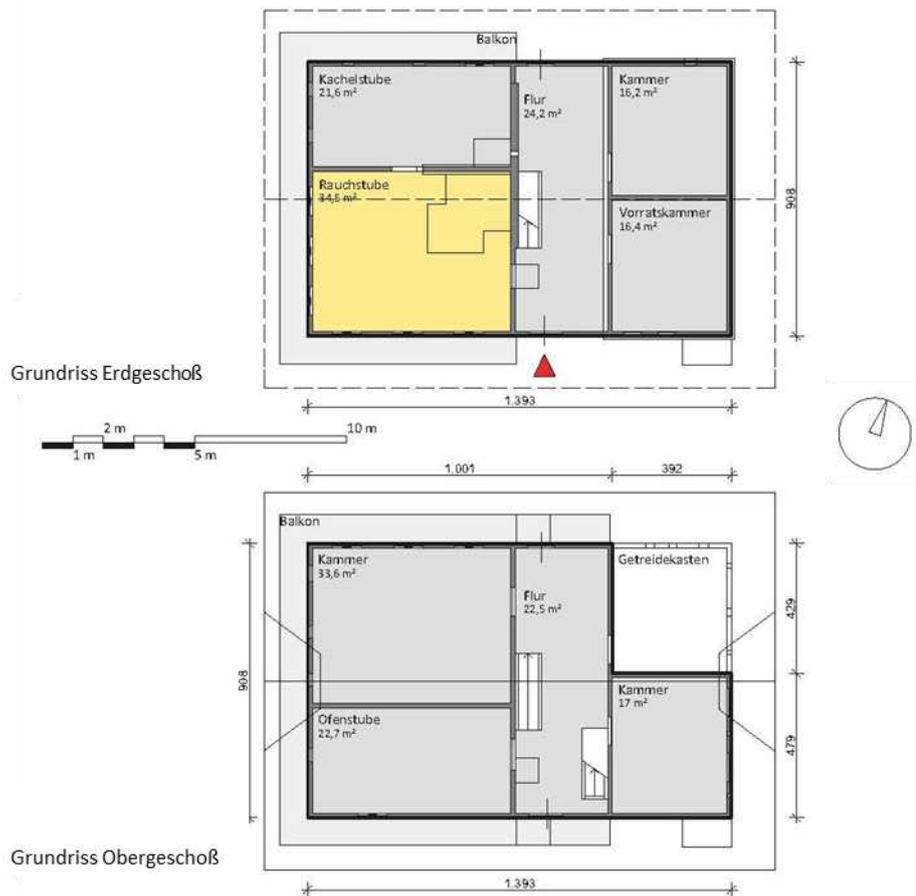


Abbildung 334: Grundrissdarstellung von Erd- und Obergeschoß des Wohnbereiches

Bauweise

Das Erd- und Obergeschoß des auf einem Natursteinsockel errichteten Wohnspeicherhauses ist in überkämmt, massiver Blockbauweise aus 12 cm bis 15 cm dicken, kantigen Holzbalken errichtet, deren Zwischenfugen mit Moos oder Mörtel ausgefüllt sind. Die Zwischenwände im Innenraum sind ebenfalls in Holzmassivbauweise gefertigt, ihre Überkämmungen mit den Außenwänden sind außen an den Fassaden sichtbar. Im Bereich von Feuerstellen sind die Innenwände in verputzter Mauerbauweise ausgeführt, ebenso bestehen die bergseitigen Außenwandelemente bis in eine Höhe von ca. 1,7 Meter aus (unverputztem) Naturstein. Die Außenwände des Dachgeschoßes sind in Riegelbauweise gefertigt und wie die Balkonbrüstungen mit vertikalen Bretterschalungen verkleidet. Die Böden und Zwischendecken bestehen aus unterschiedlich breiten und mehrlagig verlegten Holzdielen. Das Dach ist ein aus Schersparren konstruiertes Schopfwalmdach und weist regionaltypische Ansatzlücken im Verschneidungsbereich von Dachfirst und Walmdachfläche auf, aus denen Rauch vom Dachraum ins Freie gelangt. Die Silhouetten der Giebel- und Traufansichten sind symmetrisch, die Dachneigung beträgt etwa 45 Grad. Durch keilförmige, auf die Sparren aufgelagerte Unterfütterungshölzer, die als *Aufschüblinge* bezeichnet werden, ist der Böschungswinkel im Traufenbereich flacher ausgeführt. Aufgrund des verringerten Neigungswinkels wird der Raum für Balkone unterhalb der fast einen Meter auskragenden Dachtraufe erweitert. (vgl. PÖTLER, 1992b, S. 212f)



Abbildung 335: Außenwandkonstruktion mit mörtelverputzten Zwischenfugen (Archiv ÖFLM Stübing, 1968)

Abbildung 336: Geschoßdecken- und Dachstuhlkonstruktion mit brettverschalter Giebelseite des Dachbodens

Abbildung 337: Auf Dachsparren aufgelagerte Unterfütterungshölzer im Dachtraufenbereich

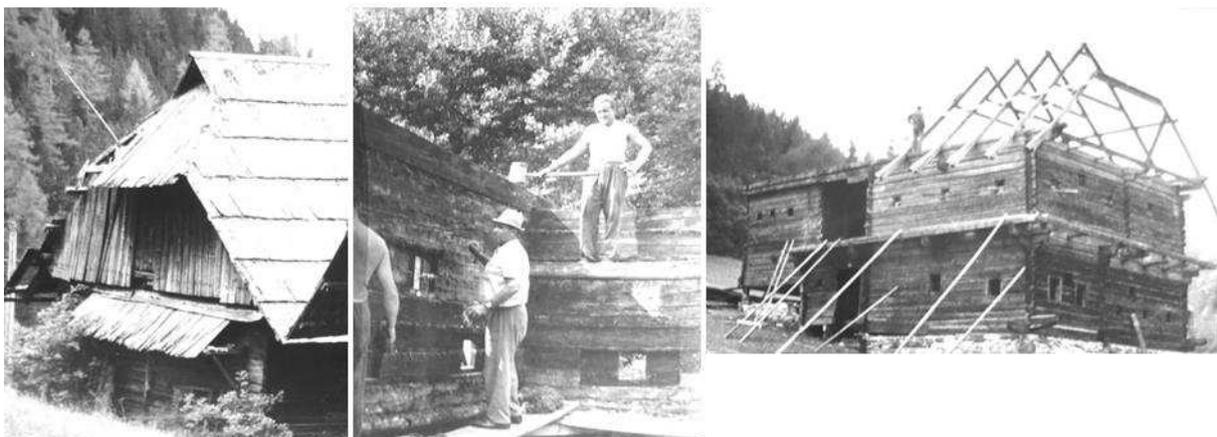


Abbildung 338: Dachansicht mit Ansatzlücke (Archiv ÖFLM Stübing, 1968)

Abbildung 339: Wiederaufbau der Blockbaukonstruktion im Bereich der Rauchstube (Archiv ÖFLM Stübing, 1970)

Abbildung 340: Wiederaufbauarbeiten im Dachstuhlbereich (Archiv ÖFLM Stübing, 1970)

Solare Baukörperexposition

Durch die Ausrichtung des Gebäudes entlang der Falllinie eines nach Südwest orientierten Hanges im Bereich des Schoberriegels und der topographischen Umgebungssituation am Kreuzungspunkt zweier Täler bzw. der Turracher- und Nockalmstraße war der Baukörper auf seinem ursprünglichen Standort sonnenexponiert, im Winter allerdings durch einen südöstlich gelegenen Bergrücken bis in den Vormittag verschattet. Die unter Berücksichtigung der umgebenden Topographie durchgeführten Sonnenverlaufsstudien ergeben eine effektiv mögliche Standort-Besonnung zur Wintersonnenwende (21.12.) etwa zwischen 10:00 Uhr morgens und 15:00 Uhr nachmittags. In den Wintermonaten war die Südostfassade ab dem Vormittag, die Südwestfassade circa ab der Mittagszeit direkt bestrahlt. Die Nordwest- und Nordostfassade sowie die nordwestorientierte Dachfläche blieben während der Wintermonate verschattet. Im Sommer waren die Südost- und die Südwestfassade bei steilem Strahlungseinfallswinkel aufgrund der Dachauskragungen und der umlaufenden Balkone teilweise verschattet. Am Vormittag bzw. am Nachmittag konnte direkter Strahlungseintrag auch auf die nordost- bzw. nordwestorientierten Fassadenbereiche erfolgen.

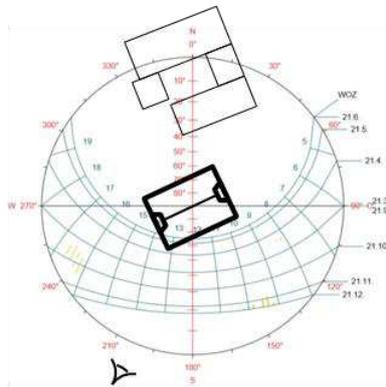


Abbildung 341: Sonnenbahndiagramm und Gebäudeorientierung (oben), Baukörper-Direktlichtstudien bei unterschiedlichen Sonnenpositionen

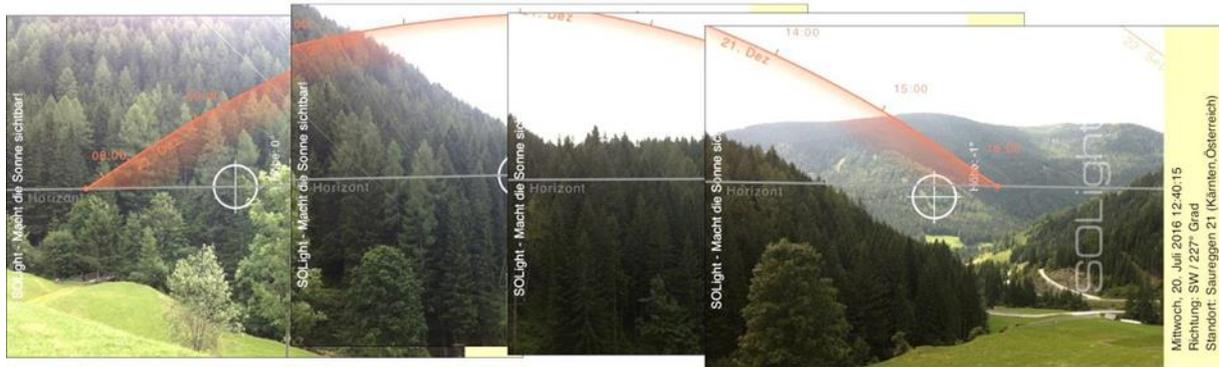


Abbildung 342: Sonnenverlauf am 21.12. am Originalstandort

Fassadenöffnungen und natürliche Raumbelichtung

Lichteintrag in den Wohnbereich erfolgt durch insgesamt 31 Fensteröffnungen im Größenordnungsbereich zwischen 0,02 m² und 0,36 m². Die durchschnittliche Fenstergröße beträgt 0,14 m². Die Gesamtsumme aller Fensterflächen liegt bei 4,29 m², dies entspricht einem Anteil von circa 2 % an der gesamten Außenfassadenfläche. Rund 48 % der Gesamtfensterfläche waren am Originalstandort nach Südwesten ausgerichtet, 27 % nach Südosten, 21 % waren nordwestorientiert. Etwa 4 % der Gesamtfensterfläche waren ehemals nach Nordost ausgerichtet. Bezogen auf eine Wohnnutzfläche von 208,8 m² beträgt der Fensterflächenanteil rund 2,1 %. Durchschnittlich sind jedem der elf dem Wohnbereich zugehörigen Räume 3,4 Fenster zugeordnet.

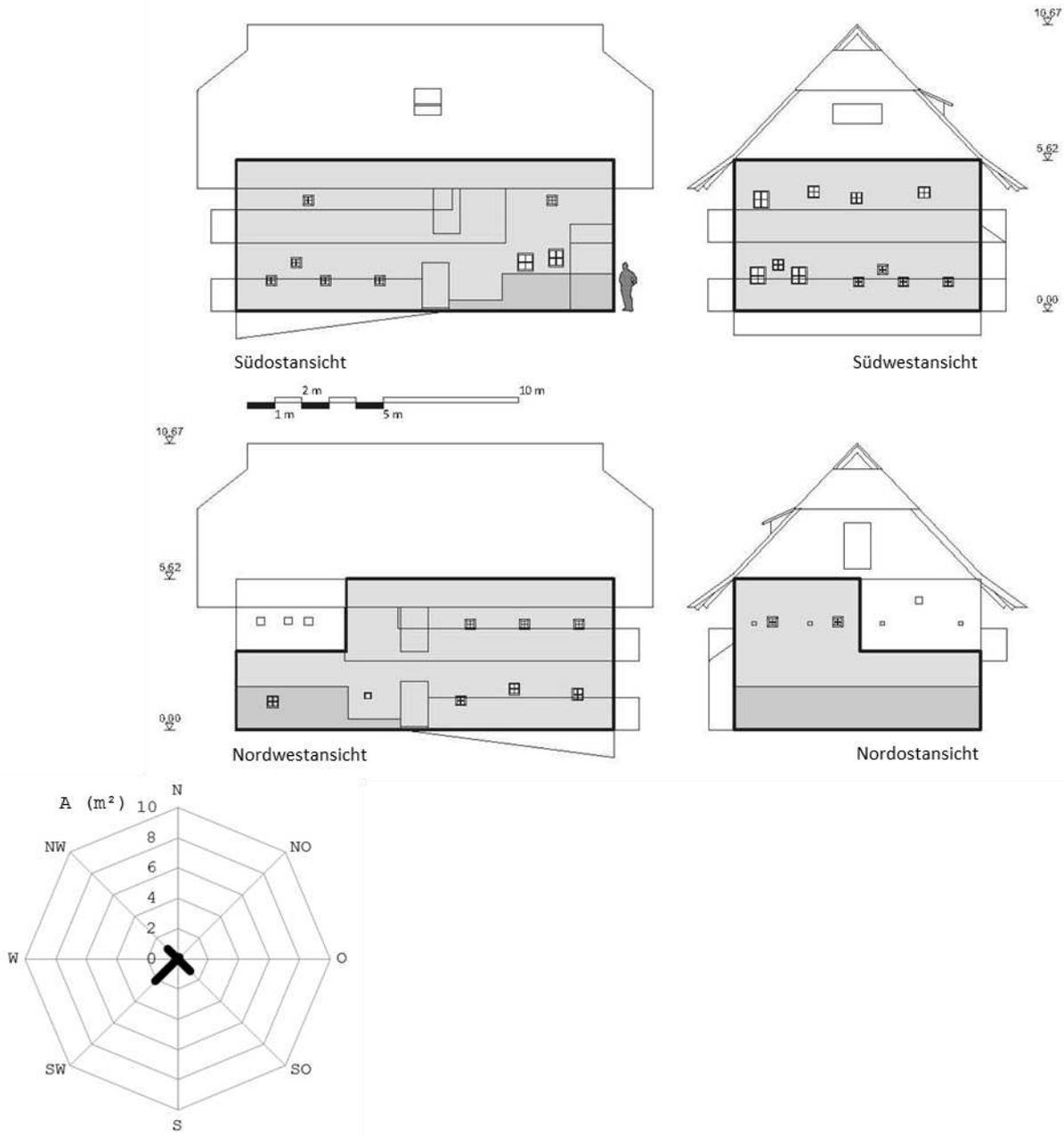


Abbildung 343: Außenansichten der Wohnbereichskubatur

Abbildung 344: Diagramm zur Darstellung der unterschiedlichen Fensterflächen-Orientierungen

Die 5,3 m x 6,5 m große Rauchstube weist eine lichte Raumhöhe von 2,82 m auf, und wird von zwei Seiten durch insgesamt acht gleich große, quadratische Blockbaufenster belichtet. Der Glasanteil der verschiebbaren Fensterflügel liegt bei circa 60 %. Die Summe der Fensterflächen beträgt 0,56 m², die Gesamtlichteintrittsfläche erreicht 1,6 % der 34,5 m² großen Bodenfläche des Wohnraumes.



Abbildung 345: Innenansicht der höhengestaffelten Blockbaufenster

Abbildung 346: Blockbaufenster mit Leibungsabschrägung im Außenbereich

An den ehemals nach Südosten bzw. Südwesten orientierten Außenwänden sind jeweils vier Öffnungen angeordnet. Drei davon sind auf gleicher Parapethöhe von jeweils 88 cm positioniert, die Sturzoberkante eines vierten Fensters liegt 155 cm bzw. 185 cm über dem Fußboden. Die hoch in der Wand liegenden Positionen dieser Fenster begünstigen die Sicht auf den Himmel und damit die natürliche Raumbelichtung bis in eine Raumentiefe von circa 3,1 m. Die Leibungen der etwa 0,07 m² großen Blockbaufenster sind an der Außenseite zur Begünstigung von Lichteintrag und Ausblick trichterförmig ausgebildet, jedoch beeinträchtigen Balkonbrüstungen im Bereich der unteren Fensterreihen die horizontale Sicht nach außen. Die inneren Raumbooberflächen der Rauchstube sind stark patiniert. Die Berechnung der Lichtreflexionseigenschaften der raumumschließenden Oberflächen ergibt Werte von $\rho_{\text{wand}} = 0,07$, $\rho_{\text{Decke}} = 0,05$, $\rho_{\text{Boden}} = 0,1$. (Die Reflexionseigenschaften der Raumbooberflächen entsprechen jenen anderer Rauchstubenhäuser wie den Gehöften Laarer, Säuerling und Großschrotter.) Die computerunterstützte Tageslichtsimulation ergibt einen Tageslichtquotient-Mittelwert von 0,11 %. Der Höchstwert von 0,73 % liegt im fensternahen Bereich an der Stubenaußenwand, innenliegende, fensterferne Raumzonen sind gleichsam unbelichtet. Die Simulationen von Beleuchtungsstärken auf Höhe der Messebene zu unterschiedlichen Jahreszeiten und unter Annahme eines bedeckten Himmels ergeben Mittelwerte von 7,1 lx (21.12., 12:00), 15 lx (21.3., 12:00) und 21 lx (21.6., 13:00). Die Höchstwerte der vorherrschenden Beleuchtungsstärken liegen bei 47,7 lx (21.12., 12:00), 100 lx (21.3., 12:00) und 139 lx (21.6., 13:00). Helligkeitssimulationen der Stubeninnenansicht (Blick vom Stubeneingang in Richtung Herrgottswinkel, Distanz circa 6,5 m) ergeben an allen Wandoberflächen Leuchtdichten von weniger als 1 cd/m². Höhere Helligkeiten von bis zu 3 cd/m² treten auf horizontalen Flächen wie dem Fußboden auf.

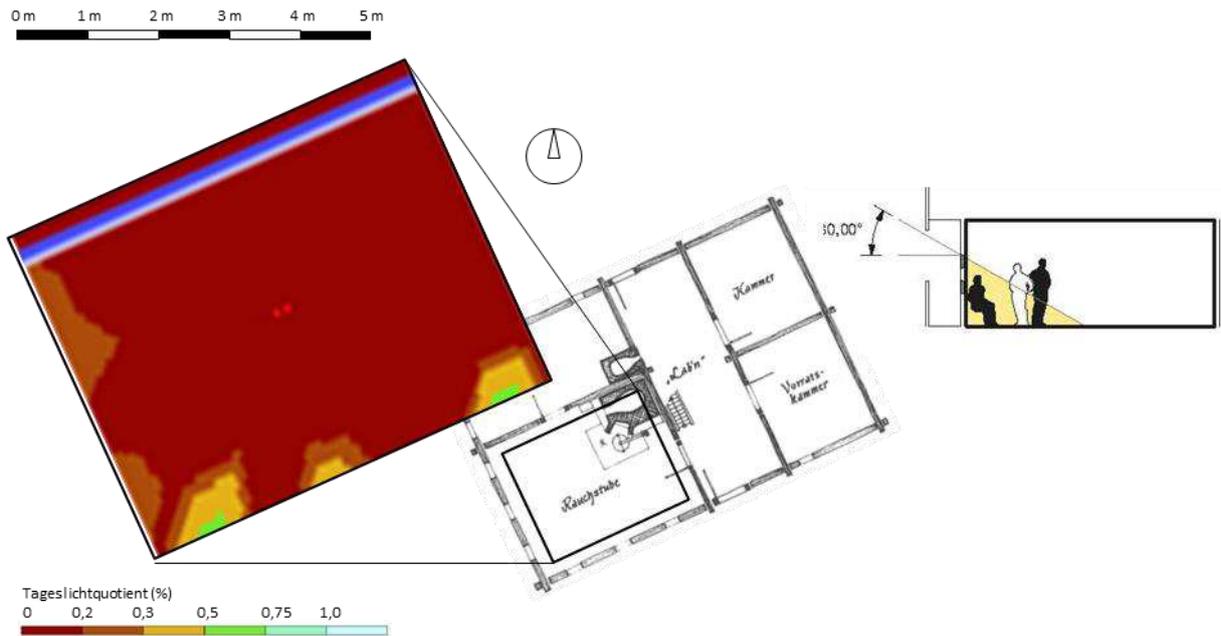


Abbildung 347: Gebäudegrundriss (Pöttler, 1992b, S. 211) mit Falschfarbendarstellung der Tageslichtquotient-Verteilung auf horizontaler Messebene im Stubenbereich

Abbildung 348: Gemäß 30-Grad-Regel lichtbegünstigter Raumbereich

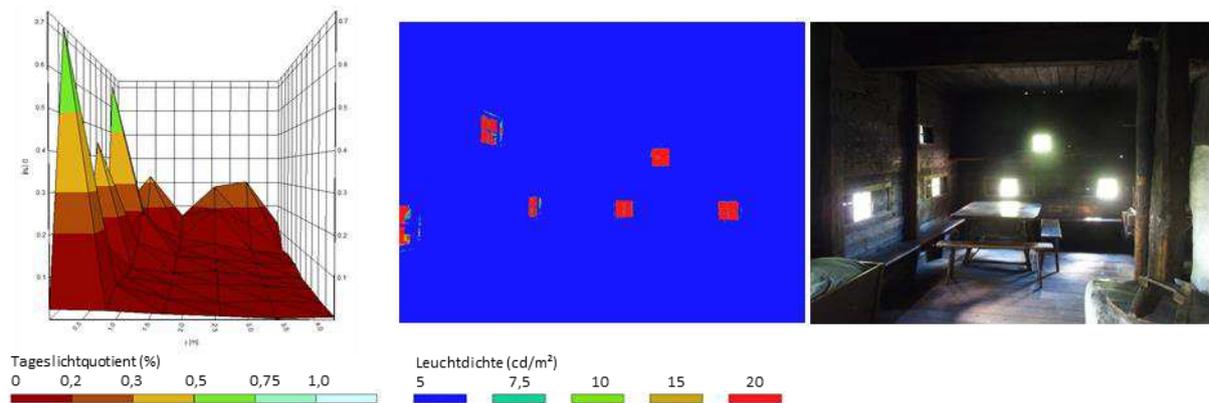


Abbildung 349: 3D-Gebirgsdarstellung der Tageslichtquotient-Niveaus

Abbildung 350: Falschfarbendarstellung der Helligkeitsverteilungen auf den inneren Raumboberflächen

Abbildung 351: Stubenansicht

Thermische Konditionierung

Im Gehöft Paule waren insgesamt drei Feuerstätten angeordnet, von denen zwei im Museumsobjekt realisiert sind. In der Rauchstube befindet sich eine große Doppelfeuerstelle, deren Herd und Funkenhut diagonal in den Innenraum hineinragen. Ein getrennt vom Herd beheizbarer Backofen diente als Kochofen, dessen gemauerte Ummantelung auch als Schlafplatz verwendet wurde. Das Blatt der Rauchstubentür zwischen Vorhaus und Stube ist zweigeteilt. Über den separat öffnenbaren, oberen Flügel kann Rauch aus der Stube in das Vorhaus entweichen und in den über dem Türsturz ansetzenden Rauchschlot eingeleitet werden. Durch diesen wird der Rauch durch alle Geschoße und über eine Dachgaube im Dachbodenbereich ins Freie geführt. Der Kachelofen in der an die Rauchstube angrenzenden Wohn- bzw. Schlafstube wird vom Vorhaus aus beheizt. Die lichte Durchgangshöhe der Verbindungstüre zwischen Rauch- und Wohnstube beträgt 1,54 m, ihre geringe Dimensionierung vermindert den Rauchübertritt zwischen den beiden Aufenthaltsräumen. (vgl. PÖTTLER, 1992b, S. 212)

Eine dritte Feuerstätte befand sich einst in der sogenannten Ofenkammer oberhalb der Wohnstube. Diese wurde vom Vorhaus des Obergeschoßes aus beheizt, ihr Rauch wurde über den Vorraum bzw. über Deckenfugen in den Dachraum und von dort über die Gaupe und die Ansatzlücken ins Freie geleitet. Die Ansatzlücken beschleunigten den Abzug des Rauches der offenen Feuerstellen, der trotz der Rauchschröte in den Dachraum gelangte. (vgl. PÖTTLER, 1992b, S. 204)



Abbildung 352: Feuerstätte mit diagonal in den Rauchkuchenraum ragendem Funkenhut (Pöttler, 1992b, S. 212)

Abbildung 353: Eingangstüre in die Küche mit darüber ansetzendem Rauchschröte

Abbildung 354: Rauchableitung über Decken- und Dachfugen sowie Gaupe und Ansatzlücken

Der für Heizwärmebedarfs-Berechnungen als thermisch zu konditionieren angenommene Wohnbereich umfasst ein Volumen von $650,8 \text{ m}^3$ mit einer Gesamtoberfläche von 506 m^2 . Die charakteristische Länge l_c der Raumzone beträgt $1,29 \text{ m}$, die Bezugs-Grundfläche $188,5 \text{ m}^2$. Die raumumschließenden Holzbauelemente sowie die Fensterkonstruktionen weisen einen mittleren U-Wert von $1,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ auf. Der errechnete und auf das Standortklima bezogene Heizwärmebedarf HWB_{SK} beträgt $306,25 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Der Referenz-Heizwärmebedarf HWB_{RK} liegt bei $208,85 \text{ kWh/m}^2\text{K}$. Der im Renovierungsfall nach aktuell geltender Richtlinie ermittelte Höchstwert von $61,7 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ wird 3,4-fach übertroffen. Die Oberfläche des als zu konditionieren angenommenen Wohnbereiches ist zu rund 40 % außenraumexponiert, 60 % grenzen an das Erdreich sowie an als unbeheizt angenommene Raumbereiche wie Dachboden und Getreidekasten. Unter Annahme einer im 17. Jahrhundert gegenüber der Betrachtungsperiode 1971–2000 um rund 7 % erhöhten Anzahl an Heizgradtagen würde sich der Heizwärmebedarf HWB_{SK} des um 1690 errichteten Gebäudes um 6 % auf $325 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ erhöhen. (Stallungen und Einlagerungsstätten für Heu und Stroh waren im Wohnspeicherbereich des Gehöftes nicht vorgesehen, sondern im separat errichteten Blockstadel untergebracht. Daher erfolgen keine Energiebedarfsberechnungen mit als verringert angenommenen Wärmetransmissionskoeffizienten der Außenbauteile.)

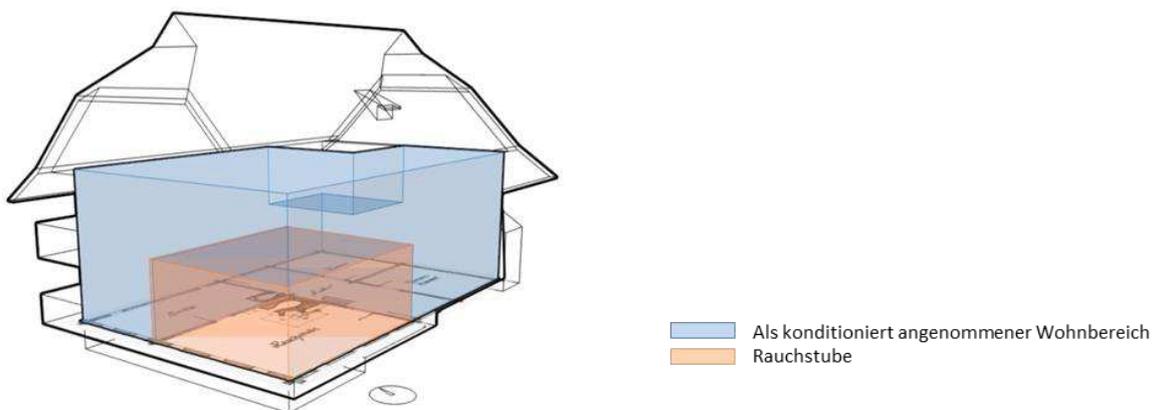


Abbildung 355: Baukörpergeometrie des als zu konditionieren angenommenen Wohnbereichs und seine Lage im Gebäudeverbund

Factsheet Wohnspeicherhaus Paule

					
Wohntrakt Ringhof Paule an seinem Originalstandort (Pöttler, 1992b, S. 208)		Originalstandort Saureggen (2016)		Lage Ebene Reichenau in grünlanddominierter Kulturlandschaft des Berglandes (Wrbka u. a., 2005, S. 29)	
Hoftypus	Paar- / Ringhof		Östliche Länge	13,86°	
Errichtungsjahr datiert auf	1690		Nördliche Breite	46,88°	
Gesamtvolumen	1056	m ³	Seehöhe	1164	m
Kubatur des Wohnbereiches	651	m ³	Heizgradtage (ZAMG-Angabe)	5518	(-)
Wohnnutzfläche	208	m ²	Jahresniederschlag	1148	mm/m ²
Charakteristische Länge Wohnbereich	1,29	m	Globalstrahlung	1221	kWh/m ² a
Ø U-Wert	1,05	W/m ² K	Heizwärmebedarf (HWB_SK)	306,3	kWh/m ² a
Gesamtfensterfläche / Fassadenfläche (WWR)	2	%	HWB (Errichtungszeit-bezogen)	325	kWh/m ² a
Außenraumexposition der Gebäudehülle	40	%	HWB (bauteiloptimiert)	k. A.	kWh/m ² a
Gesamtfensterfläche / Wohnnutzfläche	2,05	%	Ø Oberflächenreflexion Stube	7,6	(-)
Ø Fenstergröße	0,14	m ²	Tageslichtquotient Stube	0,11	%
Stubenfensterfläche / Stubennutzfläche	1,6	%	Ø Beleuchtungsstärke Stube*	14	lx
* Mittelwert der eruierten, mittäglichen Beleuchtungsstärken am 21.3., 21.6. und 21.12.					
<p>Besondere Merkmale</p> <p>Die auf das Jahr 1690 datierte Entstehungszeit des Gehöftes Paule fällt ebenso wie die des Großschrotters in den Zeitabschnitt des sogenannten Maunder-Minimums und einer damit korrespondierenden Temperaturdepression. Der einstige Errichtungsort des Wohngebäudes ist der südlichste Vergleichsstandort, und weist die niedrigste mittlere Jahrestemperatur auf. Gleichzeitig sind die nachgewiesene Globalstrahlungssumme und deren Direktstrahlungsanteil verhältnismäßig hoch. Die Wohnbereichskubatur des Wohnspeichergebäudes ist stark außenraumexponiert. Der Fensterflächenanteil der Fassaden weist den geringsten Wert aller Untersuchungsobjekte auf, die Anzahl der Öffnungen ist jedoch hoch. Die eruierten Werte für den Tageslichtquotienten und die Beleuchtungsstärke in der durch insgesamt acht Fenster belichteten Stube entsprechen in etwa den Ergebnissen der Lichtberechnungen für die weiteren Rauchstuben des ausgewählten Gebäudesamples.</p>					

Abbildung 356: Datenblatt Wohnspeicherhaus Paule

Einhof Säuerling, Einach an der Mur in der Steiermark

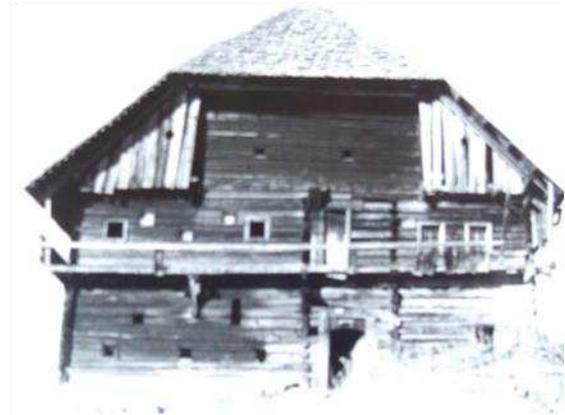


Abbildung 357: Der Säuerling auf dem Gelände des Österreichischen Freilichtmuseums

Abbildung 358: Der Säuerling an seinem ursprünglichen Errichtungsort in Einach an der Mur im Jahr 1963 (Archiv ÖFLM Stübing, 1963)

Die Gehöfte in der Region Oberes Murtal, den zur Mur führenden Seitentälern und der Krakauenebene bis in den Salzburger Lungau sind durch breite Giebelfronten, Doppelgeschoßigkeit und Laubengänge im Obergeschoßbereich, die sich über die gesamte Giebel- und teilweise über die Traufseiten erstrecken können, charakterisiert. Die ebenerdigen Etagen sind meist gemauert, die Obergeschoße sind in der Regel als Blockbauten ausgeführt, die von mittelsteilen Halbwalmdächern überdeckt sind. (vgl. MILAN & SCHICKHOFER, 1992, S. 34) Die Wohnbereiche der regionaltypischen Einhöfe sind meist giebelseitig erschlossen, bei Paarhöfen liegen die Zugänge auch traufseitig. Die zentralen Wohnräume waren einst Rauchstuben, die jedoch ab Mitte des 19. Jahrhunderts fast durchwegs aufgegeben wurden. (vgl. PÖTTLER, 2001, S. 10f)

Das Gehöft Säuerling ist ein für das Gebiet in der Krakau nahe der Grenze zum Lungau typischer, voll gezimmerter Einhof, der einer frühneuzeitlichen Baugeschichte im Zeitraum zwischen 1550 und 1770 zugeordnet wird. (vgl. PÖTTLER, 2001, S. 10f) Der ehemalige Standort liegt am Zischkaberg in der Region Stadl und Predlitz-Turrach oberhalb der Ortschaft Einach an der Mur auf etwa 1200 m Seehöhe (Geographische Standortdaten: 47° 05' 43" N, 13° 56' 56" O). Die Lage im Bereich einer exponierten, südorientierten Sonnenterrasse ermöglicht einen uneingeschränkten Fernblick nach Osten, Süden und Westen. Das unterhalb des Standortes liegende Gelände fällt steil nach Südwesten hin ab. Am ehemaligen Bauplatz, der heute als Weide genutzt wird, erinnern nur noch schemenhafte Spuren an die einstige Existenz des Gehöftes. Block- und Einöd-Blockfluren sind die regionaltypischen Flurformen, in höheren Lagen liegen Waldland und Almen. Weiler und Dörfer sind die bestimmenden Ortsformen der Tallagen, Kleinweiler und Streusiedlungen sind für die Besiedelung der Hochtäler und Hänge charakteristisch. (vgl. KLAAR, Kap. 19) Bandförmig ausgedehntes Waldland, grünlandgeprägte Kulturlandschaften des Berglandes sowie Wiesen und Weideflächen wechseln einander als dominierende Landnutzungsformen ab. (vgl. WRBKA u. a., 2005, S. 29)

Ein erstes schriftliches Zeugnis über bäuerliche Anwesen in Zischka ist aus dem 15. Jahrhundert überliefert. Quellen, die auf das Gehöft Säuerling selbst hindeuten, stammen aus dem 16. Jahrhundert. Die Inhaber sind seit Ende des 17. Jahrhunderts erfassbar, der Hofname Säuerling wurde jedoch erst aus Quellen aus der Mitte des 18. Jahrhunderts ersichtlich. (vgl. MITTERMÜLLER, 2001, S. 83) Angesichts von Bausubstanz und Bauweise ordnet Pöttler das Gehöft dem 16. Jahrhundert zu. Diese Annahme wird hofgeschichtlich durch die Benennung eines gewissen Hans Weilharter als Hofbesitzer im Jahr 1582 untermauert bzw. von dendrochronologischen Untersuchungen und der Datierung des Alters von

Bauelementen auf das Jahr 1591 bestätigt. (vgl. GRABNER, 2014, S. 10) (GRABNER, 2017) Im Jahr 1751 erfolgte ein Gebäudeumbau, bei dem unter anderem ein Hochspeicher unter dem in seiner heutigen Form in Erscheinung tretenden Pfettendachstuhl errichtet wurde. Aus dieser Zeit stammt ein entsprechender, an einer Säule im Dachstuhlbereich angebrachter Vermerk. (vgl. PÖTTLER, 2001, S. 8ff) Die Errichtung eines Zu- und Erweiterungsbaues im westlichen Gebäudebereich wurde an der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert realisiert. Anlässlich dieser Bauveränderung wurde eine Tennbrücke samt einer aus mächtigen Bohlen bestehenden Auffahrt in den Wirtschaftstrakt erstellt. (vgl. PÖTTLER, 2001, S. 21ff)

Im Jahr 1963 erfolgte der Abbau des Gehöftes, das zu diesem Zeitpunkt bereits unbewohnt war. (vgl. PÖTTLER, 2001, S. 6) Abbildungen, die während der Demontage entstanden sind, lassen Unterschiede zwischen dem Originalgebäude an seinem ursprünglichen Standort und dem wiedererrichteten Museumsobjekt erkennen. Darauf sind etwa zwei giebelseitige, ostorientierte Fenster im Obergeschoß erkennbar, die gegenüber den im Zuge des Wiederaufbaus an gleicher Stelle realisierten Blockbaufenstern deutlich vergrößert sind. Zudem war das Dach der rückwärtigen, gemauerten Gebäudeerweiterung einst mit kleinformatigen Schindeln gedeckt. Am wiederaufgebauten Museumsobjekt sind hingegen durchgängig großformatige Holzschindeln verwendet. Die Lage des wiedererrichteten Gebäudes an der südorientierten Talseite des Museumsgeländes sowie seine Ostwest-Orientierung entsprechen der Ausrichtung am ursprünglichen Standort. Aufgrund der Talenge kann die ehemals exponierte Lage auf einer Sonnenterrasse oberhalb von Einach an der Mur jedoch nicht vollends wiedergegeben werden.

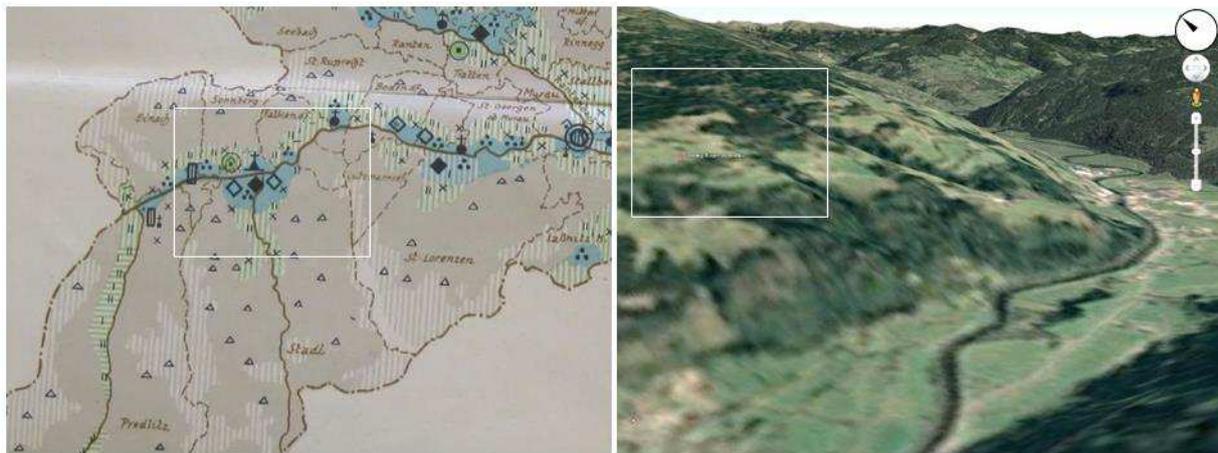


Abbildung 359: Siedlungsformenkarte nach Adalbert Klaar mit Siedlungs-, Flur- und Gehöftformen in der Region Einach an der Mur

Abbildung 360: Geländedarstellung des Originalstandortes aus südwestlicher Richtung (Google Earth, Screenshot 12.7.2016)



Abbildung 361: Nordostansicht des Gebäudes am Originalstandort (Pöttler, 2001 S. 6)

Abbildung 362: Originalstandort aus nordöstlicher Richtung (2016)

Abbildung 363: Draufsicht auf das Ausstellungsgebäude auf dem Museumsgelände (Google Earth, Screenshot 14.9.2018)

Aktuelle und historische Klimasituation

Im Oberen Murtal ist kontinental-inneralpines Beckenklima vorherrschend. In Höhenlagen kommt die Klimagunst der mittleren und inneralpiner Lagen zum Tragen. In der Höhe ist es im Winter sonniger und milder als im Tal, die Sommer sind hingegen kühler. Die Region ist gegen Wetterfronten abgeschirmt und daher tendenziell niederschlagsarm und windschwach. (vgl. AUER u. a., 2001, Kap. Stationen) Die durchschnittliche Jahrestemperatur, gemessen an der dem Gebäudestandort nächstgelegenen ZAMG-Klimastation Stolzalpe auf 1305 m Seehöhe und in 18 km Entfernung, liegt bei 4,9 °C. Der Maximalwert der monatlichen Tagesdurchschnittstemperaturen erreicht im Juli 14,1 °C, der Dezember ist mit einem Tagesmittelwert von -5,2 °C der kälteste Monat. Die Anzahl der jährlichen Heizgradtage liegt bei 4629. Die Gesamtniederschlagsmenge erreicht einen Wert von 922,5 mm/m²a, wobei die meisten Niederschläge mit 134,7 mm/m² im Juli, die geringsten mit 37,1 mm/m² im Februar auftreten. Die jährliche Gesamtstrahlungssumme beträgt 1222,53 kWh/m², der Direktstrahlungsanteil liegt dabei bei 46,2 %. Die durchschnittliche jährliche Windgeschwindigkeit beträgt 1,9 m/s, Hauptwindrichtung ist West mit einem Windrichtungsanteil von 30,7 %. Der Kalmenanteil liegt bei 2,5 %.

Das Temperaturniveau im 16. Jahrhundert lag klimahistorischen Angaben zufolge um 0,52 °C unter jenem des Betrachtungszeitraumes 1971 – 2000. Die negativen Abweichungen der mittleren Monatstemperaturen betragen im Winter (Dezember, Jänner, Februar) 0,96 °C, im Sommer (Juni, Juli, August) 0,21 °C. (vgl. MAUELSHAGEN, 2010, S. 67) Die standortbezogene Anzahl der Heizgradtage im 16. Jahrhundert wird mit 4870 angenommen, und ist damit gegenüber dem Wert von 4629 Heizgradtagen in der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 um etwa 5 % erhöht. Pfister erwähnt für das ausgehende Drittel des 16. Jahrhunderts eine negative Klimaveränderung und Temperaturrückgänge in allen Jahreszeiten, mit Ausnahme des Herbstes, wobei die in ganz Europa bemerkbaren Abweichungen in den Jahren 1585 bis 1597 (einem in der Gebäudegeschichte wesentlichen Zeitabschnitt) einen Höhenpunkt erreichten. (vgl. PFISTER u. a., 1999, S. 75)

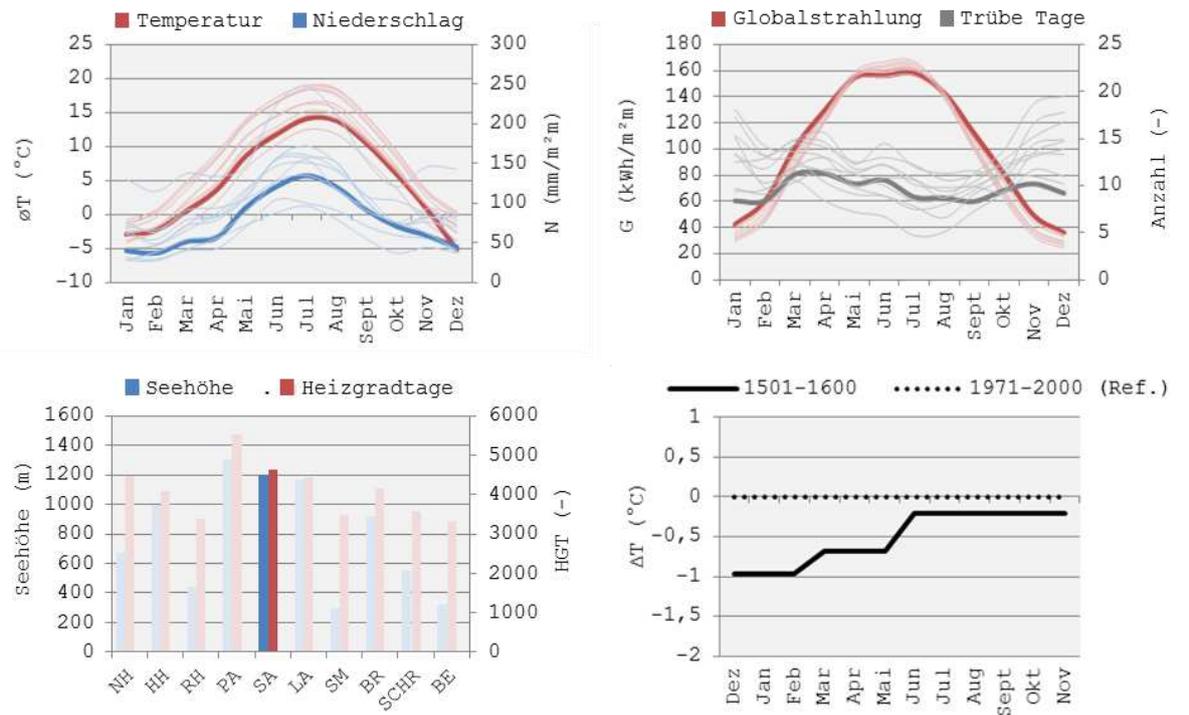


Abbildung 364: Klimadiagramme; Monatsmittelwerte von Lufttemperatur und Niederschlag (oben links), durchschnittliche monatliche Globalstrahlung und Anzahl an Tagen mit einem Bewölkungsmittel $>80\%$ (oben rechts), Seehöhe und jährliche Heizgradtage (unten links), Abweichungen der Temperatur-Jahreszeitenmittel der Periode 1501 – 1600 vom Mittelwert der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 (unten rechts)

Raumorganisation

Der Säuerling ist ein sekundärer Einhof, bei dem ehemals getrennte Gebäude für Wohnung, Stall und Bergeräume zu einer arbeitstechnisch zweckhaften und sogenannten inhäusigen Raumverbindung vereint wurden. (vgl. PÖTTLER, 2001, S. 12f) Der auf einem Ausgleichssockel aus Bruchsteinen und über einer bebauten Fläche von 290 m^2 errichtete Baukörper wird von einem Schopfwalmdach überdeckt, dessen Firstlinie am Originalstandort ostwestorientiert war. (vgl. PÖTTLER, 2001, S. 20f) Die Gesamtkubatur des Gebäudes beträgt circa 2489 m^3 . Der Wohnbereich umfasst davon ein Volumen von 579 m^3 und weist eine Nutzfläche von 169 m^2 auf. Man betritt das Gebäude durch eine archaische, aus 50 cm breiten und 5 cm starken Brettern gezimmerte, knapp außermittig positionierte Haustüre an der ostorientierten Giebelfassade, und gelangt in einen $2,2\text{ m}$ breiten firstparallelen Mittelflur. Links vom Eingang erreicht man die $31,5\text{ m}^2$ große Rauchstube, daran anschließend befindet sich eine 13 m^2 große Vorratskammer. An der gegenüberliegenden Seite des Mittelflurs in der nordöstlichen Gebäudeecke liegt eine etwa $16,5\text{ m}^2$ große und mit Fichtenbrettern ausgekleidete Stube, deren Kachelofen vom Hausgang aus beheizt wird. An diese Kachelstube grenzt eine circa $10,6\text{ m}^2$ große, nach Norden orientierte Abstellkammer. Eine etwa einen Meter breite Stiege erschließt den oberen Hausflur. Oberhalb der Rauchstube liegt eine weitere, circa 27 m^2 große Kachelstube, deren Hinterlader-Ofen vom oberen Hausgang aus beheizt wurde. Daneben befindet sich eine einst nach Süden orientierte Schlafkammer. In der Nordostecke des Hauses liegt eine weitere Schlafkammer, die vermutlich im 19. Jahrhundert entstanden ist und deren Fenster deutlich größer ausgeführt sind als die der südorientierten Wohnräume. Ein an diese Kammer angrenzender, $10,6\text{ m}^2$ großer Abstellraum diente auch als Zugang zu einem Abort, der an die nördliche Außenwand angebaut ist. Vom oberen Hausgang aus erreicht man den entlang der Giebel- und südlichen Traufseite verlaufenden, $0,65\text{ m}$ breiten Laubengang, der als

Gwandgang zur Trocknung und Lüftung von Kleidung genutzt wurde. Vom Obergeschoß aus führt eine grob gezimmerte Blockstiege in das Dachgeschoß. Oberhalb der Wohnräume liegt dort giebelseitig ein 33,16 m² großer, in Blockbauweise erstellter Hochspeicher, der wahrscheinlich im Jahr 1751 im Zuge eines umfassenden Hausumbaus errichtet wurde. (Für die gegenüber anderen Bauelementen spätere Datierung sprechen unter anderem die passgenau ausgeführte Blockbauzimmerung sowie die kleineren Abmessungen und Querschnitte der Wandhölzer.) Der Speicherraum diente im Sinne eines Schüttbodens zur Lagerung von Getreide, Mehl, aber auch von Fleisch, Brot und anderen Lebensmitteln. Durch eine Tür im ebenerdigen Hausflur erreicht man die Stallräume. Links und rechts des 3,8 m breiten und 14 m langen, firstparallelen Stallganges, der auch als Hof bezeichnet wird, sind Abteilungen für Pferde, Rinder und Schweine angeordnet. Die Futterstände für insgesamt acht Rinder waren neben dem Wohnbereich positioniert, sodass die Tiere von der Vorratskammer neben der Küche aus durch eine kleine Wandöffnung beobachtet werden konnten. Die Ställe waren als Umlaufställe ausgebildet, in denen sich die Tiere frei bewegen konnten. An die in Blockbauweise gezimmerten Stallungen schließt ein 4,7 m mal 13,15 m großer gemauerter Zubau an, der aus dem 19. Jahrhundert stammen dürfte. Diese Gebäudeerweiterung kann von außen betreten werden, und diente als Umlaufstall sowie Abstellraum für Arbeitsgeräte. Das Obergeschoß des Wirtschaftsteiles kann durch eine 3,4 m breite Tennbrücke, die im Zuge eines Gebäudeumbaus errichtet wurde, befahren werden. Eine inhäusige Auffahrtsrampe führt bis hinauf zum Hochspeicher. Der eingeschränkt nutzbare Raumbereich zwischen Auffahrtsrampe und Stalldecke wurde als Lagerraum verwendet. (vgl. PÖTTLER, 2001, S. 49ff)

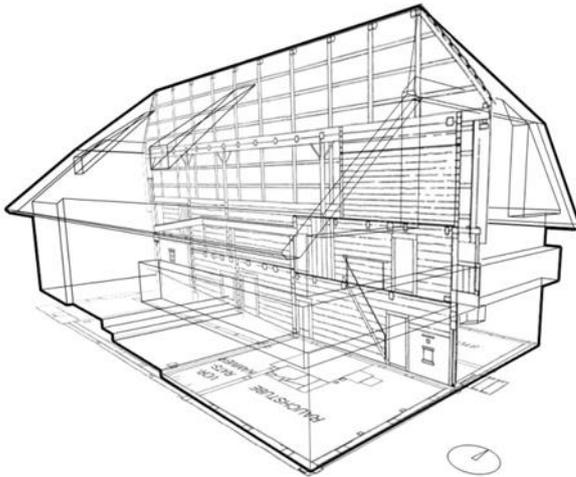


Abbildung 365: Baukörpergeometrie



Abbildung 366: Grundrissdarstellung von Erd- und Obergeschoß des Wohnbereiches

Bauweise

Fast der gesamte, auf einem Bruchsteinsockel errichtete Baukörper ist in überkämmteter Blockbauweise mit vorstehenden Balkenenden, den sogenannten *Schrotköpfen*, gezimmert. Im Wohnbereich sind kantig behauene Wandhölzer mit Wandstärken von 12 cm bis 15 cm verfugt verarbeitet, der Wirtschaftsteil ist aus waldsäumig belassenen Hölzern, deren Außenkante von der Wachstumsschicht des Baumes gebildet wird, erstellt. Dadurch entstehen massive Holzwände mit Wandstärken von bis zu 30 cm. Die Zwischenräume der Wandhölzer sind im Bereich von Wohnräumen mit Moos abgedichtet, die Außenwände unbewohnter Raumzonen bleiben unverfugt. An den in Holzbauweise erstellten Baukörper wurde nachträglich ein über die gesamte Giebelseite reichender, gemauerter Zubau angebaut, der sich auch im Dachgefüge durch Pfettenverlängerungen und zusätzliche Stuhlsäulen abzeichnet. (vgl. PÖTTLER, 2001, S. 21ff) Der Fußbodenaufbau im Erdgeschoß des Wohnbereiches besteht aus breiten, auf Polsterhölzern gelagerten Holzbrettern, die Zwischendecken sind als Bretterböden auf Holztramen ausgeführt.

Das Dach des Säuerlings ist ein an beiden Giebelseiten zu einem Drittel abgewalmtes Schopfdach, das eine Neigung von circa 43 Grad aufweist. Die von der Pfettenstuhlkonstruktion gestützten Rofen bilden traufseitig eine Dachauskragung von etwa 1,2 m über die Fassadenebene. An der südorientierten Dachfläche sind zwei Gaupen zur Belichtung und Belüftung des Dachgeschoßes angeordnet. Die Dachhaut besteht aus 2 m langen Lärchenbrettern, die Schöpfe im Giebelbereich sind mit Schindeln gedeckt. (vgl. PÖTTLER, 2001, S. 56ff)

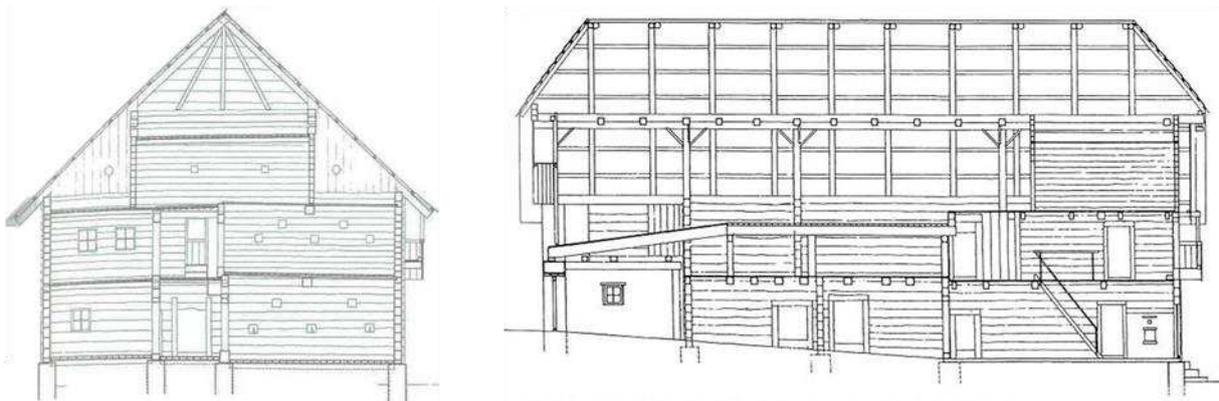


Abbildung 367: Gebäudequerschnitt im Bereich von Rauch- und Kachelstube (Pöttler, 2001, S. 21)

Abbildung 368: Längsschnitt durch den Flurbereich (Pöttler, 2001, S. 51)



Abbildung 369: Überkämmtete Blockbaukonstruktion mit vorstehenden Balkenenden

Abbildung 370: Blockbaukonstruktion auf Natursteinsockel im Bereich des Hauseinganges

Abbildung 371: Pfettenstuhldachkonstruktion und Innenansicht des Hochspeichers

Solare Baukörperexposition

Aufgrund seiner Lage auf einer Geländeterrasse eines südwestorientierten Berghangs über dem Murtal ist der ehemalige Standort des Gehöftes Säuerling ganzjährig sonnenexponiert. Sonnenverlaufsstudien ergeben eine effektiv mögliche Standort-Besonnung zur Wintersonnenwende (21.12.) zwischen 8:00 Uhr morgens und 16:00 Uhr nachmittags. Die ostorientierte Fassade konnte ganzjährig während der Vormittagsstunden besonnt werden. Bei steilem Strahlungseinfallswinkel in den Sommermonaten wurde die Südfassade im Obergeschoßbereich durch die Dachauskragung verschattet. Die nordorientierte Fassade war ebenso wie die nordseitige Dachfläche während des gesamten Winterhalbjahrs unbesonnt. Dachgaupen im südorientierten Dachbereich erlaubten ganzjährig Direktlichteintrag in den offenen Dachraum.

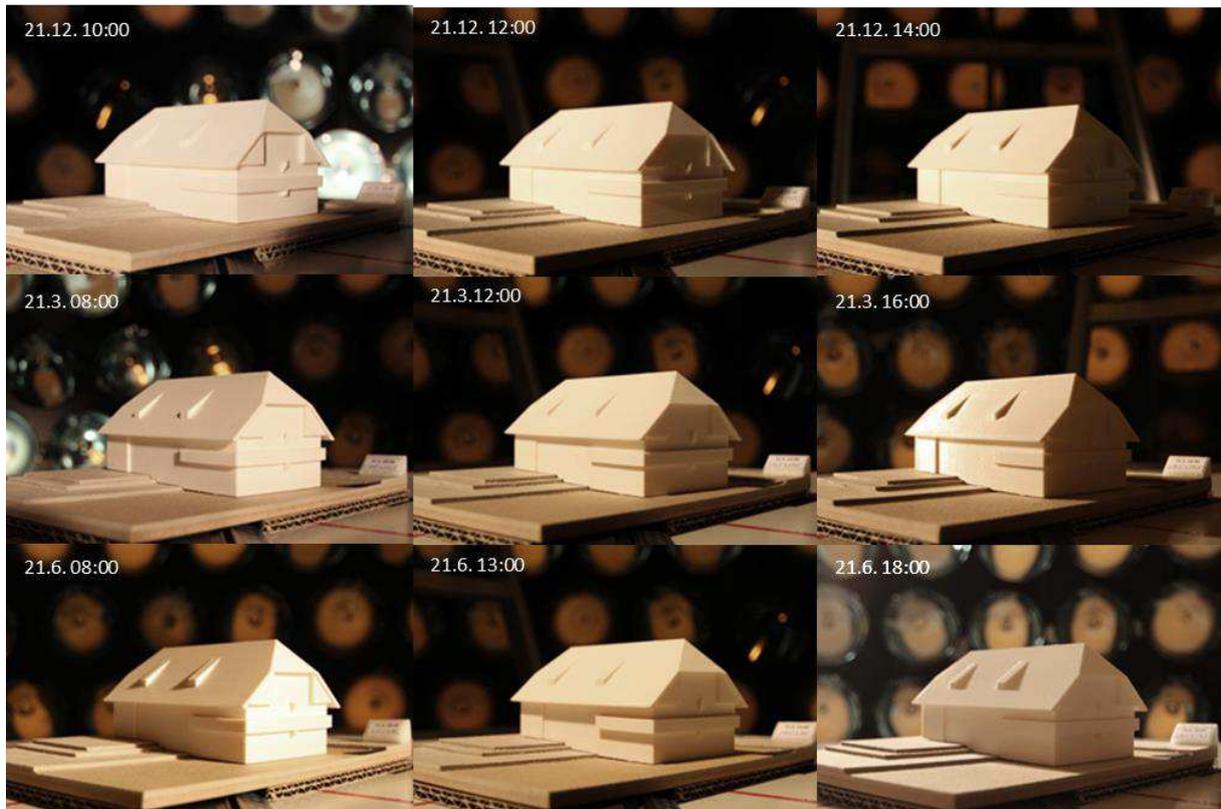
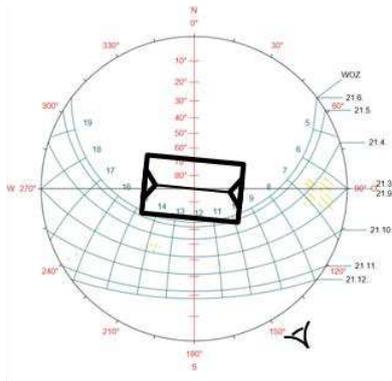


Abbildung 372: Sonnenbahndiagramm und Gebäudeorientierung (oben), Baukörper-Direktlichtstudien bei unterschiedlichen Sonnenpositionen

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Dissertation ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this doctoral thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Abbildung 373: Sonnenverlauf am 21.12. am Originalstandort

Fassadenöffnungen und natürliche Raumbelichtung

Die Außenhülle des Wohntraktes weist insgesamt 26 Fensteröffnungen im Größenordnungsbereich zwischen 0,07 m² und 0,46 m² auf. Die mittlere Fenstergröße beträgt 0,15 m². Die Gesamtsumme aller Fensterflächen liegt bei 3,9 m², dies entspricht einem Flächenanteil von 2,3 % der Außenfassadenflächen. Rund 47 % der Gesamtfensterfläche waren ehemals nach Osten ausgerichtet, 36 % waren nord- und 17 % südorientiert. Bezogen auf eine Wohnnutzfläche von 169,3 m² beträgt der Fensterflächenanteil etwa 2,3 %. Durchschnittlich sind jedem der zehn dem Wohnbereich zugehörigen Räume 2,6 Fenster zugeordnet.

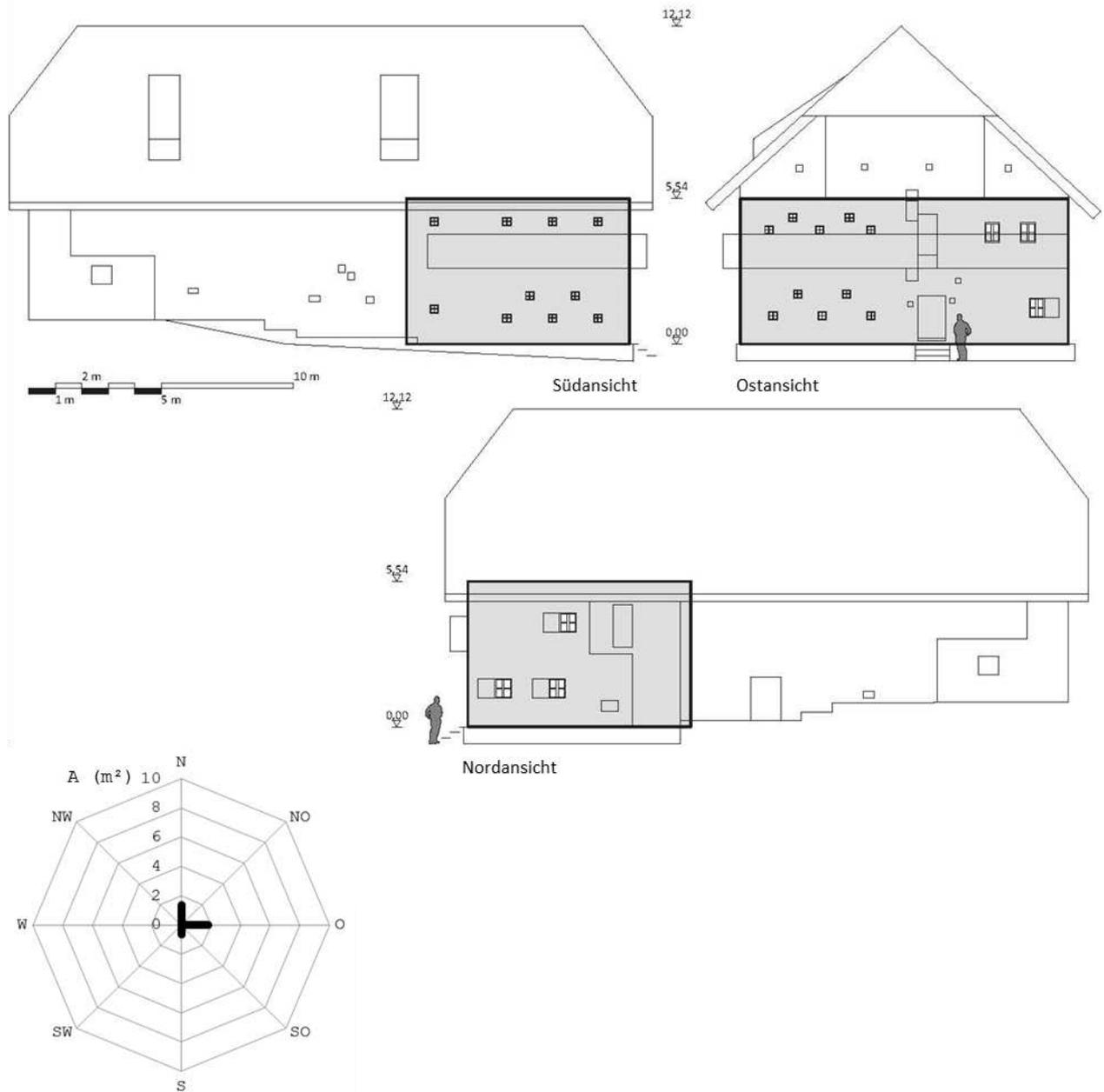


Abbildung 374: Außenansichten der Wohnbereichskubatur

Abbildung 375: Diagramm zur Darstellung der unterschiedlichen Fensterflächen-Orientierungen

Die 5,9 m x 5,6 m große und 2,85 m hohe Rauchstube des Säuerlings liegt in der ehemals südöstlichen Gebäudeecke und wird durch insgesamt zehn höhengestaffelte Blockbaufenster in der Größe von je 0,07 m² belichtet. Die Gesamtfenstergröße beträgt 0,7 m², die Lichteintrittsfläche erreicht 2,2 % der rund 32 m² großen Bodenfläche des Wohnraumes. Die Fensteröffnungen sind mit zwei Schubern verschließbar, wovon einer verglast, ein weiterer aus einem einfachen Holzbrett gefertigt ist. (Bis ins 18. Jahrhundert wurden Fenster meist ohne Rahmenstöcke gefertigt. Ab dem 18. Jahrhundert fanden Rahmenstock- und Kastenfenster auch in bäuerlichen Gebäuden vermehrten Eingang. [vgl. PÖTTLER, 2001, S. 43]) Der Glasanteil der quadratischen 26 cm x 26 cm großen, verschiebbaren Fensterflügel beträgt etwa 60 %. Die Leibungen der Fensteröffnungen sind außenseitig trichterförmig ausgebildet.



Abbildung 376: Blockbaufenster mit Leibungsabschrägung im Außenbereich

Abbildung 377: Fensterinnenansicht mit verschiebbarem Glaselement

Abbildung 378: Innenansicht höhengestaffelter Blockbaufenster

Die Parapethöhe der unteren Fensterreihe der ehemals ostorientierten Stubenwand beträgt 95 cm, die an der südseitigen Außenfassade 86 cm. Die Sturzhöhen der oberen Fensterreihen liegen circa 2 m über dem Fußboden, ihre hohe Position begünstigt die Aussicht auf den freien Himmel bis in Raumtiefen von etwa 3,3 m. Die inneren Raumbooberflächen der Rauchstube sind stark patiniert und erreichen etwa folgende Lichtreflexionsgrade: $\rho_{\text{wand}} = 0,06$, $\rho_{\text{Decke}} = 0,06$, $\rho_{\text{Boden}} = 0,11$. (Die Reflexionseigenschaften der Raumbooberflächen entsprechen in etwa jenen anderer Rauchstubenhäuser wie den Gehöften Laarer, Großschrotter und Paule.)

Die computerunterstützte Tageslichtsimulation ergibt einen Tageslichtquotient-Mittelwert von 0,11 %. Der Höchstwert von 0,47 % wird im Bereich der äußeren Raumecke erreicht, der geringste Wert von 0,01 % liegt in der fensterfernen, inneren Raumecke im Bereich der Feuerstelle. Die Simulationen von Beleuchtungsstärken auf Höhe der Messebene zu unterschiedlichen Jahreszeiten und unter Annahme eines bedeckten Himmels ergeben Mittelwerte von 7 lx (21.12., 12:00), 15 lx (21.3., 12:00) und 20,3 lx (21.6., 13:00). Die Beleuchtungsstärken-Höchstwerte liegen bei 32 lx (21.12., 12:00), 69 lx (21.3., 12:00) und 93,2 lx (21.6., 13:00). Helligkeitssimulationen der Stubeninnenansicht (Blick vom Stubeneingang in Richtung Herrgottswinkel, Distanz circa 6 m) ergeben an allen Wandoberflächen Leuchtdichten von weniger als 1 cd/m², Werte von 2 cd/m² treten auf der horizontalen Fußbodenoberfläche im Bereich des Herrgottswinkels auf.

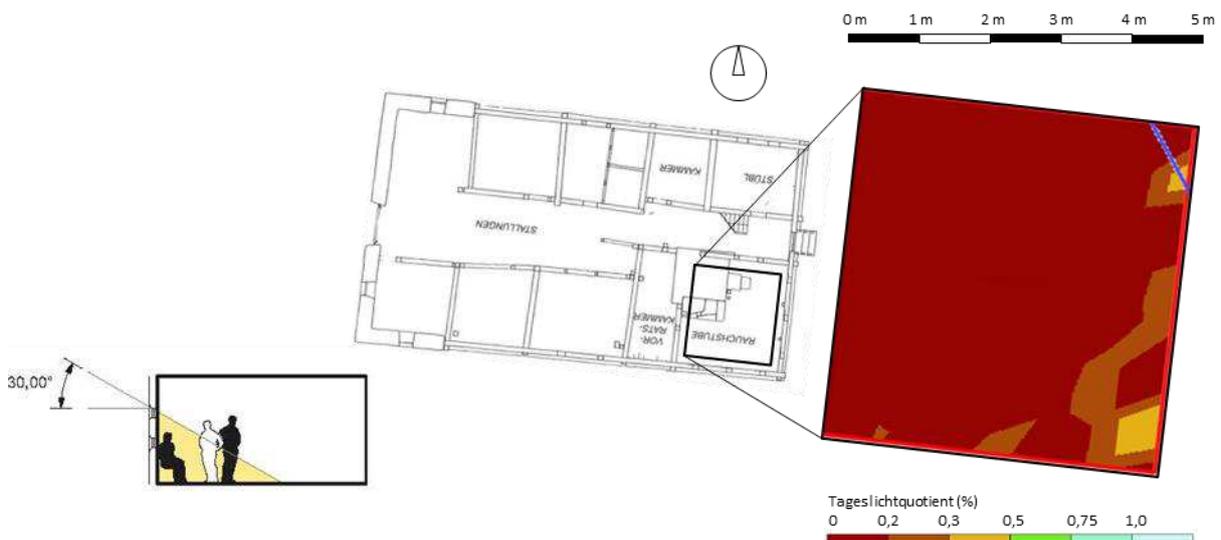


Abbildung 379: Gemäß 30-Grad-Regel lichtbegünstigter Raumbereich

Abbildung 380: Gebäudegrundriss (Pöttler, 2001, S. 51) mit Falschfarbendarstellung der Tageslichtquotient-Verteilung auf horizontaler Messebene im Stubenbereich

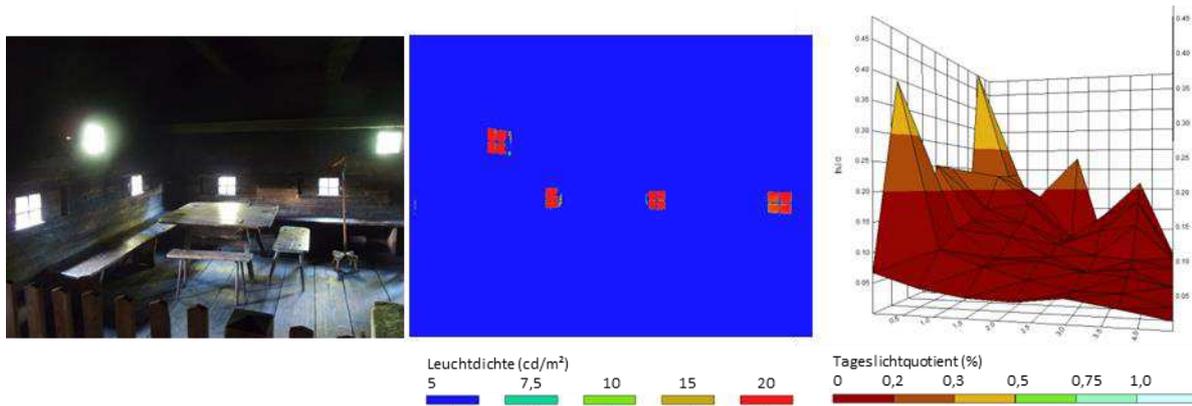


Abbildung 381: Stubenansicht

Abbildung 382: Falschfarbendarstellung der Helligkeitsverteilungen auf den inneren Raumboberflächen

Abbildung 383: 3D-Gebirgsdarstellung der Tageslichtquotient-Niveaus

Thermische Konditionierung

In der inneren Raumecke rechts neben dem Rauchstubeneingang befindet sich die auf einer Fläche von 2,6 m x 2,7 m errichtete zentrale Doppelfeuerstätte des Säuerlings. Sie besteht aus einem Herd, einem angrenzenden Ofen und einem gemauerten Funkenhut, dem sogenannten *Kogel*. Ein Teil der Ofenummantelung wurde einst auch als Schlafplatz genutzt, der über einen Stufenaufgang erreicht werden konnte. Ein sogenannter *Sechtelofen*, der zum Auskochen von Wäsche genutzt wurde, ist ebenfalls in die Feuerstätte integriert. Die Türe zwischen Vorhaus und Rauchstube ist dreigeteilt. Durch die zusätzlich unterteilte, obere Türhälfte kann der beim Heizen entstehende Rauch vom Rauchhut ausgehend in Richtung Vorhaus abziehen. Zwar wird er dort zunächst von einem im Vorhaus über der Rauchstubentür angebrachten, hölzernen Trichter aufgenommen, jedoch nicht wie üblich durch einen senkrechten Schlot ins Freie geleitet, sondern durch einen schräg nach oben in Richtung Giebelfassade führenden Rauchgang nach außen geführt. Dieser weist einen Querschnitt von 37 cm x 37 cm und eine Länge von 3,4 m auf. Ein 40 cm langer Abschnitt ragt über die äußere Hauswand vor. Eine zweite Rauchabzugsöffnung befindet sich unterhalb der Decke des Hausflures, und dient sowohl der Entrauchung der Rauchstube als auch des Ofens der gegenüberliegenden Kachelstube. (vgl. PÖTTLER, 2001, S. 35ff) Der Kachelstubenofen im Obergeschoß wird als Hinterlader vom oberen Hausgang aus beheizt. Da für diese dritte Feuerstätte kein Rauchschlot vorhanden ist, gelangt der Rauch wie in einem Rauchhaus durch die Türe des Hausganges in den Dachraum und von dort nach außen. (vgl. PÖTTLER, 2001, S. 50) Der Einbau von Kachelstuben in bäuerliche Rauchstubenhäuser erfolgte vor allem ab dem 18. Jahrhundert, und steigerte die Wohnqualität erheblich. (PÖTTLER, 2001, S. 31) Noch im 19. Jahrhundert waren Rauchstuben etwa im Lungau weit verbreitet, und wurden früher als in der Steiermark und in Kärnten zunächst von Rauchküchen und allmählich durch Sparherdküchen verdrängt. (vgl. PÖTTLER, 2001, S. 16f)



Abbildung 384: Feuerstätte mit gemauertem Funkenhut (Kogel) während des Gebäudeabbaus (Pöttler, 2001, S. 38)

Abbildung 385: Beheizte Rauchstube mit unterhalb der Decke gestautem Rauchhimmel

Abbildung 386: Rauchableitung über einen an der Giebelfassade in den Außenbereich mündenden Rauchscht

Der für Heizwärmebedarfs-Berechnungen als thermisch zu konditionieren angenommene Wohnbereich des Säuerlings umfasst ein Volumen von $579,1 \text{ m}^3$ mit einer Gesamtoberfläche von circa 400 m^2 , die charakteristische Länge l_c der Raumzone beträgt $1,32 \text{ m}$. Die raumumschließenden Bauteile und Fensterkonstruktionen weisen einen mittleren U-Wert von $0,92 \text{ W/m}^2\text{K}$ auf. Der errechnete und auf das Standortklima bezogene Heizwärmebedarf HWB_{SK} beträgt $259,17 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Der Referenz-Heizwärmebedarf HWB_{RK} liegt bei $178 \text{ kWh/m}^2\text{K}$. Der im Renovierungsfall nach aktuell geltender Richtlinie ermittelte Höchstwert von $60,8 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ wird 2,9-fach übertroffen. Unter Annahme einer im 16. Jahrhundert gegenüber der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 um rund 5 % erhöhten Anzahl an Heizgradtagen würde sich der Heizwärmebedarf HWB_{SK} des um 1582 errichteten Gebäudes um 7 % auf $277 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ erhöhen.

Rund 37 % der Oberfläche des als zu konditionieren angenommenen Wohnbereiches sind außenraumexponiert, circa 63 % grenzen an das Erdreich sowie an als unbeheizt angenommene Raumbereiche wie Dachboden, Scheune und Stall. Stallungen, Tenne und Getreidespeicher oberhalb des Wohnbereiches fungieren als Pufferräume. Verringerte Wärmetransmissionskoeffizienten der vertikalen und horizontalen Trennbaulemente zwischen Wohn- und Wirtschaftsbereich aufgrund von Stallnutzung und angenommenen Heueinlagerungen bewirken eine Minderung des Heizwärmebedarfes HWB_{SK} im Größenordnungsbereich von 26 % auf $190,7 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

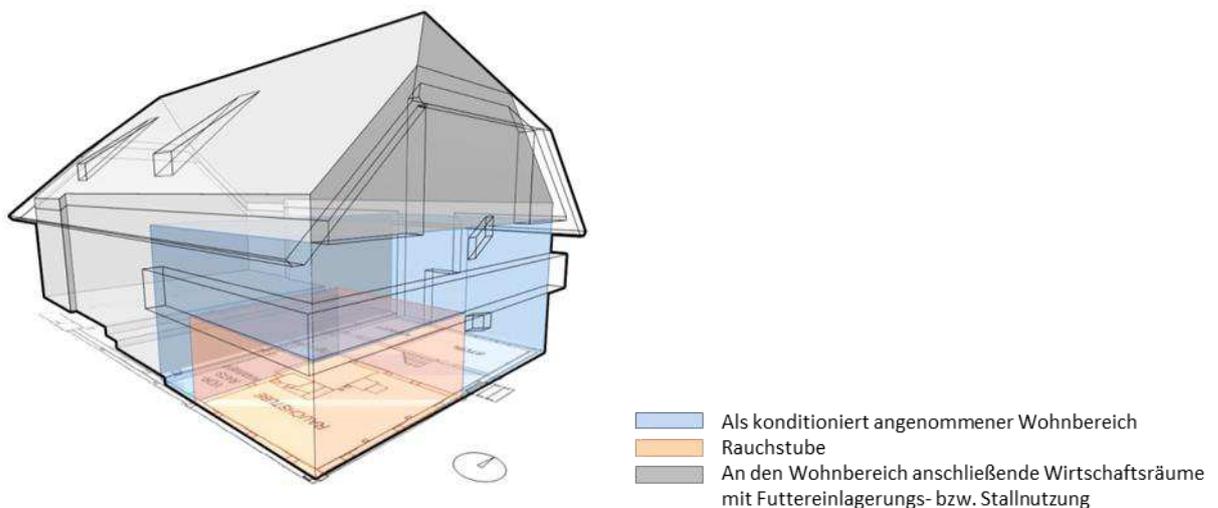
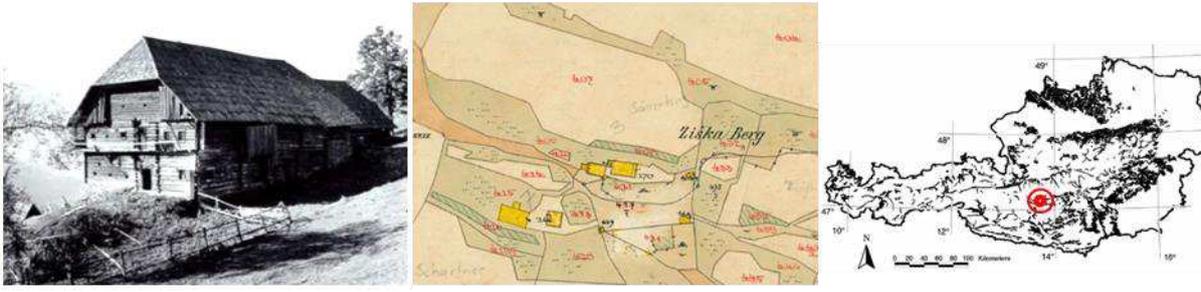


Abbildung 387: Baukörpergeometrie des als zu konditionieren angenommenen Wohnbereichs und seine Lage im Gebäudeverbund

Factsheet Säuerling



Das Gehöft Säuerling an seinem Originalstandort (Pöttler, 1992b, S. 132)		Lageplan mit historischer Bebauungssituation (Gemeinde Stadl-Predlitz, 2016)		Lage Einach an der Mur / Stadl-Predlitz in grünlanddominierter Kulturlandschaft des Berglandes (Wrbka u. a., 2005, S. 29)	
Hoftypus	Einhof		Östliche Länge	13,95°	
Errichtungsjahr datiert auf	1582		Nördliche Breite	47,09°	
Gesamtvolumen	2489	m ³	Seehöhe	1200	m
Wohnnutzfläche	169	m ²	Heizgradtage (ZAMG-Angabe)	4629	(-)
Kubatur des Wohnbereiches	579	m ³	Jahresniederschlag	992	mm/m ²
Charakteristische Länge Wohnbereich	1,32	m	Globalstrahlung	1222	kWh/m ² a
Ø U-Wert	0,92	W/m ² K	Heizwärmebedarf (HWB_SK)	259,2	kWh/m ² a
Gesamtfensterfläche / Fassadenfläche (WWR)	2,3	%	HWB (Errichtungszeit-bezogen)	277	kWh/m ² a
Außenraumexposition der Gebäudehülle	37	%	HWB (bauteiloptimiert)	190,7	kWh/m ² a
Gesamtfensterfläche / Wohnnutzfläche	2,3	%	Ø Oberflächenreflexion Stube	7,8	(-)
Ø Fenstergröße	0,15	m ²	Tageslichtquotient Stube	0,11	%
Stubenfensterfläche / Stubennutzfläche	2,14	%	Ø Beleuchtungsstärke Stube*	14	lx

* Mittelwert der eruierten, mittäglichen Beleuchtungsstärken am 21.3., 21.6. und 21.12.

Besondere Merkmale

Mit seiner auf das Jahr 1582 datierten Entstehung ist das Gehöft Säuerling das älteste aller zehn Untersuchungsobjekte. Sein ehemaliger Errichtungsort auf 1200 m Seehöhe weist die zweitniedrigste mittlere Jahrestemperatur, eine vergleichsweise geringe Gesamtniederschlagsmenge und die höchste jährliche Globalstrahlungssumme aller Vergleichsstandorte auf. Das Gesamtvolumen des Gebäudes ist eines der größten. Die Wohnbereichskubatur weist eine hohe Kompaktheit und einen vergleichsweise geringen mittleren U-Wert auf. Wie für Rauchstubenhäuser typisch sind sowohl der Fassaden-Fensterflächenanteil als auch die durchschnittliche Fenstergröße gering. Die mit rund 2,85 m lichter Raumhöhe höchste Rauchstube wird von insgesamt zehn Fenstern belichtet, deren Gesamtfläche erreicht mit 2,2 % einen der kleinsten bodenflächen-bezogenen Anteile.

Abbildung 388: Datenblatt Säuerling

Rauchstubenhaus Laarer, St. Nikolai im SölktaI in der Steiermark

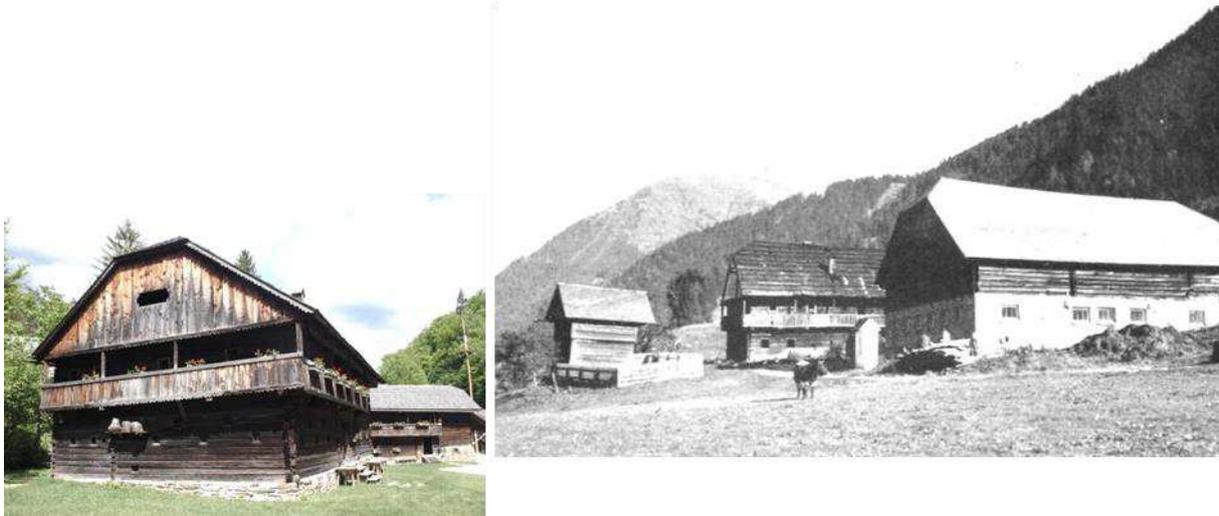


Abbildung 389: Der Laarerhof auf dem Gelände des Österreichischen Freilichtmuseums

Abbildung 390: Der Laarerhof an seinem ursprünglichen Errichtungsort in St. Nikolai im SölktaI im Jahr 1964 (Pöttler, 1981a, S. 4)

Die Hauslandschaft des mittleren steirischen Ennstals und seiner Seitentäler wird von Paarhöfen bestimmt. Im Vergleich zu den Gehöften in westlicheren Regionen wie dem Raum Schladming und Ramsau weisen die Wohngebäude vergleichsweise schmale Giebelfronten und steilere, mit Nagelschindeln gedeckte Schopfdächer auf. Charakteristisch sind auch die umlaufenden Laubengänge an den Giebel- und Traufseiten. Die Erdgeschoße der Gebäude sind meist gemauert oder wie in den Enns-Seitentälern als Blockbauten gefertigt. Die Wohntrakte sind in der Regel traufseitig erschlossene Mittelflurhäuser, wobei auf einer Seite des Flurs Küche und Vorratsraum und gegenüberliegend Stube und Kammer untergebracht sind. Im Obergeschoß befinden sich Schlafräume. (vgl. MILAN & SCHICKHOFER, 1992, S. 35)

Der ehemalige Standort des Paarhofes Laarer im von Süd nach Nord verlaufenden SölktaI liegt etwa einen Kilometer östlich des Ortszentrums von St. Nikolai an der westorientierten Talseite auf 1164 m Seehöhe (Geographische Standortdaten: 47° 19' 24" N, 14° 02' 58" O). Die Baukörper des Wohn- und des Wirtschaftstrakts waren am ursprünglichen Standort parallel und normal zur Talachse angeordnet. Die regionaltypischen Flurformen in den Tallagen und in Ufernähe des Sölkbaches sind Einödblock- bzw. Streifenfluren, in höheren Lagen befinden sich Waldgebiete und Almen. Die Landschaft wird als grünlandgeprägte Kulturlandschaft des Berglandes bzw. als Dauergrünland mit Wiesen- und Weideflächen genutzt. (vgl. WRBKA u. a., 2005, S. 29)

Die Bewirtschaftung des Gehöftes kann bis in das Jahr 1576 zurückverfolgt werden, es zählt damit zu den ältesten Anwesen des Ortes St. Nikolai. (vgl. PÖTTLER, 1981a, S. 3) Die Errichtung wesentlicher Elemente des in seiner heutigen Form bestehenden Wohnhauses dürfte dendrochronologischen Untersuchungen zufolge im ersten Drittel des 18. Jahrhunderts um das Jahr 1718 erfolgt sein. (GRABNER, 2017) Um diese Zeit ist auch eine Tramdecke im Obergeschoß entstanden, die mit der Jahreszahl 1721 versehen ist. Auf dem ursprünglichen Standort des translozierten Wohngebäudes befindet sich heute ein Neubau (der von einem scharfen Hund bewacht wird!) mit ähnlichen Ausmaßen. Das Wirtschaftsgebäude sowie ein Getreidespeicher sind am Standort verblieben und nach wie vor in Verwendung. Die Übertragung des Wohnspeicherhauses erfolgte im Jahr 1964, der Wiederaufbau als Museumsobjekt 1965. (vgl. PÖTTLER, 1981a, S. 5) Aufnahmen des Gebäudes während der Demontage verdeutlichen, dass Fenster im Bereich der alten Rauchstube und der darüber liegenden Kammer gegenüber den kleinformatischen und am Ausstellungsobjekt realisierten, altartigen

Rauchstubenöffnungen zuletzt deutlich vergrößert waren. Zudem ist auf den Illustrationen ein Kamin im nördlichen Gebäudetrakt erkennbar, der auf eine beheizte Stube im Obergeschoß hindeutet, im Museumsobjekt jedoch nicht realisiert ist. Die ursprüngliche Gebäude-Positionierung in Hanglage konnte auf dem Museumsgelände nicht wiedergegeben werden, außerdem ist das Ausstellungsobjekt aufgrund des fehlenden, einst parallel gestellten Wirtschaftsgebäudes nicht eindeutig als Paarhof erkennbar. Die Orientierung des wiederaufgebauten Wohnspeicherhauses entspricht jedoch in etwa seiner Ausrichtung am Originalstandort.

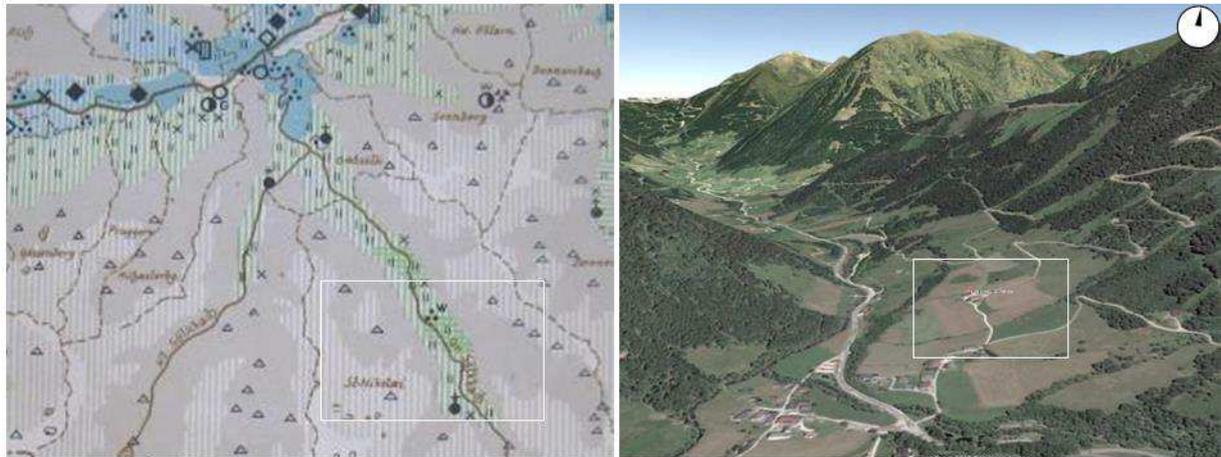


Abbildung 391: Siedlungsformenkarte nach Adalbert Klaar mit Siedlungs-, Flur- und Gehöftformen in der Region St. Nikolai im Sölktaal

Abbildung 392: Geländedarstellung des Originalstandortes aus südlicher Richtung (Google Earth, Screenshot 14.12.2018)



Abbildung 393: Abbau des Wohnspeicherhauses im Jahr 1964 (Pöttler, 1981a, S. 5)

Abbildung 394: Der Laarerhof mit altem Wirtschaftsgebäude und neu errichtetem Wohntrakt (2016)

Abbildung 395: Draufsicht auf das Ausstellungsgebäude auf dem Museumsgelände (Google Earth, Screenshot 14.9.2018)

Aktuelle und historische Klimasituation

Das Steirische Ennstal weist klassisches inneralpines Talklima mit wenig Nebel und Wind, dafür ausgeprägten Tagestemperaturamplituden auf, und nimmt eine Mittelstellung zwischen den Starkniederschlagsgebieten des Salzkammergutes im Norden und den abgeschirmten und trockenen Regionen des Murtals im Süden ein. (vgl. AUER u. a., 2001, Kap. Stationen) Die durchschnittliche Jahrestemperatur an der dem Gebäudestandort nächstgelegenen ZAMG-Klimastation Kleinsölk auf 1005 m Seehöhe und in 11 km Entfernung liegt bei 5,76 °C. Der Maximalwert der monatlichen Tagesdurchschnittstemperaturen erreicht im Juli 14,6 °C, der Jänner ist mit einem Tagesmittelwert von -2,6 °C der kälteste Monat. Die Anzahl der jährlichen Heizgradtage liegt bei 4455. Die Gesamtniederschlagsmenge erreicht einen Wert von 1162,4 mm/m²a, wobei die meisten Niederschläge

mit 160,8 mm/m² im Juli, die geringsten mit 48,7 mm/m² im Februar auftreten. Die jährliche Gesamtstrahlungssumme beträgt 1189,2 kWh/m², der Direktstrahlungsanteil liegt dabei bei 44,5 %. Die durchschnittliche jährliche Windgeschwindigkeit beträgt 2,0 m/s, Hauptwindrichtungen sind West bzw. Nord mit Windrichtungsanteilen von 24,4 % bzw. 17,1 %. Der Kalmenanteil liegt bei 18,3 %.

Klimahistorischen Analysen zufolge lag das Temperaturniveau im 18. Jahrhundert um 0,36 °C unter jenem des Betrachtungszeitraumes 1971 – 2000. Die negativen Abweichungen der mittleren Monatstemperaturen betragen im Winter (Dezember, Jänner, Februar) 0,74 °C, im Sommer (Juni, Juli, August) 0,01 °C. (vgl. MAUELSHAGEN, 2010, S. 67) Die standortbezogene Anzahl der Heizgradtage im 18. Jahrhundert wird mit 4660 angenommen, und ist damit gegenüber dem Wert von 4455 Heizgradtagen in der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 um rund 5 % erhöht. Tiefe Temperaturen aufgrund des möglichen Einflusses einer abgeschwächten Sonnenaktivität waren kennzeichnend für das ausgehende 17. Jahrhundert. Der Zeitraum 1681 bis 1730 wird von Glaser als Kaltphase mit Temperaturverschlechterungen aufgrund des Maunder-Minimums eingestuft. Anormal kalt waren die Winter der Jahre 1709 und 1716, ein warmer Winter wurde im Jahr 1708 verzeichnet. (vgl. GLASER, 2001, S. 177) Nach Pfister zeigte sich im frühen 18. Jahrhundert durch die nun zunehmende Sonnenaktivität eine Erwärmungsphase, von der alle Jahreszeiten wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß erfasst wurden. (vgl. PFISTER u. a., 1999, S. 76) Weite Teile Mitteleuropas wurden zu unterschiedlichen Zeiten von Hungersnöten heimgesucht, die sich durch kriegerische Auseinandersetzungen verschärften. (vgl. PFISTER u. a., 1999, S. 76)

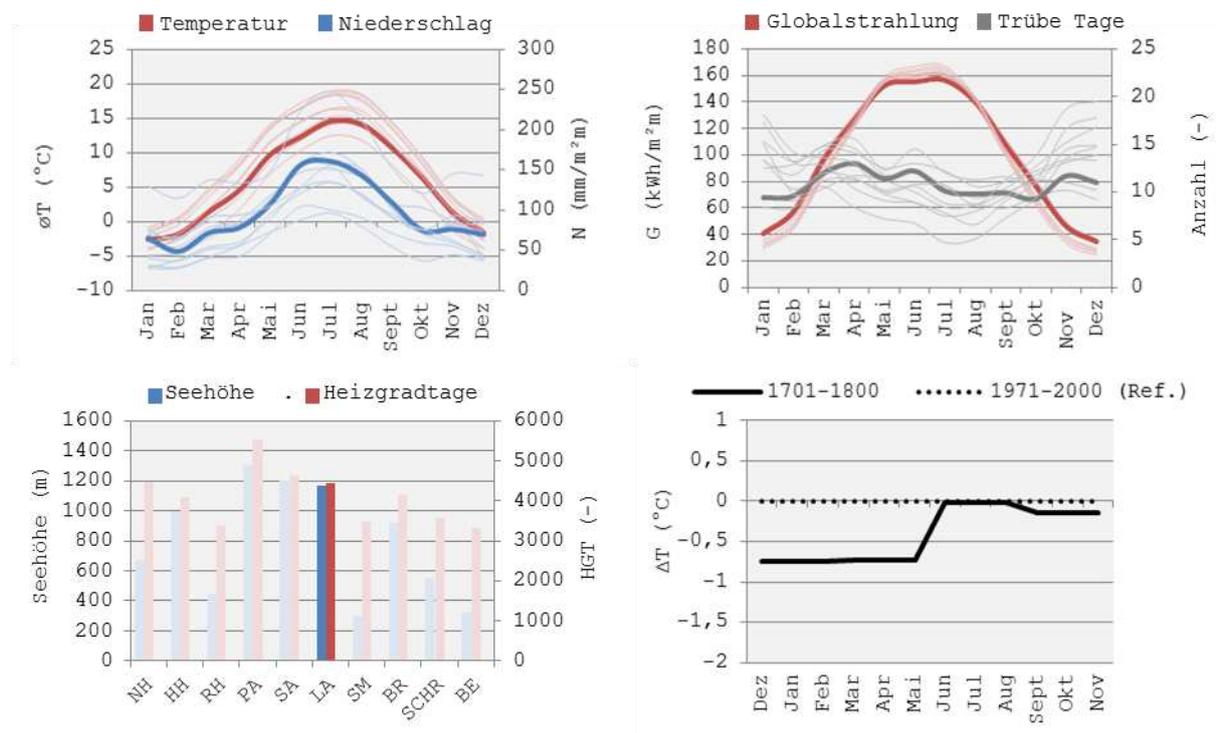


Abbildung 396: Klimadiagramme; Monatsmittelwerte von Lufttemperatur und Niederschlag (oben links), durchschnittliche monatliche Globalstrahlung und Anzahl an Tagen mit einem Bewölkungsmittel >80 % (oben rechts), Seehöhe und jährliche Heizgradtage (unten links), Abweichungen der Temperatur-Jahreszeitenmittel der Periode 1701 – 1800 vom Mittelwert der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 (unten rechts)

Raumorganisation

Das Wohngebäude des Laarerhofes ist auf einem gelände-ausgleichenden Bruchsteinsockel über einer bebauten Fläche von 163,71 m² errichtet. Der Baukörper weist eine Länge von circa 16,1 m und eine Breite von 10,2 m auf, und wird von einem Schopfwalmdach überdeckt, dessen Firstlinie am Originalstandort gegenüber der Ostwest-Ausrichtung um circa 13 Grad gegen den Uhrzeigersinn gedreht war. Die Gesamtkubatur des Wohnspeichergebäudes beträgt circa 1278 m³, davon umfasst der für Wohnzwecke genutzte Raum ein Volumen von 865 m³ mit einer Wohnnutzfläche von 292 m². Man betritt das Gebäude über einen kleinen Treppenaufgang an der südorientierten Längs- bzw. Trauffassade, und gelangt in einen etwa 41 m² großen, durchgängigen Hausgang. Links vom Eingang erreicht man die nach Süd und West ausgerichtete, 40,25 m² große Rauchstube und einen daran angrenzenden Vorratsraum. Rechts liegen eine Kachelstube und ein Abstellraum. Über eine einläufige Treppe gelangt man in das Vorhaus des Obergeschoßes. Oberhalb von Rauchstube und Vorratsraum im westlichen Gebäudebereich befinden sich Schlafräume, über der Kachelstube im Erdgeschoßbereich ist eine weitere Stube angeordnet, die mit einem vom Hausgang aus beheizbaren Hinterladerofen ausgestattet ist. In der nordöstlichen Gebäudeecke liegt ein weiterer Abstellraum. Ein schmaler Laubengang, der entlang der südlichen Traufseite verläuft und sich an der westlichen Giebelfassade fortsetzt, ist über einen traufseitigen Ausgang vom Vorhaus des Obergeschoßes erreichbar. Umgangssprachlich wurde er als *Gwand-* oder *Bodengang* bezeichnet, da er als witterungsgeschützter und sonnenexponierter Freibereich unter anderem für die Trocknung bzw. Lüftung von Kleidung verwendet wurde. (vgl. PÖTTLER, 1981a, S. 6f) An der ehemals nordorientierten Außenfassade war ein Abort angebaut. Das Wirtschaftsgebäude des Laarerhofes war firstparallel zum Wohnhaus in etwa 10,5 m Entfernung errichtet und gegenüber dem Baukörper des Wohngebäudes um circa 9 m in Richtung Osten bzw. bergwärts verschoben.



Abbildung 397: Baukörpergeometrie des Wohnspeicherhauses

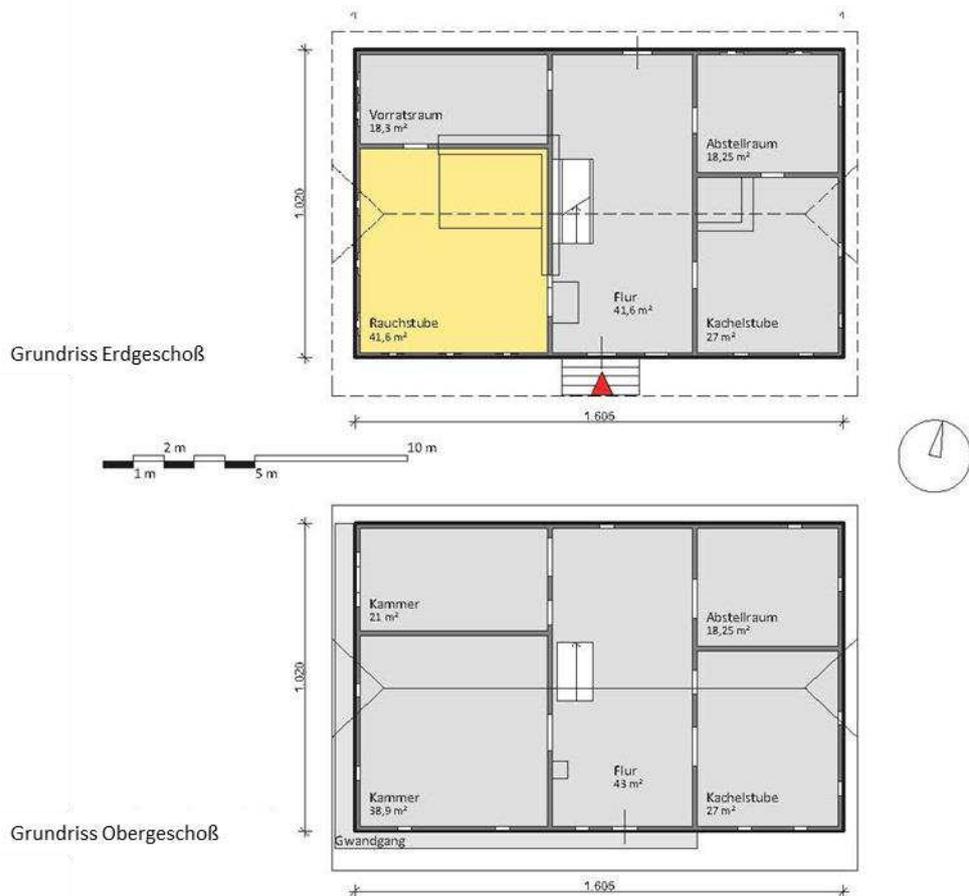


Abbildung 398: Grundrissdarstellung von Erd- und Obergeschoß des Wohnbereiches

Bauweise

Die Wandbauelemente des auf einem Steinsockel errichteten Baukörpers sind in überkämmteter Blockbauweise errichtet, die Wandstärke beträgt etwa 15 cm. Der Fußbodenaufbau im Erdgeschoß besteht aus auf Polsterhölzern aufgelagerten Holzbrettern, die Zwischendecken sind als mehrlagige Bretterböden auf Holztramen ausgeführt. Die über die Fassadenebene der Sockelgeschoße auskragenden Giebelflächen des Dachbodens bestehen aus vertikalen Brettverschalungen, die mit Aussparungen zur Dachbelüftung versehen sind. Auch traufseitig kragt die auf Balkenelementen aufgelagerte Dachkonstruktion über die Erd- und Obergeschoßbereiche circa 60 cm vor, und bildet Überdachungszonen für den außenliegenden Laubengang und den Eingangsbereich. Die Dachhaut des etwa 38 Grad geneigten Schopfwalmdaches ist aus Scharschindeln in dreifacher Überdeckung ausgeführt. (vgl. PÖTTLER, 1981a, S. 21)

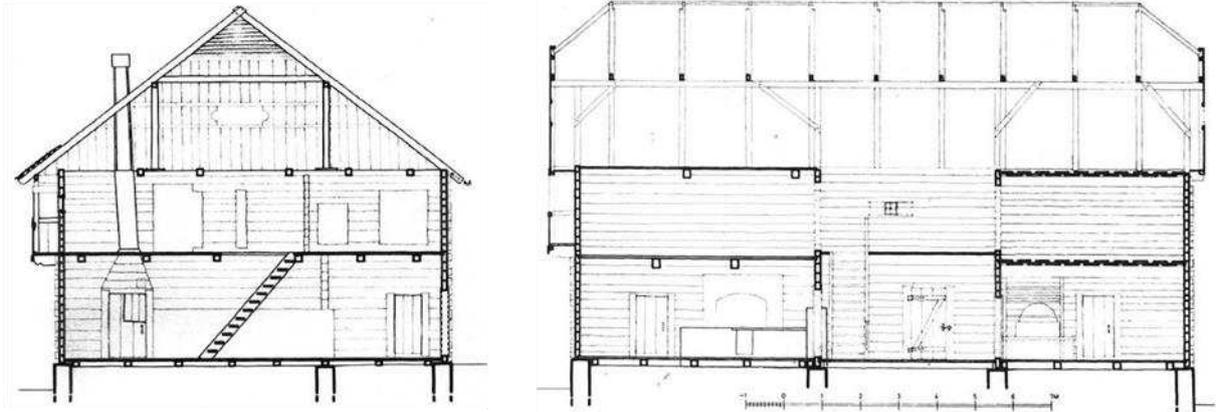


Abbildung 399: Gebäudequerschnitt durch den Hausflur (Pöttler, 1981a, S. 25)

Abbildung 400: Längsschnitt durch die Rauch- und Kachelstube (Pöttler, 1981a, S. 26)

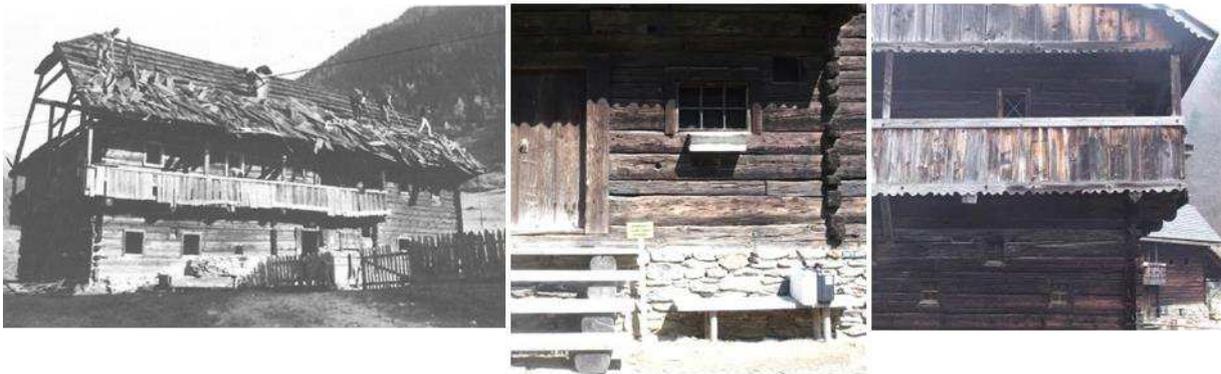


Abbildung 401: Abbau des Originalobjektes (Pöttler, 1981a, S. 5)

Abbildung 402: Blockbaukonstruktion auf Natursteinsockel

Abbildung 403: Auskragende Balkon und Dachbodenbereiche

Solare Baukörperexposition

Trotz seiner Gebirgslage ist der Standort des Gehöftes Laarer sonnenexponiert. Taleingänge zum Sölkpass (1790 m) und in Richtung Süßleiteck (etwa 2500 m) geben den Blick nach Süden bzw. Südwesten frei, sodass der Standort auch bei tief stehender Sonne im Winter nur geringfügig von den umgebenden Bergketten verschattet wird. Sonnenverlaufsstudien ergeben eine effektiv mögliche

Besonnungsdauer zur Wintersonnenwende (21.12.) von sechs Stunden, in der Zeit von etwa 9:00 Uhr morgens bis 15:00 Uhr nachmittags. Im Winter wurde die Süd- bzw. Eingangsfassade des Wohnspeichergebäudes durch den Baukörper des benachbarten Wirtschaftstraktes bis in die Vormittagsstunden verschattet. Etwa zur Mittagszeit waren alle süd- bzw. westorientierten Fassaden und damit auch der Raumbereich der Rauchstube direkt belichtet. Die Nordfassade und die nordorientierte Dachfläche des Wohngebäudes waren im Winterhalbjahr durchgehend verschattet. Im Sommer waren sowohl der Wohntrakt als auch der Freiraum zwischen den beiden Einzelgebäuden des Parhofes großteils sonnenexponiert. Die südorientierte Trauffassade war vor allem am Vormittag direkt belichtet und zu Mittag aufgrund der Dachauskragung teilverschattet. Am Nachmittag war insbesondere die westorientierte Giebelfassade besonnt. Ab dem späten Nachmittag erreichte direkter Strahlungseintrag auch die Nordfassade.

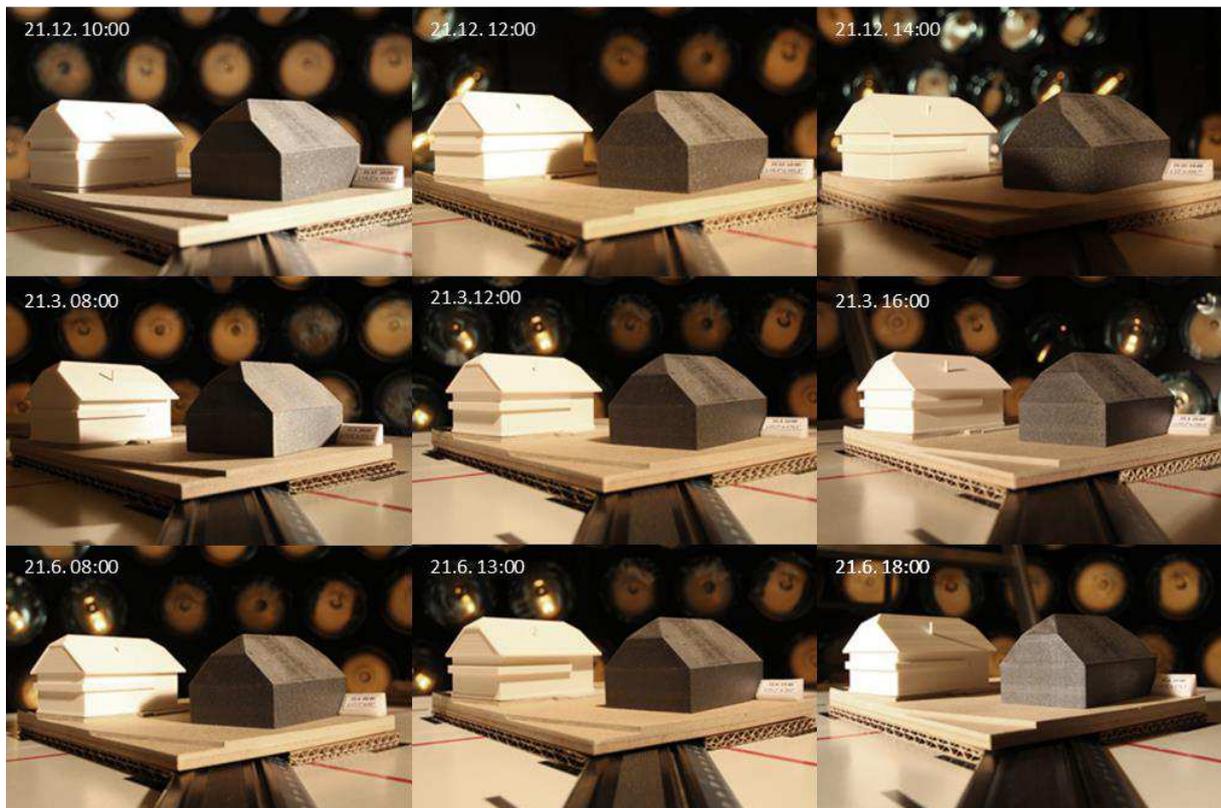
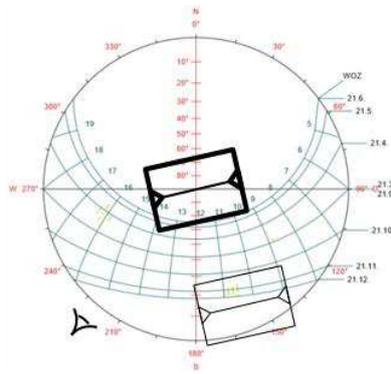


Abbildung 404: Sonnenbahndiagramm und Gebäudeorientierung (oben), Baukörper-Direktlichtstudien bei unterschiedlichen Sonnenpositionen



Abbildung 405: Sonnenverlauf am 21.12. am Originalstandort

Fassadenöffnungen und natürliche Raumbelichtung

Die Fassadenflächen des Wohntraktes weisen insgesamt 37 Fensteröffnungen im Größenordnungsbereich zwischen $0,07 \text{ m}^2$ und $0,38 \text{ m}^2$ auf. Die mittlere Fenstergröße liegt bei $0,17 \text{ m}^2$. Die Gesamtfläche der Fensteröffnungen beträgt $5,93 \text{ m}^2$, dies entspricht einem Anteil von 2,1 % an der gesamten Außenfassadenfläche. Rund 42 % der Fensterfläche waren am Originalstandort nach Süden, 24 % waren west- und 23 % ostorientiert, circa 11 % waren nach Norden ausgerichtet. Bezogen auf eine Wohnnutzfläche von $291,9 \text{ m}^2$ beträgt der Fensterflächenanteil 2,03 %. Durchschnittlich sind jedem der zehn dem Wohnbereich zugehörigen Räume 3,5 Fenster zugeordnet.

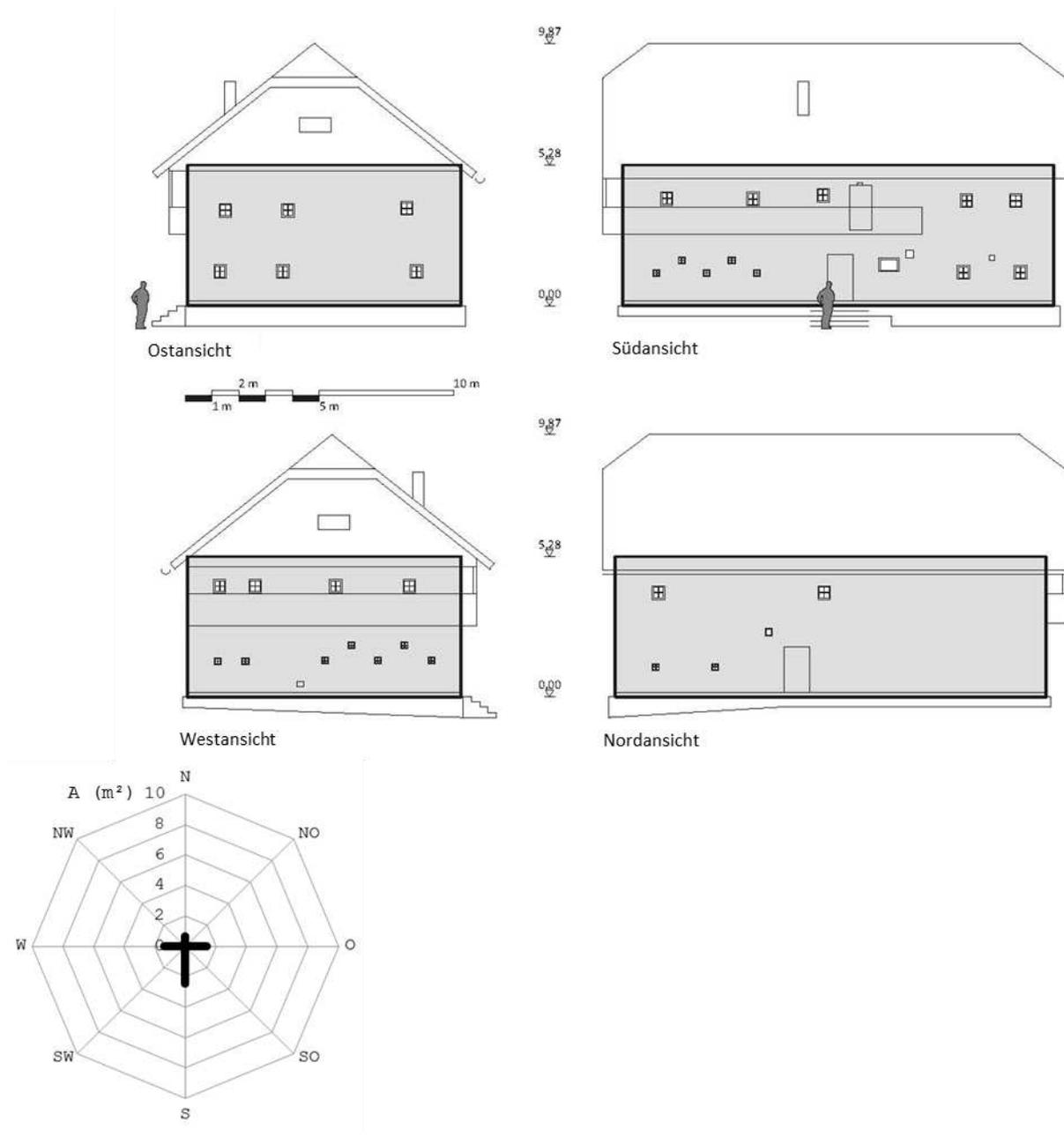


Abbildung 406: Außenansichten der Wohnbereichskubatur

Abbildung 407: Diagramm zur Darstellung der unterschiedlichen Fensterflächen-Orientierungen

Die 6,8 m x 6,2 m große und 2,63 m hohe Rauchstube in der ehemals südwestlichen Gebäudeecke wird durch insgesamt zehn quadratische, 0,07 m² große Blockbaufenster von zwei Seiten belichtet. Der Verglasungsanteil der beweglichen Fensterelemente liegt bei etwa 60 %. Jeweils fünf Fenster sind süd- bzw. westorientiert und in der für Rauchstuben typischen Höhenstaffelung in den Außenfassaden angeordnet. Die Leibungsgeometrien der Fensteröffnungen sind zur Lichteintragsoptimierung außenseitig trichterförmig ausgebildet. Die Gesamtfenstergröße der Stuben beträgt 0,7 m², die Lichteintrittsfläche erreicht 1,7 % der rund 42 m² großen Bodenfläche des Wohnraumes.



Abbildung 408: Außenansicht der höhengestaffelten Blockbaufenster

Abbildung 409: Blockbaufenster mit verschiebbarem Glaselement

Abbildung 410: Innenansicht höhengestaffelter Blockbaufenster bei sich bildendem Rauchhimmel

Die Parapethöhe der unteren, südorientierten Fensterreihe beträgt 1,05 m, die der westorientierten 1,24 m. Die Sturzhöhe der oberen Fensterreihe der südorientierten Außenwand beträgt 2,05 m, die der westseitigen Öffnungen 1,8 m. Durch die vergleichsweise hohen Fensterpositionen wird die Aussicht auf den freien Himmel nach der 30-Grad-Regel bis in Raumtiefen von circa 3,5 m begünstigt. (Die hoch liegenden Fenster werden auch als *Dampflöcher*, *Rauchbalken* oder *Hoachfenster* bezeichnet. Diese Benennungen legen nahe, dass diese Fenster der Entrauchung der Stube dienten. Durch das Öffnen der oberen Fensterreihe wird jedoch der von der Feuerstelle aufsteigende Rauch nach unten gedrückt, was den Abzug des Rauches erschwert. [vgl. PÖTLER, 1981, S. 15] (Siehe Kapitel 5.2.1)) Die inneren Raumbooberflächen der Rauchstube sind stark patiniert. Die Berechnung der Lichtreflexionseigenschaften der raumumschließenden Oberflächen ergibt Werte von $\rho_{\text{wand}} = 0,06$, $\rho_{\text{Decke}} = 0,06$, $\rho_{\text{Boden}} = 0,11$. (Die Reflexionseigenschaften der Raumbooberflächen entsprechen jenen anderer Rauchstubenhäuser wie den Gehöften Säuerling, Großschrotter und Paule.)

Die computerunterstützte Tageslichtsimulation ergibt einen Tageslichtquotient-Mittelwert von 0,07 %. Der Höchstwert von 0,5 % liegt im Bereich der äußeren Raumecke, der geringste simulierte Wert beträgt näherungsweise 0 %, und liegt im fensterfernen Bereich der Feuerstelle. Die Simulationen von Beleuchtungsstärken auf Höhe der Messebene zu unterschiedlichen Jahreszeiten und unter Annahme eines bedeckten Himmels ergeben Mittelwerte von 4,9 lx (21.12., 12:00), 10,5 lx (21.3., 12:00) und 21 lx (21.6., 13:00). Die Höchstwerte der vorherrschenden Beleuchtungsstärken liegen bei 33,1 lx (21.12., 12:00), 71,5 lx (21.3., 12:00) und 96,6 lx (21.6., 13:00). Helligkeitssimulationen der Stubeninnenansicht (Blick vom Stubeneingang in Richtung Herrgottswinkel, Distanz circa 6,5 m) ergeben an allen Wandoberflächen und im Deckenbereich Leuchtdichten von weniger als 1 cd/m². Vergleichsweise erhöhte Helligkeitseindrücke entstehen auf der Fußbodenoberfläche im Bereich des Herrgottswinkels, dort werden Leuchtdichten von knapp über 1 cd/m² erreicht.

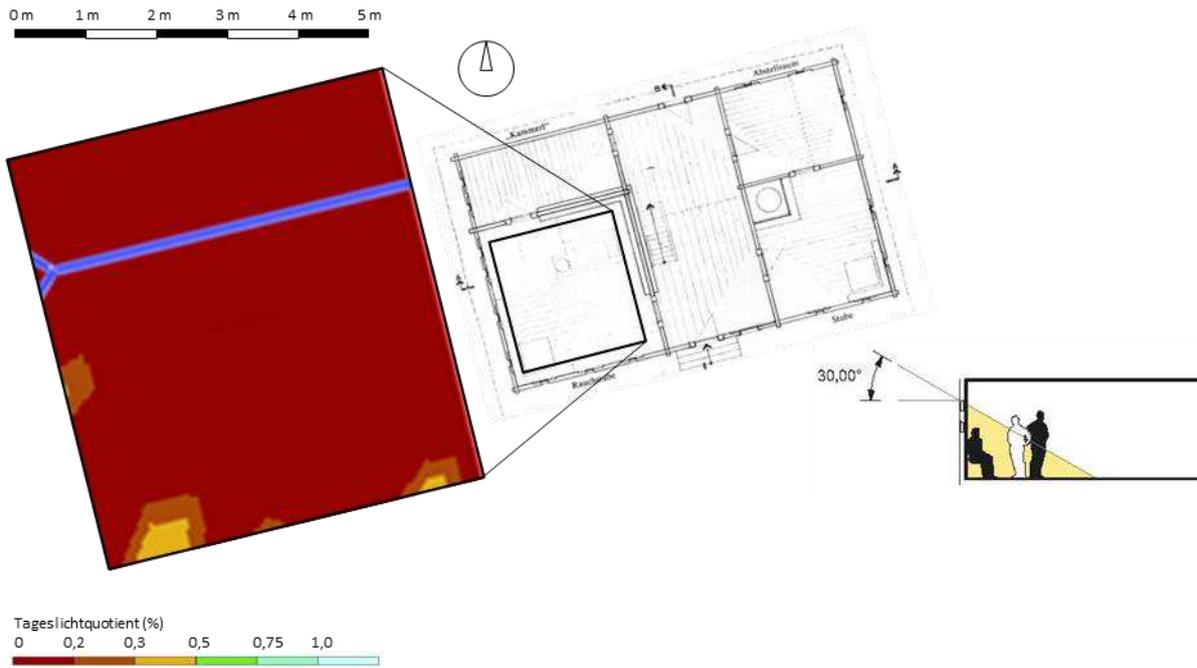


Abbildung 411: Gebäudegrundriss (Pöttler, 1981, S. 22) mit Falschfarbendarstellung der Tageslichtquotient-Verteilung auf horizontaler Messebene im Stubenbereich

Abbildung 412: Gemäß 30-Grad-Regel lichtbegünstigter Raumbereich

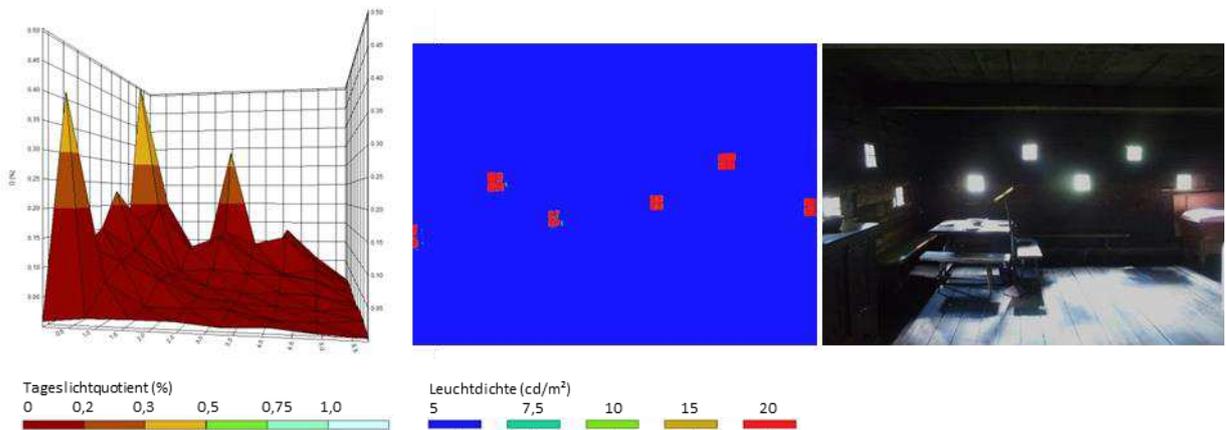


Abbildung 413: 3D-Gebirgsdarstellung der Tageslichtquotient-Niveaus

Abbildung 414: Falschfarbendarstellung der Helligkeitsverteilungen auf den inneren Raumbooberflächen

Abbildung 415: Stubenansicht

Thermische Konditionierung

Der Laarerhof ist einer Entwicklungsform von bäuerlichen Wohngebäuden zuzuordnen, in der neben Rauchstuben auch rauchfreie Kachelstuben vorhanden sind. Diese wurden vor allem als Elternschlafraum genutzt, und existieren seit dem Jahr 1721. (PÖTTLER, 2001, S. 31) Die altartige Rauchstube blieb jedoch aufgrund ihrer Größe von mehr als 40 m² zentraler Aufenthalts- und Essraum. Sie wird durch eine ca. 1,8 m hohe Türe mit zweigeteiltem Türblatt betreten. Durch eine nochmalige Unterteilung der oberen Türblatthälfte kann Rauch aus der Küche in einen Rauchhut im Vorhaus entweichen und über einen vertikalen Schlot ins Freie geführt werden. Die 6,8 m² große Doppelfeuerstelle der Rauchstube befindet sich in der inneren Raumecke, und besteht aus einem offenen Herd und einem dahinterliegenden Ofen, der als Back-, Koch- und Badeofen sowie als Schlafstelle

genutzt wurde. (vgl. PÖTTLER, 1981a, S. 10ff) Die beiden Kachelstubenöfen im Erd- und Obergeschoß wurden als Hinterlader von den Vorhäusern aus beheizt, ihr Rauch wurde dorthin wieder abgegeben.



Abbildung 416: Feuerstätte mit gemauertem Funkenhut (Pöttler, 1981a, S. 11)

Abbildung 417: Beheizte Rauchstube mit unterhalb der Decke gestautem Rauchhimmel

Abbildung 418: Rauchhut (links) über Rauchstuben-Eingangstüre im Vorhausbereich

Der für Heizwärmebedarfs-Berechnungen als thermisch zu konditionieren angenommene Wohnbereich des Laarerhofes umfasst ein Volumen von $864,4 \text{ m}^3$ mit einer Gesamtoberfläche von $604,6 \text{ m}^2$, die charakteristische Länge l_c der Raumzone beträgt $1,43 \text{ m}$. Über dem Flurbereich im Obergeschoß wird ein Deckenabschluss angenommen. Die raumumschließenden Oberflächen und Fensterkonstruktionen weisen einen mittleren U-Wert von $0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$ auf. Der errechnete und auf das Standortklima bezogene Heizwärmebedarf HWB_{SK} beträgt $230 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Der Referenzklima-bezogene Heizwärmebedarf HWB_{RK} liegt bei $158,78 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Der im Renovierungsfall nach aktuell geltender Richtlinie ermittelte Höchstwert von $57,7 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ wird 2,8-fach übertroffen. Die Oberfläche des als zu konditionieren angenommenen Wohnbereiches ist zu rund 46 % außenraumexponiert, 54 % grenzen an das Erdreich und an den unbeheizten Dachraum. Abstell- und Vorratsräume sind im nordöstlichen und bergseitigen Gebäudebereich angeordnet, die ehemalige Nordfassade ist im Bereich der Wohnräume im Obergeschoß fensterlos. Unter Annahme einer im 18. Jahrhundert gegenüber der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 um circa 5 % erhöhten Anzahl an Heizgradtagen würde sich der Heizwärmebedarf HWB_{SK} des um 1718 errichteten Gebäudes um 6 % auf $243 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ erhöhen.

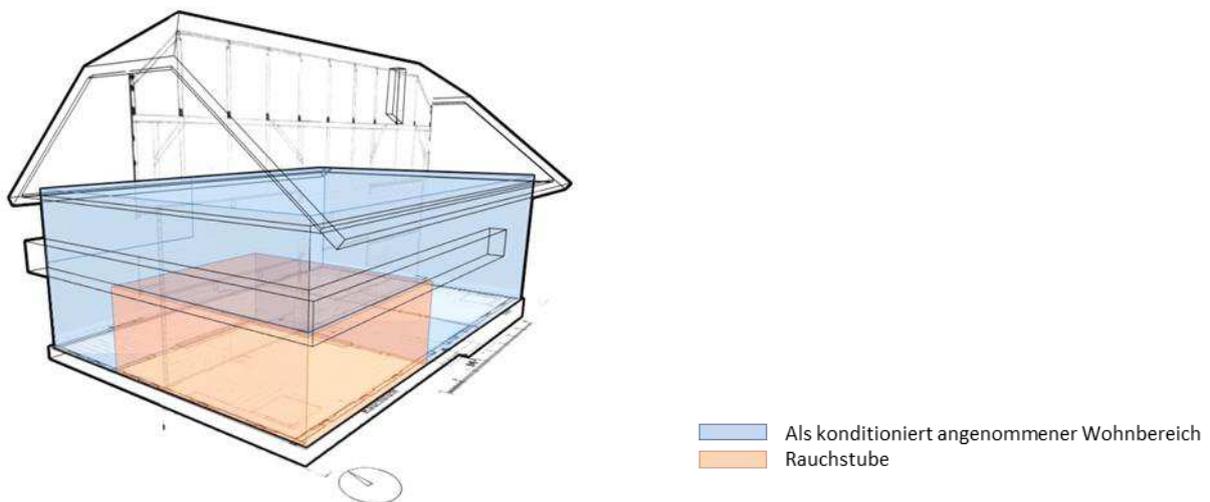


Abbildung 419: Baukörpergeometrie des als zu konditionieren angenommenen Wohnbereichs und seine Lage im Gebäudeverbund

Factsheet Wohnspeicherhaus Laarerhof



Der Laarer Hof an seinem Originalstandort (Pöttler, 1981a, S. 4)	Lageplan Gehöft Laarer Digitaler Atlas Land Steiermark (Screenshot 14.12.2018)	Lage St. Nikolai in grünlanddominierter Kulturlandschaft des Berglandes (Wrbka u. a., 2005, S. 29)	
Hoftypus	Paarhof	Östliche Länge	14,2°
Errichtungsjahr datiert auf	1718	Nördliche Breite	47,32°
Gesamtvolumen	1278 m ³	Seehöhe	1300 m
Kubatur des Wohnbereiches	864 m ³	Heizgradtage (ZAMG-Angabe)	4455 (-)
Wohnnutzfläche	292 m ²	Jahresniederschlag	1162 mm/m ²
Charakteristische Länge Wohnbereich	1,43 m	Globalstrahlung	1189 kWh/m ² a
Ø U-Wert	0,94 W/m ² K	Heizwärmebedarf (HWB_SK)	230 kWh/m ² a
Gesamtfensterfläche / Fassadenfläche (WWR)	2,1 %	HWB (Errichtungszeit-bezogen)	243 kWh/m ² a
Außenraumexposition der Gebäudehülle	46 %	HWB (bauteiloptimiert)	k. A. kWh/m ² a
Gesamtfensterfläche / Wohnnutzfläche	2,03 %	Ø Oberflächenreflexion Stube	7,8 (-)
Ø Fenstergröße	0,17 m ²	Tageslichtquotient Stube	0,07 %
Stubenfensterfläche / Stubennutzfläche	1,7 %	Ø Beleuchtungsstärke Stube*	12 lx

* Mittelwert der eruierten, mittäglichen Beleuchtungsstärken am 21.3., 21.6. und 21.12.

Besondere Merkmale

Der ehemalige Errichtungsort des Gehöftes ist der höchstgelegene aller Vergleichsstandorte. Das von allen analysierten Objekten größte Wohnbereichsvolumen weist die höchste Kompaktheit und Außenraumexposition auf. Die Fensteranzahl des Wohnspeichergebäudes ist die höchste aller untersuchten Objekte. Deren Flächenanteil an den Außenfassaden ist jedoch aufgrund der geringen Öffnungsgrößen vergleichsweise niedrig. Der Tageslichtquotient im Stubenbereich erreicht von allen Vergleichsobjekten trotz hoher Fensteranzahl den niedrigsten Wert, was durch die geringen Lichtreflexionsgrade der Raumbooberflächen und den niedrigen nutzflächenbezogenen Fensterflächenanteil des großen Rauchstubenraumes erklärbar ist.

Abbildung 420: Datenblatt Laarerhof

Vierkanthof Schwarzmayr, St. Ulrich bei Steyr in Oberösterreich



Abbildung 421: Der Schwarzmayrhof auf dem Gelände des Österreichischen Freilichtmuseums

Abbildung 422: Der Schwarzmayrhof an seinem ursprünglichen Errichtungsort in St. Ulrich im Jahr 1966 (Archiv ÖFLM Stübing, 1966)

Der ehemalige Standort des Kleinvierkanters Schwarzmayr in St. Ulrich bei Steyr liegt inmitten des Kernverbreitungsgebietes von Vierkanthöfen zwischen den Städten Linz, Enns, Steyr und Wels. In Richtung Osten sind Gehöfte dieses Typs etwa bis Melk, im Westen bis zur Verbindungslinie der Mündungsgebiete von Großer Mühl (Anm.: in die Donau) und Ager (Anm.: in die Traun) angesiedelt. Als nördliche Begrenzung wird der Raum von Kefermarkt und Königswiesen angesehen. (vgl. MILAN & SCHICKHOFER, 1992, S. 31) Noch heute prägen Vierkanthöfe weite Teile der Siedlungslandschaft, die durch Einöd-Blockfluren und dazwischenliegende, inselförmige Waldgebiete charakterisiert ist. Der Anbau für Brot- und Futtergetreide ist die vorwiegende Form einer auch heute intensiven Landbewirtschaftung. (vgl. WRBKA u. a., 2005, S. 36)

Der einstige Errichtungsort des Gebäudes liegt etwa 600 m südlich des Stiftes Garsten auf 300 m Seehöhe am rechten Ufer der Enns, deren Fließrichtung in diesem Abschnitt von Süden nach Norden verläuft (Geographische Standortdaten: 48° 00' 48" N, 14° 24' 36" O). Der heute unterhalb der Wasserlinie eines Stausees liegende Bauplatz ist ostseitig durch einen etwa 10 m hohen Geländesprung abgegrenzt. Das früheste dokumentierte und sichtbare Zeugnis des 1577 erstmals urkundlich erwähnten Hofes stammt aus dem Jahr 1735, und ist eine kolorierte Zeichnung, auf der das Gehöft am Ufer der Enns dem Stift Garsten schräg gegenüberliegend bereits als geschlossener Vierkanthof erkennbar ist. Ein weiterer gebäudegeschichtlicher Hinweis ist die über dem Eingangsportale eingetragene Jahreszahl 1892, die auf eine Gebäuderenovierung hindeutet. (vgl. PÖTTLER, 2000, S. 16ff) Eine Altersangabe auf Basis dendrochronologischer Untersuchungen kann nicht eindeutig erfolgen, da die analysierten Holzelemente aus unterschiedlichen Zeiträumen stammen. Bauelemente aus dem Nord- bzw. Wohntrakt datieren aus dem Jahr 1777, Materialproben aus dem Dachstuhlbereich werden einem Zeitraum zwischen 1759 und 1827 zugerechnet. Komponenten, die vermutlich anderen Objekten entnommen und als Altholz wiederverwendet wurden, stammen aus dem Jahr 1543. (GRABNER, 2017) Für klimahistorische Betrachtungen wird die Entstehung des Gebäudes auf das Jahr 1735 datiert.

Im Jahr 1967 wurde der Schwarzmayrhof abgebaut und nach Stübing übertragen. Elemente aus dem Wirtschaftsbereich, die für eine Übertragung nicht mehr infrage kommen konnten, sowie die Haustüre wurden durch Bauelemente eines anderen Gehöftes, des benachbarten Vierkanthofes Wieser an der Enns, ersetzt. (vgl. PÖTTLER, 2000, S. 20) Die Positionierung des Ausstellungsobjektes mit seiner nach Osten ausgerichteten Haupt- bzw. Eingangsfassade ist gegenüber der Nordorientierung des

Originalgebäudes verändert. Die Tallage und die Nähe zu einem durch das Museumstal fließenden Baches spiegeln in gewisser Weise die Charakteristik des ursprünglichen Standortes am Ennsufer wider. Anhand von Fotoaufnahmen, die den Schwarzmayrhof zum Zeitpunkt seiner Demontage zeigen, ist erkennbar, dass die Dachhaut zuletzt aus Betondachziegeln bestand, am Museumsobjekt ist hingegen Stroh als Deckmaterial in Verwendung. Zudem ist die Dachform des wiedererrichteten Wirtschaftstraktes mit seiner durchgehenden Trauflinie gegenüber dem Originalzustand und dem abgetrepten Dachsaum verändert. Auch ein Kellerraum, der ehemals unter dem nordostorientierten Pressraum gelegen war, wurde im Zuge des Gebäude-Wiederaufbaues im Freilichtmuseum nicht realisiert. (vgl. PÖTTLER, 2000, S. 33)



Abbildung 423: Siedlungsformenkarte nach Adalbert Klaar mit Siedlungs-, Flur- und Gehöftformen in der Region St. Ulrich
Abbildung 424: Geländedarstellung des Originalstandortes aus südlicher Richtung (Google Earth, Screenshot 12.12.2017)

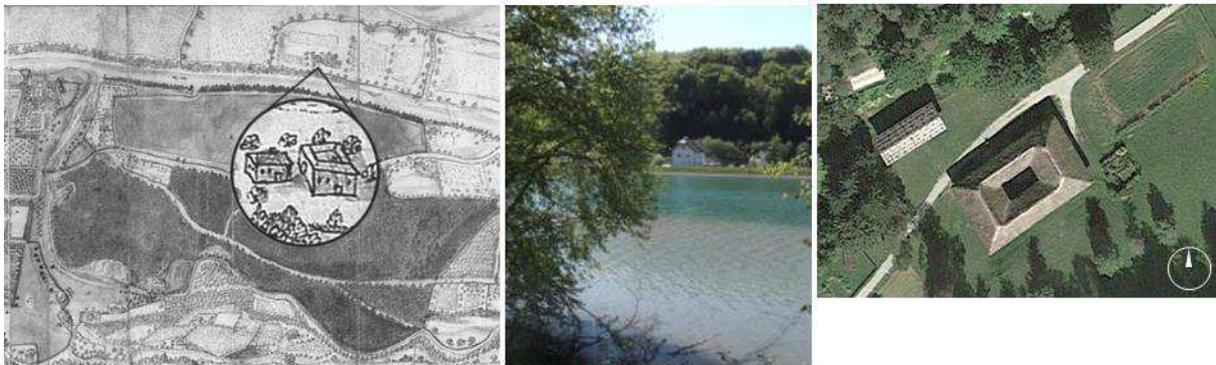


Abbildung 425: Planzeichnung aus dem Jahr 1735 mit dem Stift Garsten und dem dargestellten Schwarzmayrhof (Pöttler, 2000, S. 18)

Abbildung 426: Heute unterhalb der Wasserlinie liegender ehemaliger Gehöftstandort (2016)

Abbildung 427: Draufsicht auf das Ausstellungsgebäude auf dem Museumsgelände (Google Earth, Screenshot 14.9.2018)

Aktuelle und historische Klimasituation

Das Ennstal im Bereich der Stadt Steyr ist von niedrigen Hügelzügen und terrassenartig geformten Geländesprüngen begrenzt. Durch seine Nordsüd-Ausrichtung ist das Tal in diesem Flussabschnitt sehr sonnenexponiert, und liegt im Bereich eines Ausläufers des pannonischen Klimas, der sich bis in die Welser Heide erstreckt.²³ Die jährliche Durchschnittstemperatur, gemessen an der dem Gebäudestandort nächstgelegenen ZAMG-Klimastation Ternberg auf 350 m Seehöhe in 9 km Entfernung, liegt bei 8,59 °C. Der Maximalwert der monatlichen Tagesdurchschnittstemperaturen erreicht im Juli 18,3 °C, der

²³ <https://de.wikipedia.org/wiki/Steyr>, 22.3.2019

Jänner ist mit einem Tagesmittelwert von $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ der kälteste Monat. Die Anzahl der Heizgradtage liegt bei 3478. Die Gesamtniederschlagsmenge erreicht einen Wert von $1178\text{ mm/m}^2\text{a}$, wobei die meisten Niederschläge mit 155 mm/m^2 im Juli, die geringsten mit 64 mm/m^2 im Februar auftreten. Die jährliche Gesamtstrahlungssumme beträgt $1146,3\text{ kWh/m}^2$, der Direktstrahlungsanteil liegt dabei bei 43% . Die durchschnittliche jährliche Windgeschwindigkeit beträgt $1,4\text{ m/s}$, Hauptwindrichtungen sind Nordwest (Windrichtungsanteil 15%) und West (Windrichtungsanteil 14%). Der Kalmenanteil liegt bei $33,5\%$.

Die Temperaturen im 18. Jahrhundert waren in Europa um $0,36\text{ }^{\circ}\text{C}$ niedriger als während des Betrachtungszeitraumes 1971 – 2000. Die Wintermonate (Dezember, Jänner, Februar) waren durchschnittlich um $0,74\text{ }^{\circ}\text{C}$ kühler, im Sommer (Juni, Juli, August) wurden ähnliche Werte wie in der Vergleichsperiode erreicht. (vgl. MAUELSHAGEN, 2010, S. 67) Die standortbezogene Anzahl der Heizgradtage zur Zeit der Gebäudeerrichtung im 18. Jahrhundert wird mit 3638 angenommen, und ist damit gegenüber dem Wert von 3478 Heizgradtagen in der Betrachtungsperiode 1971–2000 um rund 5% erhöht. Der für die vergangenen 1000 Jahre festgehaltene Wertebereich der Temperaturänderung von etwa $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ wird im vergleichsweise kurzen Zeitraum zwischen 1700 und 1800 durchschritten. Das 18. Jahrhundert wird demnach als Phase einer nachhaltigen Klimaumstellung angesehen. (vgl. GLASER, 2001, S. 181) Nach Pfister gliedert es sich in eine Phase der Erwärmung während des ersten Jahrhundertdrittels und eine lange, bis um das Jahr 1810 andauernde Phase, in der im Winterhalbjahr kontinentale und im Sommerhalbjahr ozeanische Tendenzen dominierten. (vgl. PFISTER u. a., 1999, S. 76)

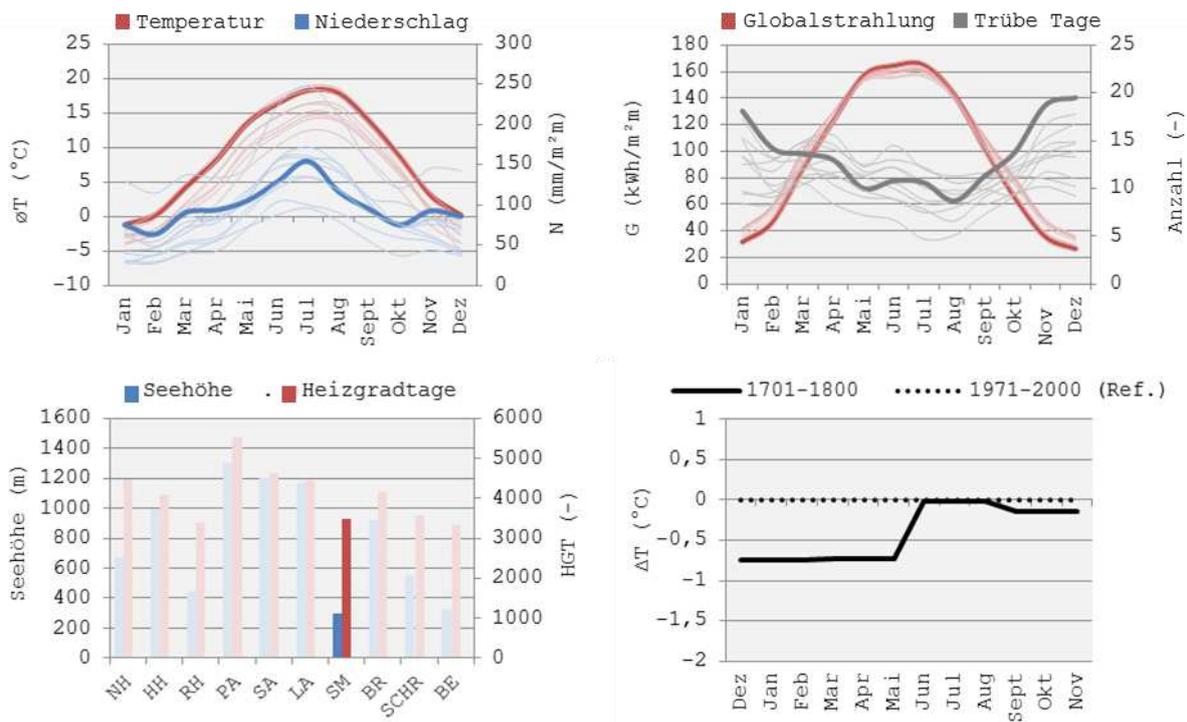


Abbildung 428: Klimadiagramme; Monatsmittelwerte von Lufttemperatur und Niederschlag (oben links), durchschnittliche monatliche Globalstrahlung und Anzahl an Tagen mit einem Bewölkungsmittel $>80\%$ (oben rechts), Seehöhe und jährliche Heizgradtage (unten links), Abweichungen der Temperatur-Jahreszeitenmittel der Periode 1701 – 1800 vom Mittelwert der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 (unten rechts)

Raumorganisation

Das auf einer Grundfläche von 17,8 m x 30,7 m errichtete und um einen circa 12 m x 7 m großen Innenhof angeordnete Gebäude weist eine Gesamtkubatur von etwa 3570 m³ auf. Der im nordorientierten Gebäudetrakt untergebrachte Wohnbereich umfasst ein Volumen von circa 697 m³, und hat eine Nutzfläche von 176 m². (Bei rund einem Drittel aller insgesamt 3019 Vierkanthöfe in der Region Mostviertel sind die Wohnbereiche nordorientiert, die Wirtschaftsbauten sind in sonnenexponierten Bauteilen untergebracht. Als Gründe für die Gebäudeausrichtung werden wirtschaftliche Überlegungen genannt, die vor allem auf die Bestandsicherung des auf Wärme und Trockenheit angewiesenen Viehs und der eingelagerten Futter- und Nahrungsmittel abzielten. (vgl. RUECKLINGER, 2017, S. 56) Bei der Wahl für die Gebäudeorientierung des Schwarzmayrhofes könnte auch der Flussverlauf der Enns eine Rolle gespielt haben, die in diesem Abschnitt von Süden nach Norden verläuft. Gehöfte in der näheren Umgebung sind der Fließrichtung folgend ausgerichtet, die Wohnbereiche sind in stromabwärts liegenden Gebäudezonen untergebracht.)

Man betritt das Gebäude durch den ehemals nordorientierten Eingang, und gelangt in einen durchgängigen, gewölbten Hausflur. Von diesem ausgehend erreicht man rechts den Eingang in die Wohnstube und die Rauchküche, links befinden sich die Zugänge in eine Presskammer und den für zwei Tiere dimensionierten Pferdestall. Durch die Hoftür gelangt man aus dem Vorhaus in den Innenhof. Über eine abgeschlossene Treppe erreicht man vom ebenerdigen Vorhaus den Flurbereich des Obergeschoßes. Von dort gelangt man in die ehemals nach Westen orientierte, elterliche Schlafkammer, eine ostorientierte und als *Menscherkammer* für weibliche Familienangehörige und Kleinkinder eingerichtete Schlafkammer sowie die Hohe Stube, einen Repräsentations- bzw. Gästeraum in der nordwestlichen Gebäudeecke. (Die Bezeichnung Stube ist in diesem Fall irreführend, da der Raum über keinen Ofen verfügt.) Gegenüberliegend, in der ehemals nordöstlichen Gebäudeecke des Vierkanthofes, befindet sich ein Schüttboden, der als Trocknungsbereich bzw. Aufbewahrungsort für Erntefrüchte verwendet wurde. Die Elternschlafkammer im Obergeschoß ist von der Küche aus über eine eigene Nebentreppe erschlossen. Auch sämtliche Wohn- und Wirtschaftsräume sind vom Küchenraum gut erreichbar. Direkt an diesen angeschlossen befinden sich Stube und Speisekammer, an der gegenüberliegenden Vorhausseite sind der Pferde- und der mit einem Ziegelgewölbe überdeckte Rinderstall angeordnet. (vgl. PÖTLER, 2000, S. 34).

Der nordseitige Wohntrakt, der Stallbereich im Osten, der durchfahrbare Scheunentrakt im Süden sowie der Schuppen mit der überdachten Toreinfahrt im Westen umschließen den Innenhof. Wandnahe Erschließungszonen sind durch Dachüberstände witterungsgeschützt. Ein 1,1 m breiter Gehweg führt entlang der westausgerichteten Hoffassade zum Schweinestall und in den Scheunen- bzw. Tennenbereich. An der Hof- bzw. Südfassade des Wohntraktes erschließt ein weiterer Gehsteig die Arbeits- und Lagerplätze im Bereich der Toreinfahrt, und führt zu einer Außentreppe in das Obergeschoß des Schuppens und in den Dachboden. Die Wegführungen sind mit Steinplatten befestigt und in lichtexponierten Zonen des vergleichsweise engen Hofes angeordnet. Etwa 60 % der hofseitigen Außenbereiche sind witterungsgeschützt.

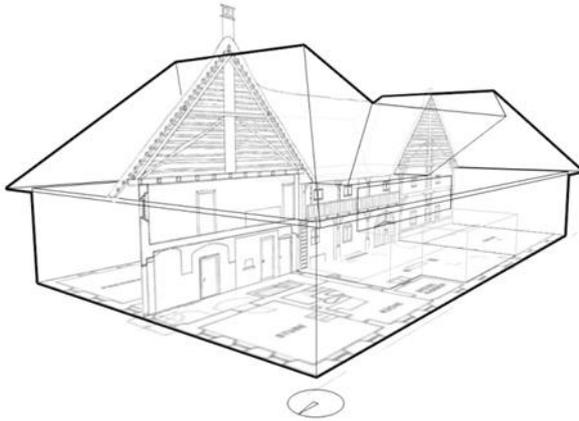


Abbildung 429: Baukörpergeometrie

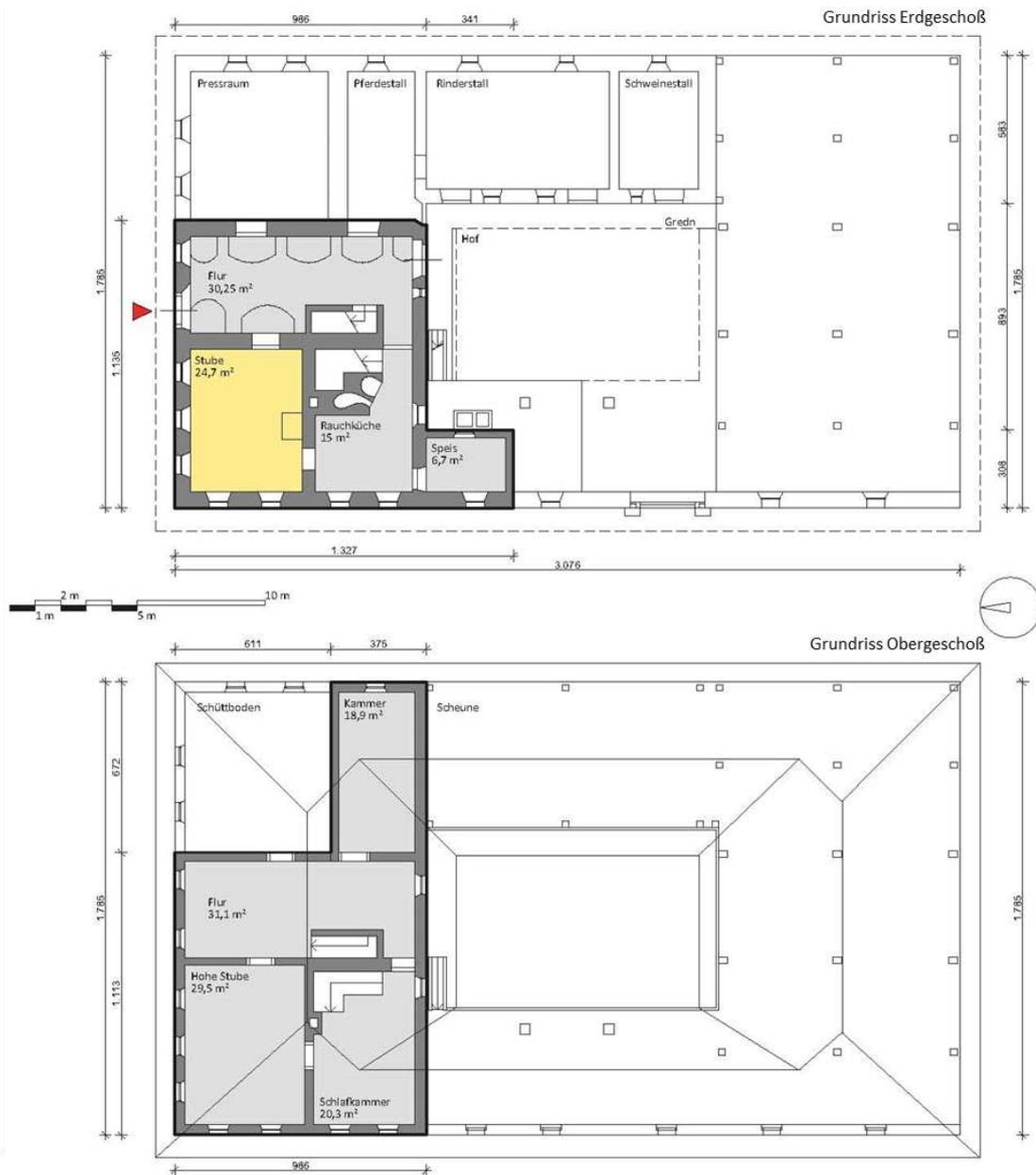


Abbildung 430: Grundrissdarstellung von Erd- und Obergeschoß des Wohnbereiches

Bauweise

Die Erdgeschoßzone des Wohntraktes mit den darin integrierten Vorratsräumen sowie der Stallbereich sind in massiver Mauerwerksbauweise aus Ziegeln und Naturstein errichtet. Die Außenwandstärke beträgt circa 60 cm. (Die massiven Wandbauelemente des Museumsobjektes sind in Ziegelbauweise erstellt.) Vorhaus und Stallräume sind mit Stichkappen- bzw. Gurt-Kuppelgewölben überwölbt. Das Obergeschoß des Wohnbereiches inklusive des Schüttbodens ist als Schichtenmauerwerk ausgeführt. Dabei wechseln Streifen von schräg in einem Mörtelbett verlegten Flussschottersteinen mit Ziegellagen ab. Dieses Mauerwerk wird als Opus Spicatum bzw. Römisches Mauerwerk bezeichnet. Die Anwendung dieser Verlegetechnik ergibt sich aus der kostenfreien Verfügbarkeit von in großen Mengen vorhandenem Steinmaterial. (Zum Zeitpunkt des Gebäudeabbaus waren die Schottersteine des Schichtenmauerwerkes mit Mörtel verputzt.) (vgl. PÖTTLER, 2000, S. 20f) Die Außenwandstärke im Obergeschoß beträgt etwa 40 cm. Im Erdgeschoßbereich sind die gemauerten Bauteile mit einer Kalkputzschicht überzogen, deren Außenseiten im Bereich des Wohntraktes inklusive Schüttboden-, Presshaus- und Pferdestallfassade mit Sgraffitomuster dekoriert sind. Die übrigen massiv gemauerten Außenwände sind schmucklos glatt verputzt. Der gesamte Scheunen- und Tennenbereich sowie das Obergeschoß des Schuppens sind in Holzständerbauweise mit lotrechter Bretterschalung errichtet. Die auf Tram- und Gewölbedecken verlegten Fußböden sind überwiegend als auf Schüttungen und Auflagehölzern verlegte Holzriemen ausgeführt, im Vorhaus- und Küchenbereich sind Steinböden aus Mauerziegeln im Mörtelbett verlegt.

Das Dach des Schwarzmayrhofes ist ein sogenanntes Scherenjochdach (eine Kombination aus Pfetten- und Sparrendach), und weist allseitig eine Neigung von etwa 50 Grad auf. (Nach einer Zimmermannsregel soll der Böschungswinkel des Daches „einen Schuh über dem Winkel“ liegen. Damit ist gemeint, dass die Höhe des Daches der Hälfte seiner Breite plus „einen Schuh“ entsprechen sollte.) Inmitten eines Getreideanbaugesbietes waren Vierkanthöfe bis ins 19. Jahrhundert häufig mit langwüchsigem Roggenstroh mit einer Auflagenstärke von ca. 20 cm gedeckt. Für die gesamte Dachfläche sind etwa 30 t Stroh verarbeitet. Bei guter Materialqualität und sorgfältiger Verarbeitung wird eine Materiallebensdauer von 20 bis 25 Jahren erwartet. (vgl. PÖTTLER, 2017) Das Dach weist sowohl hof- als auch außenseitig eine umlaufende Trauflinie auf. Der außenliegende Dachüberstand beträgt etwa 70 cm bis 80 cm, hofseitig ragt die Dachhaut circa 1,1 m über die Fassadenebene vor. Aufgrund der unterschiedlichen Breiten der Wohn- und Wirtschaftstrakte ist die umlaufende Firstlinie uneinheitlich hoch. Im vorderen, nordorientierten Wohnhaus ist sie höher gelegen als im gegenüberliegenden Wirtschafts- bzw. Tennenbereich. Dort wiederum liegt sie höher als an den Lateralseiten des Hauses im Bereich von Stall und Schuppen. (vgl. PÖTTLER, 2000, S. 42f)

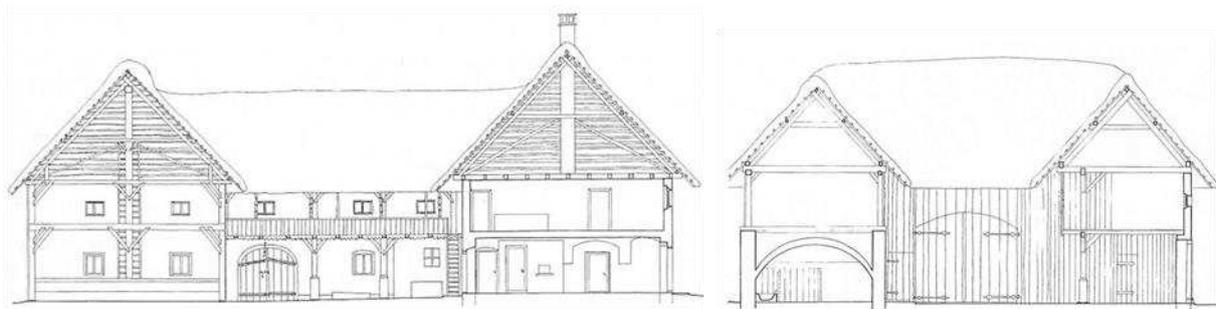


Abbildung 431: Längsschnitt durch den Vorhausbereich (Pöttler, 2000, S. 38)

Abbildung 432: Querschnitt durch die Hofeinfahrt und den Stallbereich (Pöttler, 2000, S. 39)

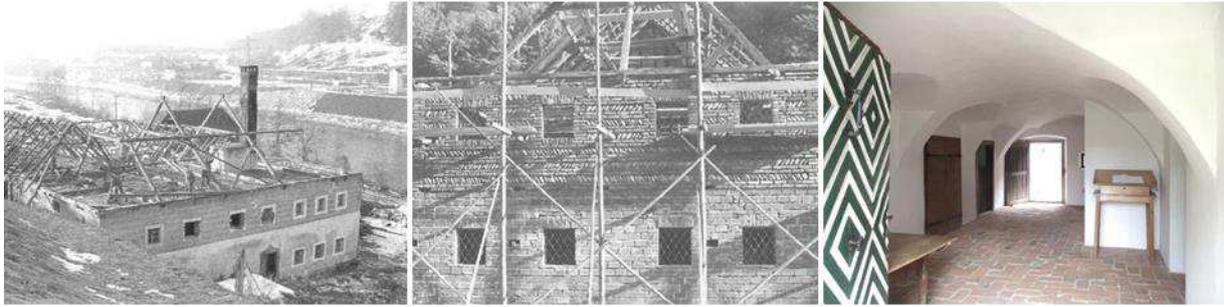


Abbildung 433: Gebäudeabbau und Ansicht der freigelegten Dachkonstruktion (Pöttler, 2000, S. 19)

Abbildung 434: Errichtung der Wandbauelemente in Ziegel- und Mischmauerwerksbauweise (Pöttler, 2000, S. 22)

Abbildung 435: Verputzte Gewölbekonstruktion im Vorhausbereich

Solare Baukörperexposition

Aufgrund der flachen bis leicht hügeligen Umgebungslandschaft der Enns im Bereich Garsten bzw. Steyr ist der ehemalige Gebäudestandort in hohem Maße sonnenexponiert. Unter Berücksichtigung der umgebenden Topographie ergeben Sonnenverlaufsstudien eine effektiv mögliche Besonnungsdauer zur Wintersonnenwende (21.12.) etwa zwischen 9:00 Uhr morgens und 15:30 Uhr nachmittags. (In den Morgenstunden verhindert ein Geländesprung am rechten Ennsufer direkten Strahlungseintrag auf den einstigen Errichtungsort.) Im Winter (21.12.) waren die Nord- bzw. Eingangsfassade und damit die nordausgerichteten Wohnstubenfenster ganztägig verschattet. Auch die nordorientierten Dachflächen über dem Wohn- und Wirtschaftstrakt waren zur Wintersonnenwende ganztägig unbesont. Am Nachmittag wurde die Westfassade bei geringer Sonnenhöhe und schleifendem solaren Einfallswinkel direkt bestrahlt. Der Innenhof war aufgrund der verschattenden Geometrie des Scheunendaches zur Zeit der Wintersonnenwende unbesont. Direktstrahlungseinträge erfolgten ab Februar im Eingangsbereich zum Vorhaus. Im Sommer waren vor allem die hofseitige Süd- und die Westfassade des Wohnbereiches, ab dem späteren Nachmittag auch die Nord- bzw. Eingangsfassade sonnenexponiert.

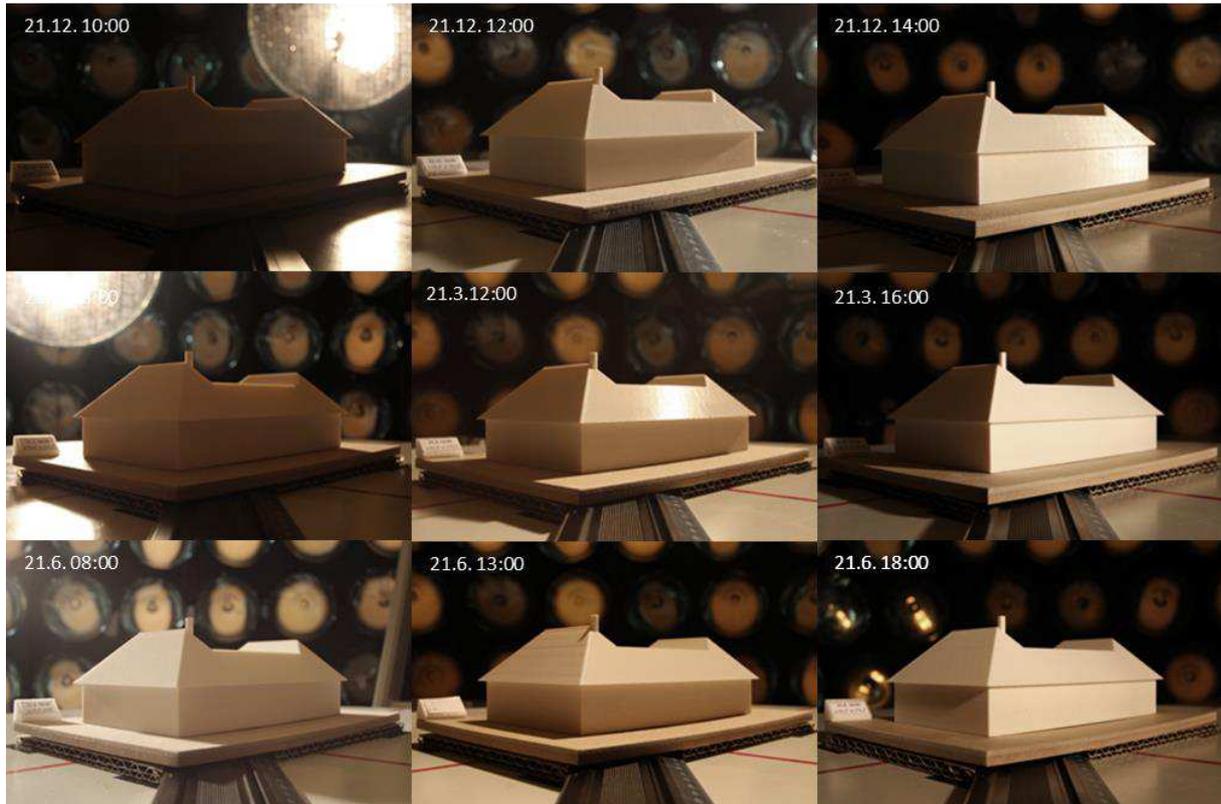
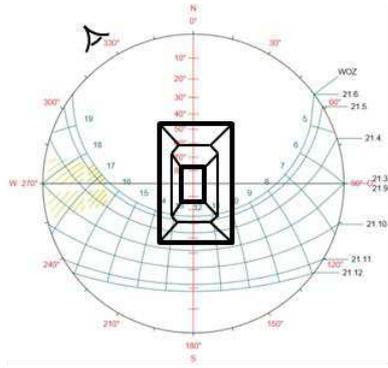


Abbildung 436: Sonnenbahndiagramm und Gebäudeorientierung (oben), Baukörper-Direktlichtstudien bei unterschiedlichen Sonnenpositionen



Abbildung 437: Sonnenverlauf am 21.12., Blick auf den Originalstandort in Bildmitte

Fassadenöffnungen und natürliche Raumbelichtung

Die Außenhülle des Wohnbereiches weist insgesamt 24 Fensteröffnungen im Größenordnungsbereich von 0,08 m² bis 0,6 m² auf. Die durchschnittliche Fenstergröße beträgt 0,58 m². Die Gesamtfenstergröße liegt bei 13,88 m², dies entspricht einem Anteil von 7 % an der Außenfassadenfläche und einem Wohnnutzflächen-bezogenen Fensteranteil von 7,9 %. Jeweils etwa 40 % der Gesamtfläche der Fensteröffnungen waren am ehemaligen Standort nach Norden und Westen, 8 % nach Osten und circa 12 % nach Süden bzw. hofseitig orientiert. Jedem der insgesamt acht dem Wohnbereich zugehörigen Räume sind durchschnittlich drei Fenster zugeordnet.

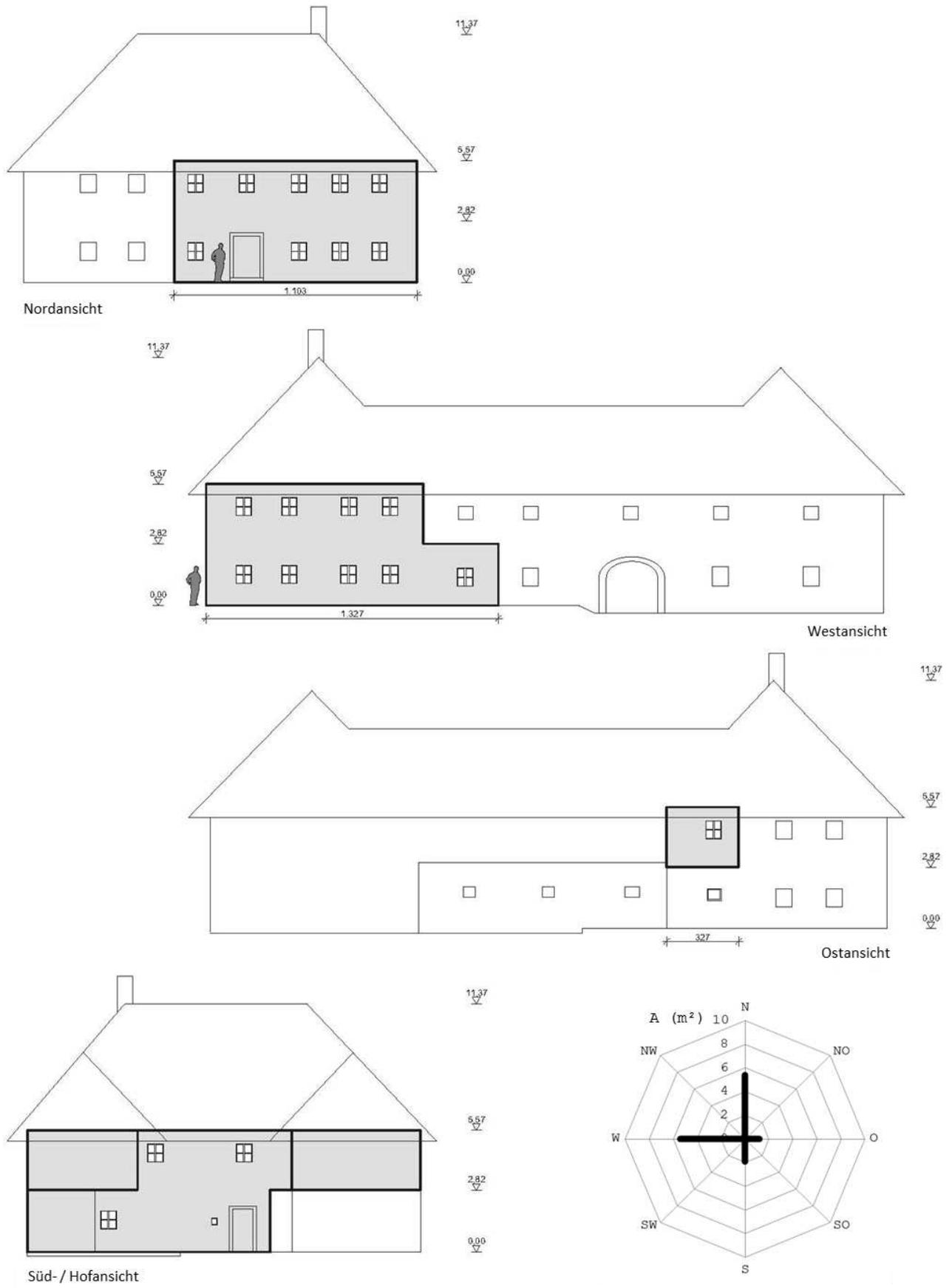


Abbildung 438: Außenansichten der Wohnbereichskubatur

Abbildung 439: Diagramm zur Darstellung der unterschiedlichen Fensterflächen-Orientierungen

Die 5,6 m x 4,4 m große Wohnstube in der ehemals nordwestlichen Gebäudeecke weist eine lichte Raumhöhe von 2,48 m auf, und wird durch insgesamt fünf circa 0,6 m² große Fenster mit einem Verglasungsanteil von etwa 73 % belichtet. Drei Fenster waren am Originalstandort nord-, zwei westorientiert. Die Fenster sind etwa mittig in der 60 cm starken, massiven Außenwand positioniert, wobei der circa 36 cm tiefe, raumseitige Leibungsanteil trichterförmig ausgebildet ist. Die Gesamtfenstergröße der Wohnstube beträgt 3 m², die Lichteintrittsfläche erreicht 12,1 % der rund 24,6 m² großen Bodenfläche des Wohnraumes.



Abbildung 440: Fensterinnenansicht mit trichterförmig ausgebildeter Leibung

Abbildung 441: Fensteröffnungen an der ehemals ostorientierten Fassade

Abbildung 442: Detailansicht eines Stubenfensters

Die Parapethöhe der Öffnungen beträgt jeweils 0,9 m, der Fenstersturz liegt circa 1,8 m über dem Fußboden, und begünstigt die Sicht auf den Himmel und damit die natürliche Raumbelichtung nach der 30-Grad-Regel bis in eine Raumbreite von 2,5 m. Die inneren Wandoberflächen der Stube sind bis auf eine Höhe von 1,3 m mit einer Vorsatzschale aus Lärchenholz, der sogenannten *Lamperie*, verkleidet. Die oberen Wand- und Deckenbereiche sind verputzt und weiß gekalkt. Der Boden besteht aus dunklen Holzbrettern. Die Berechnung der Lichtreflexionseigenschaften der raumumschließenden Oberflächen ergibt Werte von $\rho_{\text{Wand, weiß}} = 0,87$, $\rho_{\text{Lamperie}} = 0,13$, $\rho_{\text{Decke}} = 0,93$, $\rho_{\text{Boden}} = 0,05$.

Die computerunterstützte Lichteintragssimulation ergibt einen Tageslichtquotient-Mittelwert von 0,97 %. Der Höchstwert von 2,7 % liegt im Bereich des zweiseitig belichteten Herrgottswinkels, der geringste Wert mit 0,3 % in der fensterfernen Innenecke neben dem Stubeneingang. Die Simulationen von Beleuchtungsstärken auf Höhe der Messebene zu unterschiedlichen Jahreszeiten und unter Annahme eines bedeckten Himmels ergeben Mittelwerte von 63 lx (21.12., 12:00), 134 lx (21.3., 12:00) und 185 lx (21.6., 13:00). Die Höchstwerte liegen bei 178 lx (21.12., 12:00), 374 lx (21.3., 12:00) und 518 lx (21.6., 13:00). Helligkeitssimulationen der Stubeninnenansicht (Blick vom Stubeneingang in Richtung Herrgottswinkel, Distanz circa 7 m) ergeben Leuchtdichten von 10 cd/m² im unteren, holzverkleideten Wand- und Bodenbereich, an der Decke werden bis zu 100 cd/m² erreicht. Die Helligkeitswerte der weiß gekalkten Wandoberflächen zwischen den Fenstern liegen bei circa 50 cd/m², auf den Oberflächen der Fensterleibungen werden bis zu 300 cd/m² erzielt.

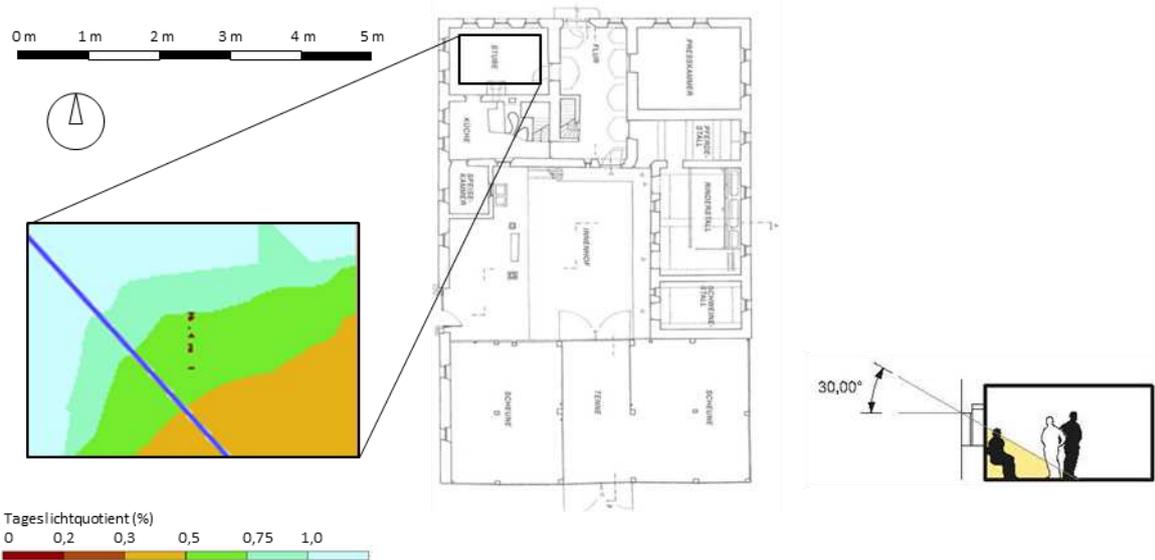


Abbildung 443: Gebäudegrundriss (Pöttler, 2000, S. 26) mit Falschfarbendarstellung der Tageslichtquotient-Verteilung auf horizontaler Messebene im Stubenbereich

Abbildung 444: Gemäß 30-Grad-Regel lichtbegünstigter Raumbereich

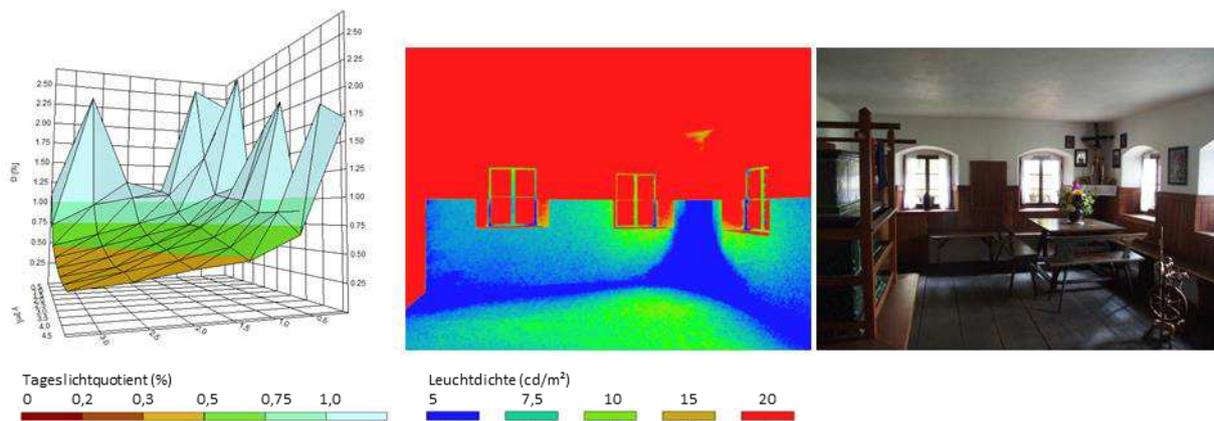


Abbildung 445: 3D-Gebirgsdarstellung der Tageslichtquotient-Niveaus

Abbildung 446: Falschfarbendarstellung der Helligkeitsverteilungen auf den inneren Raumboflächen

Abbildung 447: Stubenansicht

Thermische Konditionierung

Die zentrale Feuerstelle des Schwarzmayrhofes befindet sich in der Küche, die als Rauch- bzw. Schwarze Küche ausgebildet ist. (Ab dem 19. Jahrhundert wurden die ursprünglichen Schwarzen Küchen von Vierkanthöfen mit Sparherden ausgestattet.) Ihr offener Herdbereich ist von einem Funkenhut überdeckt. Während des Heizens gelangt der durch diesen abkühlende und funkenfreie Rauch durch einen gemauerten Kamin über Dach ins Freie. An den Herd sind ein Backofen und ein sogenannter *Sechtelofen* angeschlossen, der zur Erhitzung von Brühwasser verwendet wurde. Hinter dem Herd befindet sich das Heizloch des gekachelten Ofens in der angrenzenden Stube, der von der Küche aus als Hinterlader beheizt wird. (vgl. PÖTTLER, 2000, S. 30ff)



Abbildung 448: Feuerstätte mit Herd und diversen Heizöffnungen (Pöttler, 2000, S. 49)

Abbildung 449: Kachelofen in der Wohnstube

Der für Heizwärmebedarfs-Berechnungen als thermisch zu konditionieren angenommene Wohnbereich des Gehöftes umfasst ein Volumen von 698,4 m³ mit einer Gesamtoberfläche von 573,9 m². Die charakteristische Länge l_c der Raumzone beträgt 1,22 m. Die raumumschließenden Oberflächen und Fensterkonstruktionen weisen einen mittleren U-Wert von 1,85 W/m²K auf. Der errechnete und auf das Standortklima bezogene Heizwärmebedarf HWB_{SK} beträgt 404,87 kWh/m²a. Der Referenz-Heizwärmebedarf HWB_{RK} liegt bei 382,87 kWh/m²K. Der im Renovierungsfall nach aktuell geltender Richtlinie ermittelte Höchstwert von 64 kWh/m²a wird 6-fach übertroffen. Unter Annahme einer im 18. Jahrhundert gegenüber der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 um rund 5 % erhöhten Anzahl an Heizgradtagen würde sich der Heizwärmebedarf HWB_{SK} des um 1735 errichteten Gebäudes um 7 % auf 431,3 kWh/m²a erhöhen. Die Oberfläche des als zu konditionieren angenommenen Wohnbereiches ist zu 34 % außenraumexponiert, 66 % grenzen an das Erdreich sowie an die als unbeheizt angenommenen Dach- und Wirtschaftsräume. Verringerte Wärmetransmissionskoeffizienten der vertikalen und horizontalen Trennelemente zwischen dem Wohn- und Scheunen- bzw. Dachbodenbereich aufgrund von Heu- und Stroheinlagerungen bewirken eine Minderung des Heizwärmebedarfes HWB_{SK} im Größenordnungsbereich von 21 % auf 319,8 kWh/m²a.

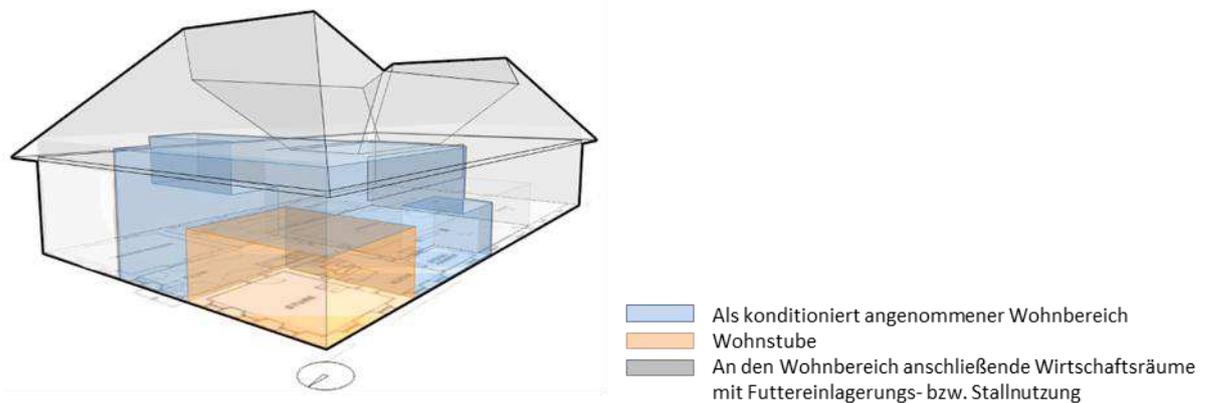


Abbildung 450: Baukörpergeometrie des als zu konditionieren angenommenen Wohnbereichs und seine Lage im Gebäudeverbund

Factsheet Schwarzmayrhof



Der Vierkanter Schwarzmayr an seinem Originalstandort (Archiv ÖFLM Stübing, 1966)	Lageplan, Basiskarte Urmappe (doris.gv.at, Screenshot 29.4. 2016)		Lage St. Ulrich in getreideanbaudominierter Kulturlandschaft (Wrbka u. a., 2005, S. 36)		
Hoftypus	Vierkanthof		Östliche Länge	14,4°	
Errichtungsjahr datiert auf	1735		Nördliche Breite	48,01°	
Gesamtvolumen	3570	m ³	Seehöhe	300	m
Wohnnutzfläche	698	m ³	Heizgradtage (ZAMG-Angabe)	3478	(-)
Kubatur des Wohnbereiches	176	m ²	Jahresniederschlag	1178	mm/m ²
Charakteristische Länge Wohnbereich	1,22	m	Globalstrahlung	1146	kWh/m ² a
Ø U-Wert	1,85	W/m ² K	Heizwärmebedarf (HWB_SK)	404,9	kWh/m ² a
Gesamtfensterfläche / Fassadenfläche (WWR)	7	%	HWB (Errichtungszeit-bezogen)	431	kWh/m ² a
Außenraumexposition der Gebäudehülle	34	%	HWB (bauteiloptimiert)	319,8	kWh/m ² a
Gesamtfensterfläche / Wohnnutzfläche	7,9	%	Ø Oberflächenreflexion Stube	37,6	(-)
Ø Fenstergröße	0,58	m ²	Tageslichtquotient Stube	0,97	%
Stubenfensterfläche / Stubennutzfläche	12,13	%	Ø Beleuchtungsstärke Stube*	127	lx

* Mittelwert der eruierten, mittäglichen Beleuchtungsstärken am 21.3., 21.6. und 21.12.

Besondere Merkmale

Der einstige Errichtungsort des auf 1735 datieren Scharzmayrhofes weist von allen Vergleichsstandorten die geringste Seehöhe und die insgesamt dritthöchste mittlere Jahrestemperatur sowie eine vergleichsweise geringe Globalstrahlungssumme auf. Die Gesamtkubatur des Gehöftes ist die größte aller untersuchten Objekte, der Wohnbereich weist das zweitgrößte Volumen und den höchsten mittleren U-Wert auf. Der vergleichsweise hohe Heizwärmebedarf des als zu konditionieren angenommenen Raumbereiches kann durch die Optimierung der Wärmetransmissionseigenschaften der Trennbauerelemente zwischen Wohn- und Wirtschaftsbereich um etwa ein Fünftel gesenkt werden. Die Gesamtfensterfläche des Wohnbereichs ist die größte aller Vergleichsobjekte, und weist den zweithöchsten Anteil an der Gesamtfassaden- und Wohnnutzfläche auf. In Kombination mit den Lichtreflexionseigenschaften der inneren Raumbooberflächen und dem Verhältnis von Fenstersturzhöhe zu Raumtiefe ergeben sich hohe Tageslichtquotient- und Beleuchtungsstärkenwerte in der Wohnstube, die nur von den im Naglerhaus eruierten Parametern übertroffen werden.

Abbildung 451: Datenblatt Schwarzmayrhof

Der Waldviertler Dreikanthof Brachhuber, Arbesbach in Niederösterreich



Abbildung 452: Der Brachhuber auf dem Gelände des Österreichischen Freilichtmuseums

Abbildung 453: Der Brachhuber an seinem ursprünglichen Errichtungsort in Arbesbach im Jahr 1971 (Archiv ÖFLM Stübing, 1971)

Waldviertler Dreikanthöfe sind in einem Verbreitungsgebiet angesiedelt, das zwischen dem oberösterreichischen Mühlviertel im Westen und einer Verbindungslinie der Gemeinden Eggenburg, Sallapulka und Hardegg an der Thaya als östliche Grenze eingebettet ist. Die nördliche Begrenzung bildet die Staatsgrenze zu Tschechien, im Süden reicht das Verbreitungsgebiet vom Kamp bis Rastenfeld bzw. Albrechtsberg an der Großen Krems und weiter zwischen Martinsberg und Pöggstall zum Ostrong nach Persenbeug. (vgl. PÖTTLER, 1992b, S. 238f) Auch südlich der Donau im Raum St. Pölten, Tulln und bis an die Leitha sind Sonderformen des Dreiseithofes für die regionalen Hauslandschaften typisch. (vgl. MILAN & SCHICKHOFER, 1992, S. 45)

Als Einzelhof war das Gehöft Brachhuber aus dem Ortsteil Rammelhof bei Arbesbach nicht in einem Siedlungsverbund, sondern in Streulage gelegen und nur über einen Karrenweg erreichbar. (vgl. PÖTTLER, 1992b, S. 238f) Sein ehemaliger Standort liegt auf 920 m Seehöhe in hügeligem, sonnenexponiertem Gelände, und befindet sich etwa 4 km westlich des Ortszentrums von Arbesbach (Geographische Standortdaten: 48° 29' 24" N, 14° 54' 05" O). Wohn- und Stallbereich waren quer zur Falllinie einer nach Südosten abfallenden Flanke einer Erdsenke angeordnet. Der exakte Standort der Hofstelle wurde mit Hilfe einer vom Gemeindeamt Arbesbach bereitgestellten Lageplanskizze sowie einer historischen Abbildung, auf der das Gehöft und seine Umgebungslandschaft dargestellt sind, lokalisiert. Heute sind auf dem Gelände kaum noch Spuren der einstigen Existenz des Gebäudes erkennbar.

Das Waldviertel ist Teil der Böhmisches Masse bzw. des Granit- und Gneishochlandes, und liegt in Höhenlagen von 500 m bis 1000 m Seehöhe. Landwirtschaft wurde überwiegend als Grünlandwirtschaft betrieben. (vgl. KLAAR, Kap. 9) Die Klaar'sche Siedlungsformenkarte weist in der Umgebung des einstigen Gehöftstandortes vor allem geschlossene Vierseithöfe bzw. Kleingehöfte in Einödblockflurlage auf. Wiesen mit unterschiedlicher Nutzungsintensität sowie Ackerbau mit Anbau von Getreide, Mais und Feldfutterfrüchten bilden heute die überwiegenden Landbewirtschaftungsformen. (vgl. WRBKA u. a., 2005, S. 32f)

Dendrochronologische Untersuchungen datieren die Entstehung wesentlicher, heute im Museum zu besichtigender Bauelemente des Gebäudes unter anderem die Eingangstüre auf das Jahr 1827. (vgl. GRABNER, 2014, S. 10) Zum Zeitpunkt seines Abbaus im Jahr 1971 war das Gehöft von Feuerschäden gezeichnet. (vgl. PÖTTLER, 1992b, S. 235) Der Wiederaufbau auf dem Museumsgelände erfolgte im Jahr 1973 (vgl. PÖTTLER, 1992b, S. 241), und wurde mit Abänderungen der Gebäude- und Dachgeometrie umgesetzt. Der Wohntrakt des Originalobjektes war um circa drei Meter breiter als der

des Ausstellungsgebäudes. Die Außenwand von Räumen, die ehemals im nordwestlichen Gebäudebereich lagen, an Wohnstube und Küche angebunden waren und im Museumsobjekt aber nicht realisiert wurden, grenzte an das umgebende Erdreich. Die Traufe der darüber liegenden Dachfläche war bis knapp über die Geländeoberkante herabgezogen. Das Dach der zum Wohnbereich quergestellten Scheune wies an beiden Enden Giebelfelder auf. Am Museumsobjekt wurden die Dachflächen der Gebäudetrakte hingegen im Eckbereich zusammen- und mit einer einheitlich verlaufenden Firstlinie ausgeführt. Die Fenster der Wohnräume waren zuletzt als Kastenfenster mit außenliegenden Läden ausgebildet, das Museumsobjekt weist hingegen nach innen aufgehende Einfachfenster ohne äußere Läden auf. Die Geländeintegration des Gebäudes kann aufgrund der Standortwahl im Museumstal deutlich nachempfunden werden. Seine Orientierung entspricht jedoch nicht der ursprünglichen Ausrichtung.



Abbildung 454: Siedlungsformenkarte nach Adalbert Klaar mit Siedlungs-, Flur- und Gehöftformen in der Region Arbesbach

Abbildung 455: Geländeintegration des Gebäudes am ursprünglichen Standort (undatierte Abbildung, Gemeinde Arbesbach, 2016)



Abbildung 456: Luftbild des ehemaligen Gebäudestandortes und seiner umgebenden Landschaft (Niederösterreich-Atlas, Screenshot 15.5.2016)

Abbildung 457: Originalgebäude, quergestellter Scheunentrakt mit Giebelfeld (Archiv ÖFLM Stübing, 1971)

Abbildung 458: Draufsicht auf das Ausstellungsgebäude auf dem Museumsgelände (Google Earth, Screenshot 14.9.2018)

Aktuelle und historische Klimasituation

Das Klima des Waldviertels ist vor allem in den Kaltluftseen des Kamptals rau, mit winterlichen Temperaturminima, die zu den extremsten in Österreich gehören. Die Niederschläge sind etwas höher als im östlich angrenzenden, trockeneren Weinviertel. Die Sommer sind relativ sonnig. In Tallagen ist im Winter deutlich mehr Nebel vorherrschend als auf den Hochflächen. (vgl. AUER u. a., 2001, Kap. Stationen) Die durchschnittliche Jahrestemperatur, gemessen an der dem Gebäudestandort nächstgelegenen ZAMG-Klimastation in Zwettl auf 505 m Seehöhe und in 23 km Entfernung, liegt bei 6,58 °C. Der Maximalwert der monatlichen Tagesdurchschnittstemperaturen erreicht im Juli 16,3 °C,

der Jänner ist mit einem Tagesmittelwert von $-2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ der kälteste Monat. Die Anzahl der jährlichen Heizgradtage liegt bei 4166. Die Gesamtniederschlagsmenge erreicht einen Wert von $667,3\text{ mm/m}^2\text{a}$, wobei die meisten Niederschläge mit $96,3\text{ mm/m}^2$ im Juli, die geringsten mit $29,4\text{ mm/m}^2$ im Februar auftreten. Die jährliche Gesamtstrahlungssumme beträgt $1118,38\text{ kWh/m}^2$, der Direktstrahlungsanteil liegt dabei bei 43% . Die durchschnittliche jährliche Windgeschwindigkeit beträgt $1,4\text{ m/s}$, Hauptwindrichtungen sind Nordwest (Windrichtungsanteil $20,7\%$) und West (Windrichtungsanteil $18,9\%$). Der Kalmenanteil liegt bei $26,1\%$ Prozent.

In Europa lagen die Temperaturen während des 19. Jahrhunderts um $0,58\text{ }^{\circ}\text{C}$ unterhalb des Niveaus der Betrachtungsperiode zwischen den Jahren 1971 und 2000. Die negativen Abweichungen der mittleren Monatstemperaturen betragen im Winter (Dezember, Jänner, Februar) $1,12\text{ }^{\circ}\text{C}$, im Sommer (Juni, Juli, August) $0,14\text{ }^{\circ}\text{C}$. (vgl. MAUELSHAGEN, 2010, S. 67) Die standortbezogene Anzahl der Heizgradtage im 19. Jahrhundert wird mit 4437 angenommen, und ist damit gegenüber dem Wert von 4166 Heizgradtagen in der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 um rund 7% erhöht. Das 19. Jahrhundert wird laut Pfister durch eine Zäsur um das Jahr 1855 in eine kalt-trockene und eine wärmere feuchte Periode gegliedert. Als Folge äquatornaher Vulkanausbrüche und eines Tiefpunkts der Sonnenaktivität waren im Jahrzehnt 1810 – 1820 alle Jahreszeiten erheblich zu kalt. Den Höhe- bzw. Tiefpunkt markierte das Jahr 1816. Nach dem kalten Jahrzehnt stießen die Alpengletscher zuerst rasch, dann langsamer vor, und erreichten um die Jahrhundertmitte ein Maximum. (vgl. PFISTER u. a., 1999, S. 76)

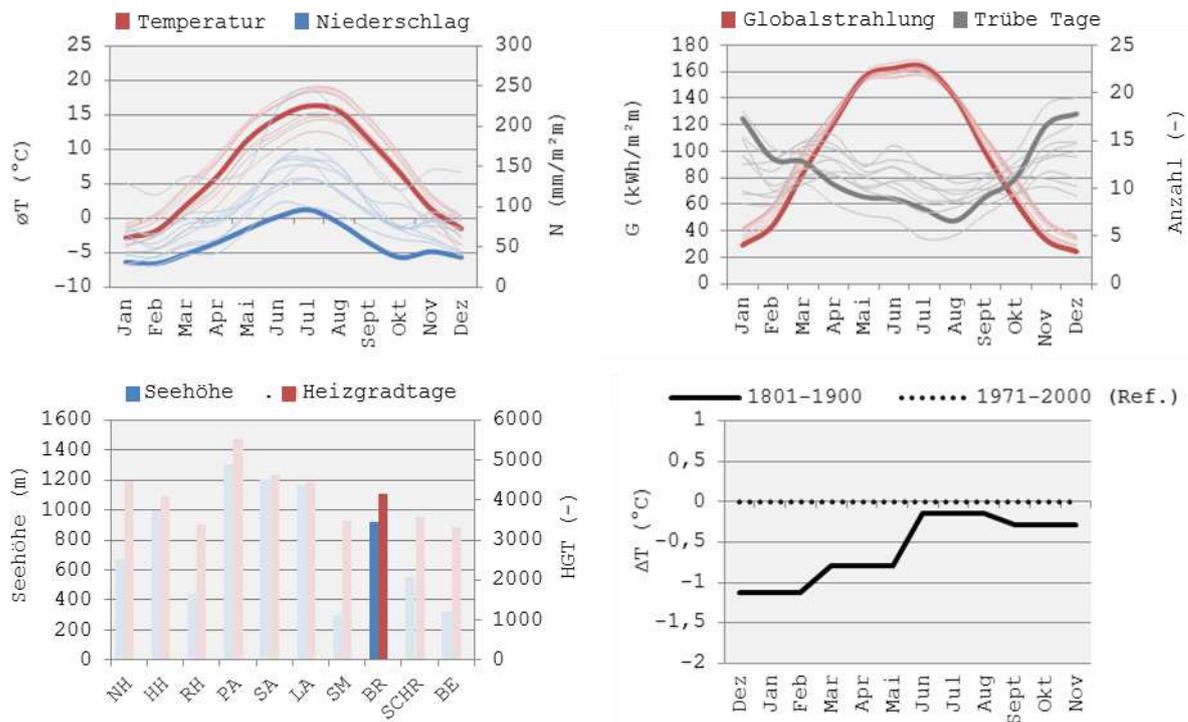


Abbildung 459: Klimadiagramme; Monatsmittelwerte von Lufttemperatur und Niederschlag (oben links), durchschnittliche monatliche Globalstrahlung und Anzahl an Tagen mit einem Bewölkungsmittel $>80\%$ (oben rechts), Seehöhe und jährliche Heizgradtage (unten links), Abweichungen der Temperatur-Jahreszeitenmittel der Periode 1801 – 1900 vom Mittelwert der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 (unten rechts)

Raumorganisation

Das Gehöft Brachhuber ist ein eingeschößiger, über einer bebauten Fläche von 332,84 m² errichteter Dreikanthof. Mit einer Seitenlänge von circa 20 m kann er als mittelgroßes bis kleines Gehöft eingestuft werden. Wohn- und Wirtschaftsteil sind in einem Gebäudeverbund um einen Hof gruppiert und unter einem gemeinsamen Dach zusammengeführt. Die Gesamtkubatur des Baukörpers beträgt etwa 1764 m³, davon umfasst der Wohnbereich ein Volumen von etwa 289 m³ und eine Nutzfläche von 67 m². Die vorderen, südwestorientierten Giebelansichten der parallel zueinanderstehenden Wohn- und Stalltrakte sind durch eine Tormauer verbunden. An der ehemals nordostorientierten Rückseite wird das Gebäude durch eine Scheune mit einer durchgängigen, befahrbaren Tenne abgeschlossen. Da der Wohnbereich geländebedingt höher als der gegenüberliegende Stall gelegen ist, führen Steinstufen vom Innenhof zum Hauseingang. Nach Betreten des Wohnbereiches gelangt man in ein abgeriegeltes, circa 11 m² großes Vorhaus. Von hier aus sind links die giebelseitige, 24,5 m² große Stube mit fensterloser Nische für den Stubenofen, die dem Eingang gegenüberliegende Rauchküche und rechts eine Schlafkammer erreichbar. (Im Anschluss an die Stube war bergseitig ein weiterer, erdkellerartiger Raum angeordnet, der im Zuge der Wiedererrichtung nicht realisiert wurde.) Die Rauchküche führt in eine Vorratskammer, die auch über eine eigene Türe vom Innenhof aus erreichbar ist. Eine Stiege im Bereich der Vorratskammer führt in den Dachboden, der durch zwei hofseitige Schleppgauben bzw. zwei giebelseitige Öffnungen belüftet wird.

Ein parallel zum Wohnbereich errichteter und in Riegelbauweise erstellter Schuppen mit integriertem Hühnerstall und der gemauerte Rinder- und Schafstall werden vom Hofbereich aus betreten. (Oftmals ist zu beobachten, dass der Tierbestand gemäß seines Wertes von vorn nach hinten im Gebäude untergebracht ist. So ergibt sich eine Aneinanderreihung von vorderem Rinder- und rückwärtigem Schafstall. [vgl. LEHNER, 2016b]) Durch einen Ausgang an der äußeren Traufseite des Stalltraktes konnte das Vieh auf die umliegenden Wiesen gelangen bzw. wurde der Mist auf die außerhalb des Gehöftes liegende Düngerstätte ausgebracht.

Die Stallbereiche sind gegenüber dem darüber liegenden Dachraum durch einen Bretterboden nach oben hin abgeschlossen. Eine Querscheune mit befahrbarer Tenne vereinigt Wohn- und Stalltrakt zu einem Dreiseithof. Sie ist teils aus grobkörnigen Weinsberger Granitsteinen gemauert, teils in Holzriegelbauweise mit lotrechter Bretterschalung errichtet. (vgl. PÖTLER, 1992b, S. 244) Während der Wirtschaftsbereich des Gehöftes mit seiner vorderen, südwestorientierten Giebelfassade auf Ebene der Tormauer abschließt, ist der Wohntrakt über diese um circa 1,8 m bzw. eine Fensterachse hervorgezogen.

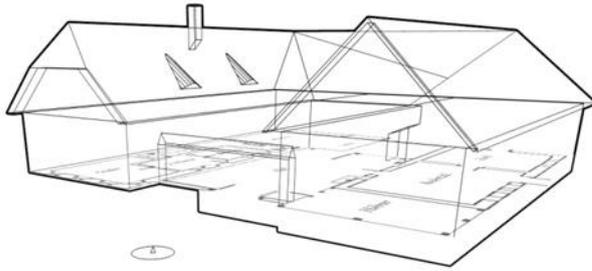


Abbildung 460: Baukörpergeometrie

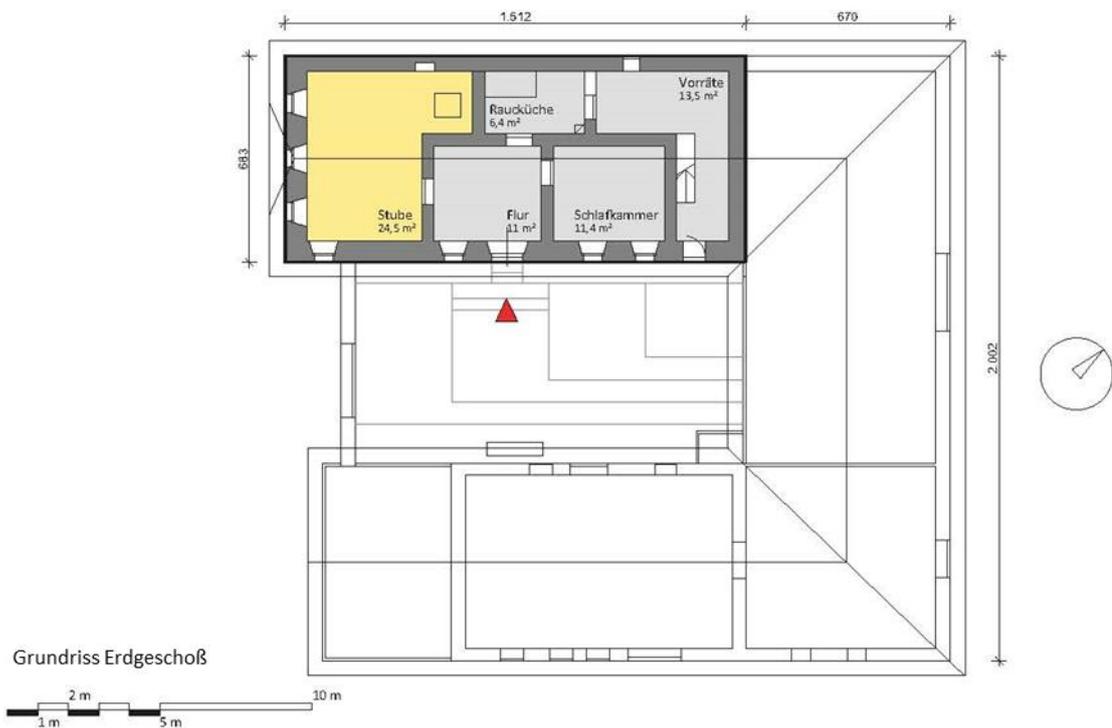


Abbildung 461: Grundrissdarstellung des Wohnbereiches

Bauweise

Die Wohn- und Stallbereiche der vorwiegend eingeschößigen Waldviertler Dreikanthöfe sind vor allem im Grenzgebiet zu Oberösterreich meist aus Granitsteinen gemauert und teilweise verputzt. Scheune und Schuppen sind in der Regel in Ständerbauweise erstellt und mit lotrechten Bretterschalungen verkleidet. (Vereinzelt sind im nordwestlichen Teil des Waldviertels bis in die Zeit nach 1945 in Blockbauweise errichtete Scheunenbauten erhalten.) Die bis zu 70 cm starken Wohntrakt-Außenwände des Gehöftes Brachhuber waren in verputzter Steinbauweise errichtet. Die massiven und putzbeschichteten Bauelemente des Museumsobjektes sind aus Ziegeln erstellt. Die Außenwände von Scheune und Stall sind teils als Granitmauerwerk, teils in Holzriegelbauweise mit vertikaler Bretterschalung ausgeführt. Als Deckenkonstruktion zwischen Wohnbereich und Dachraum wird ein auf Tramen verlegter, mehrlagiger Sturzboden-Bretterbelag mit verputzter Deckenuntersicht angenommen, der Küchenbereich ist überwölbt. Die Fußböden in den Wohnräumen sind als Holzriemenböden ausgeführt. Die Dachkonstruktion des Gehöftes ist ein Sperrhaxendach, das aus fünf Pfetten (First-, Mittel- und Fußpfette) und ohne Firstsäulen gezimmert ist. Die Überdachungen des Wohn-, Scheunen- und Stalltraktes sind zu einer einheitlichen Dachform mit umlaufender Firstlinie

zusammengeführt. Der Böschungswinkel der Dachflächen beträgt etwa 43 Grad, die Auskragung der Dachtraufe über die Fassadenebene beträgt circa 40 cm. An der Giebelfassade des Wohnbereiches ist im Dachbereich ein Schopf ausgebildet. Die Dachhaut bestand ehemals aus Stroh, wobei Dachsäume und Schöpfe mit Holzschindeln gedeckt waren. (Zu geringe Neigungswinkel und fehlende Sonneneinstrahlung in schattigen Lagen können zu Feuchtigkeitsstau in der Strohlage führen und die Lebensdauer der Dächer verkürzen.) (vgl. PÖTTLER, 1992b, S. 240)

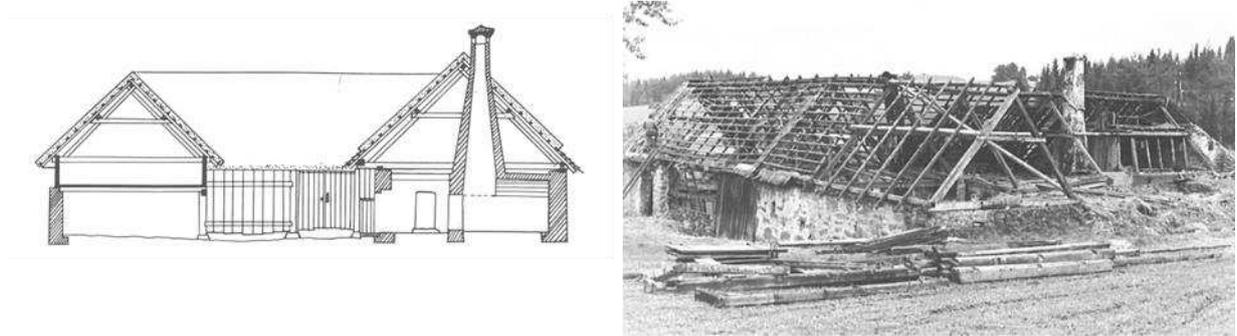


Abbildung 462: Gebäudeschnitt durch den Küchenbereich (Pöttler, 1992b, S. 238)

Abbildung 463: Im Zuge des Gebäudeabbaus freigelegte Dachkonstruktion (Pöttler, 1992b, S. 237)



Abbildung 464: Freigelegte Wandbauteile des Wohnbereiches (Archiv ÖFLM Stübing, 1971)

Abbildung 465: Aufbau des Granitmauerwerks des Wirtschaftsbereiches (Pöttler, 1992b, S. 239)

Abbildung 466: Dachhaut mit Stroh- und Schindeldeckung (Archiv ÖFLM Stübing, 1973)

Solare Baukörperexposition

Sonnenverlaufsstudien für den ehemaligen Errichtungsort des Gehöftes Brachhuber ergeben eine effektiv mögliche Standort-Besonnung zur Wintersonnenwende (21.12.) in der Zeit von 8:00 Uhr morgens bis etwa 15:00 Uhr nachmittags. Im Winter waren die südwestorientierten Bereiche des Wohntraktes, insbesondere die außerhalb der Tormauerebene gelegenen Raumabschnitte gantztägig besonnt. Die südostorientierte Hoffassade und damit der Eingangsbereich zu den Wohnräumen war am Vormittag teilweise sonnenbeschienen, hintere bzw. nordöstlich gelegene Hofbereiche wurden erst am Nachmittag direkt bestrahlt. Die nordwest- und nordostausgerichteten Dachflächen blieben im Winter aufgrund des steilen Dachneigungswinkels gantztägig unbesonnt. Im Sommer war die südwestorientierte Giebelfassade des Wohnbereiches ab dem späten Vormittag bis zum Abend besonnt, die südostausgerichtete Hoffassade war vor allem in den Vormittagsstunden sonnenexponiert und ab dem Nachmittag verschattet.

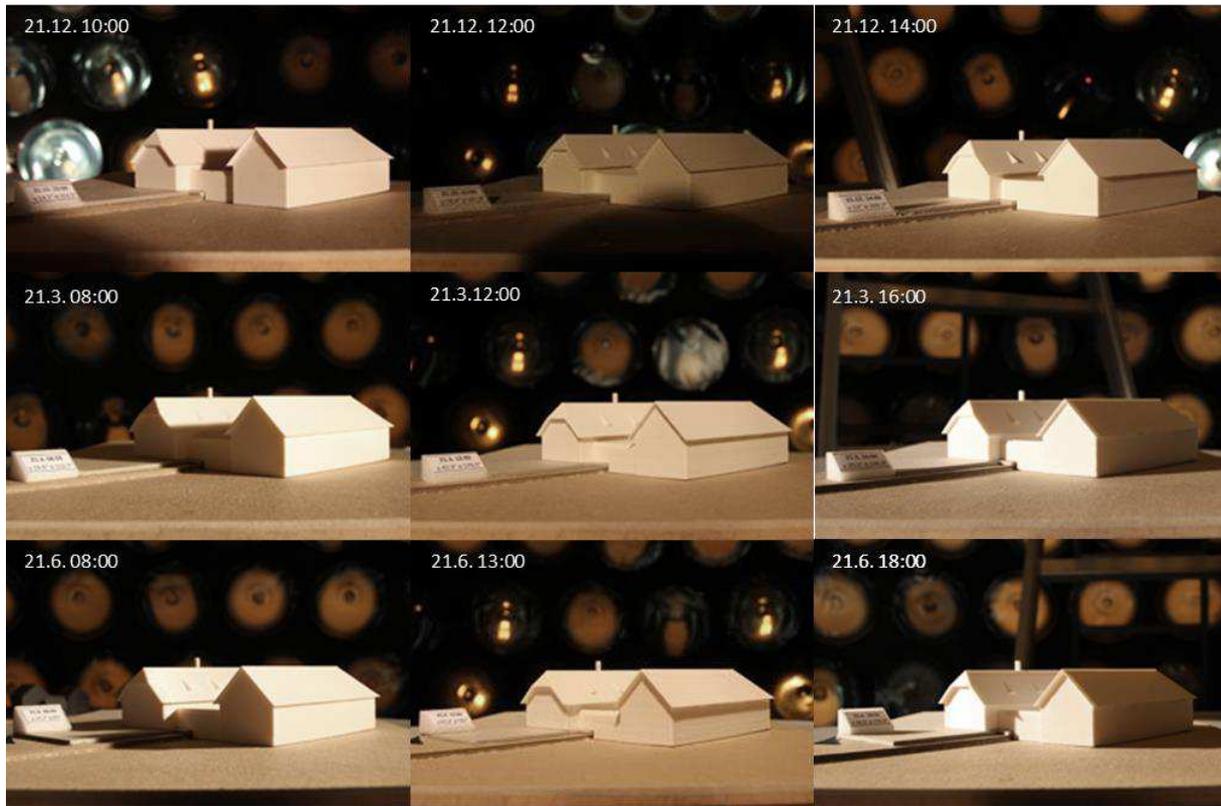
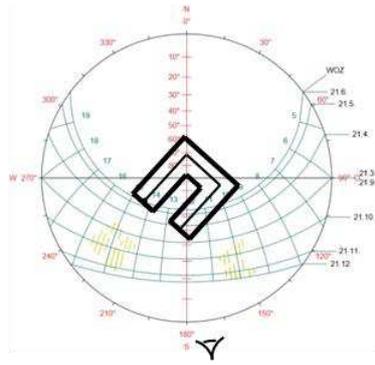


Abbildung 467: Sonnenbahndiagramm und Gebäudeorientierung (oben), Baukörper-Direktlichtstudien bei unterschiedlichen Sonnenpositionen

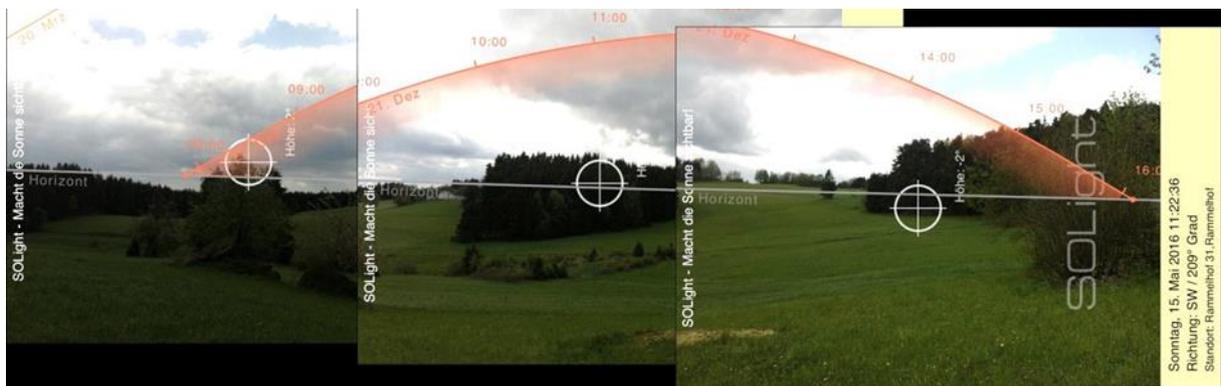


Abbildung 468: Sonnenverlauf am 21.12. am Originalstandort

Fassadenöffnungen und natürliche Raumbelichtung

Die Außenhülle des Wohnbereiches weist insgesamt acht Fenster mit einer Gesamtgröße von 3,01 m² auf. Die Größe der Wohn-, Schlaf- und Vorraumfenster beträgt jeweils 0,4 m², das Küchen- bzw. Vorrätraumfenster hat eine Dimension von circa 0,21 m². Der Anteil der Gesamtfensterfläche an der Außenfassade beträgt 3 %. Etwa 53 % der Gesamtfensterfläche waren ehemals nach Südosten (vorwiegend hofseitig) und 40 % nach Südwesten ausgerichtet. Der Flächenanteil des Küchenfensters an der Außenfassade beträgt 7 %. Jedem der insgesamt fünf dem Wohnbereich zugehörigen Räume sind durchschnittlich 1,6 Fenster zugeordnet.

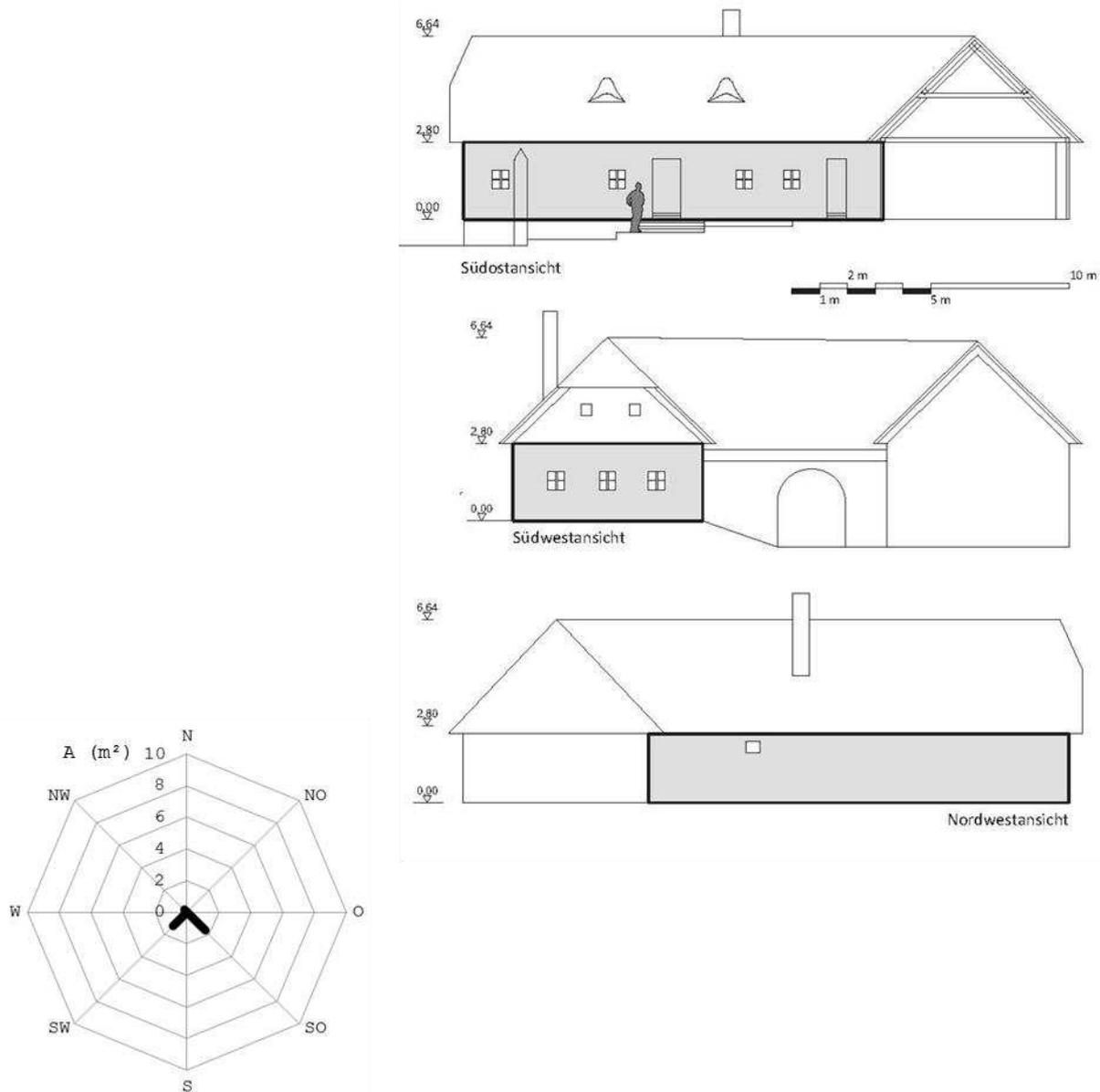


Abbildung 469: Außenansichten der Wohnbereichskubatur

Abbildung 470: Diagramm zur Darstellung der unterschiedlichen Fensterflächen-Orientierungen

Die 3,8 m x 5,6 m große und 2,48 m hohe Wohnstube wird von vier Fenstern mit einer Größe von jeweils 0,4 m² belichtet. Drei davon sind in der ehemals südwestorientierten Giebfassade angeordnet, ein viertes Fenster war nach Südosten ausgerichtet, und ermöglichte die Einsicht in den außerhalb der

Tormauer gelegenen Zugangsbereich. Die Fenster sind außermittig in der 70 cm starken Außenwand positioniert, wobei die 42 cm tiefen Innenleibungen trichterförmig und mit Segmentbögen im Sturzbereich ausgebildet sind. Der Verglasungsanteil der Fenster liegt bei etwa 75 %. Die Gesamtgröße der Lichteintrittsflächen der Wohnstube beträgt 1,6 m², und erreicht demnach 6,5 % der insgesamt 24,5 m² großen Bodenfläche des Wohnraumes (inklusive Nische des Stubenofens).



Abbildung 471: Stubenfenster-Innenansicht mit trichterförmiger Leibung

Abbildung 472: Schlafkammerbereich mit Fensteröffnung

Abbildung 473: Außenansicht mit Stubenfenstern

Die Parapethöhe beträgt jeweils 0,86 m, der Fenstersturz liegt circa 1,7 m über dem Fußboden und begünstigt die Aussicht auf den freien Himmel und damit den natürlichen Lichteintrag bis in eine Raumtiefe von 2,2 m. Wände und Decke sind verputzt und weiß gekalkt, der Fußboden ist mit dunklen Holzbrettern ausgelegt. Die Berechnung der Lichtreflexionseigenschaften der raumumschließenden Oberflächen ergibt Werte von $\rho_{\text{Wand}} = 0,78$, $\rho_{\text{Decke}} = 0,5$, $\rho_{\text{Boden}} = 0,1$.

Die computerunterstützte Lichtsimulation ergibt einen Tageslichtquotient-Mittelwert von 0,51 %. Der Höchstwert von 1,47 % liegt im Bereich der doppelt belichteten Raumecke des Herrgottswinkels, der geringste Wert von 0,11 % in der fensterfernen und unbelichteten Raumnische, in die der Stubenofen integriert ist. Die Simulationen von Beleuchtungsstärken auf Höhe der Messebene zu unterschiedlichen Jahreszeiten und unter Annahme eines bedeckten Himmels ergeben Mittelwerte von 33,3 lx (21.12., 12:00), 73 lx (21.3., 12:00) und 100 lx (21.6., 13:00). Die Höchstwerte der vorherrschenden Beleuchtungsstärken liegen bei 96 lx (21.12., 12:00), 208 lx (21.3., 12:00) und 284 lx (21.6., 13:00). Helligkeitssimulationen der Stubeninnenansicht (Blick vom Stubeneingang in Richtung Herrgottswinkel, Distanz circa 4,5 m) ergeben Leuchtdichten von 20 cd/m² auf den raumseitigen Wandoberflächen und im Deckenbereich. Die Oberflächenleuchtdichten der trichterförmigen Fensterleibungen erreichen Werte von bis zu 120 cd/m². Insbesondere bei den der zylinderförmigen Sturzbereiche ist der Helligkeitseindruck erhöht.

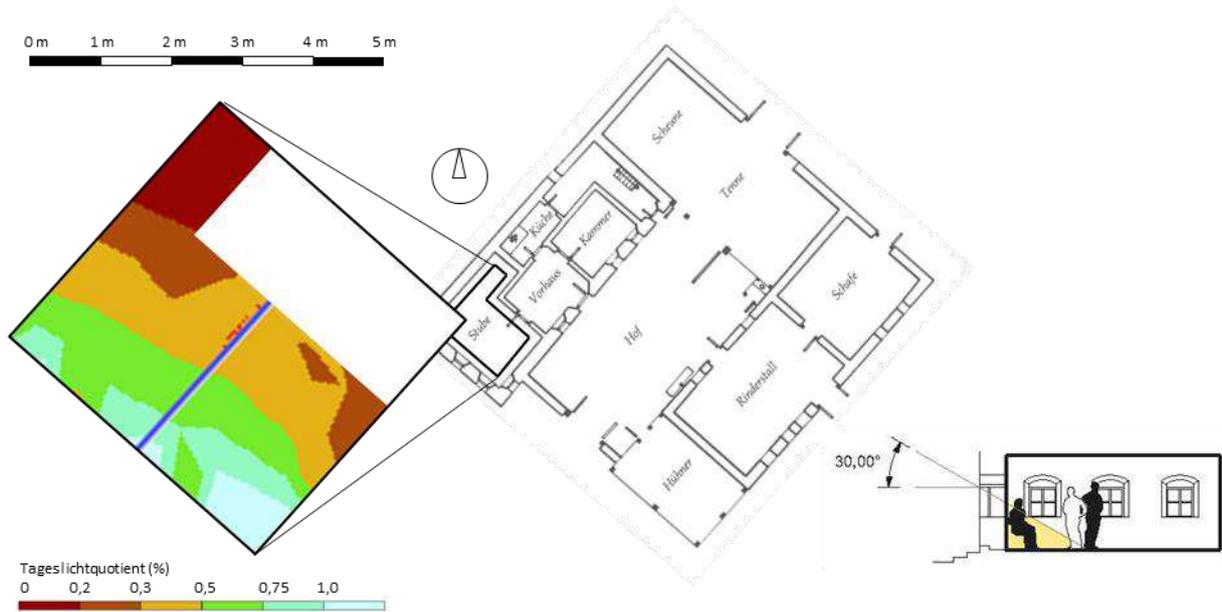


Abbildung 474: Gebäudegrundriss (Pöttler, 1992b, S. 238) mit Falschfarbendarstellung der Tageslichtquotient-Verteilung auf horizontaler Messebene im Stubenbereich
Abbildung 475: Gemäß 30-Grad-Regel lichtbegünstigter Raumbereich

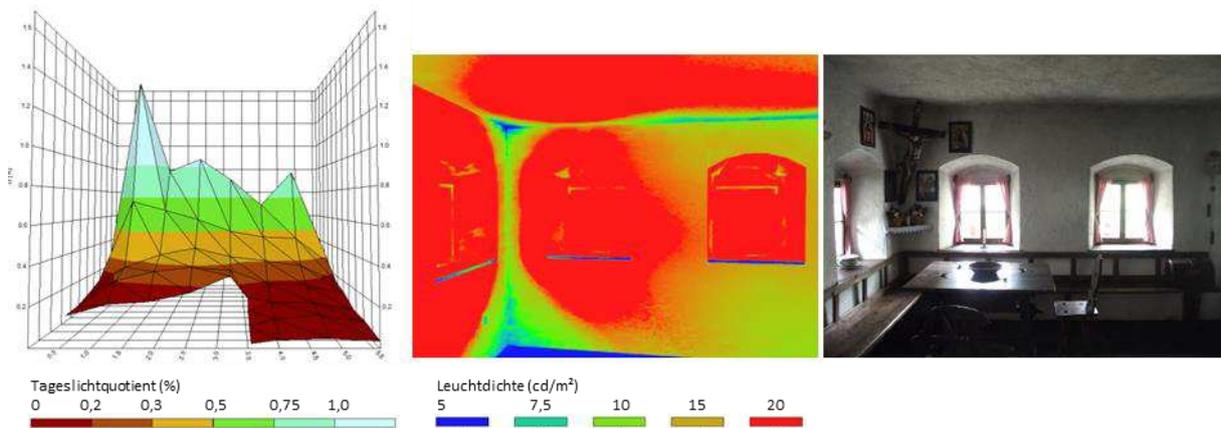


Abbildung 476: 3D-Gebirgsdarstellung der Tageslichtquotient-Niveaus
Abbildung 477: Falschfarbendarstellung der Helligkeitsverteilungen auf den inneren Raumboflächen
Abbildung 478: Stubenansicht

Thermische Konditionierung

Die Feuerstelle des Gehöftes Brachhuber befindet sich in der Rauchküche nahe dem Durchgangsbereich zum Vorhaus. Sie besteht aus einem offenen Herd und einem Heizloch zur Beschickung des Kachelofens in der angrenzenden Wohnstube. Der Rauch der Feuerstellen wird über einen gemauerten Kamin aus der gewölbten Rauchküche ins Freie geführt. (Der Rauchfang wurde bisweilen auch zum Selchen von Fleischware genutzt.) Frischluft gelangt über das Vorhaus und eine Lüftungsöffnung an der Nordwestfassade in den Küchenbereich. Die Original-Feuerstelle ist im Museumsobjekt durch die Kopie einer regionaltypischen Feuerstelle ersetzt. (vgl. PÖTTLER, 1992b, S. 242)



Abbildung 479: Feuerstätte mit offenem Herd und Heizloch für den Stubenofen

Abbildung 480: Kachelofen in der Stubennische

Abbildung 481: Rauchabgabe durch einen gemauerten Kamin

Der für Heizwärmebedarfs-Berechnungen als thermisch zu konditionieren angenommene Wohnbereich umfasst ein Volumen von $289,2 \text{ m}^3$ mit einer Gesamtoberfläche von $329,7 \text{ m}^2$. Die charakteristische Länge l_c der Raumzone beträgt $0,88 \text{ m}$. Die raumumschließenden Oberflächen und Fensterkonstruktionen weisen einen mittleren U-Wert von $1,48 \text{ W/m}^2\text{K}$ auf. Der errechnete und auf das Standortklima bezogene Heizwärmebedarf HWB_{SK} beträgt $592,6 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Der Referenz-Heizwärmebedarf HWB_{RK} liegt bei $428 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Der im Renovierungsfall nach aktuell geltender Richtlinie ermittelte Höchstwert von $80,7 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ wird 5,3-fach übertroffen.

Unter Annahme einer im 19. Jahrhundert gegenüber der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 um 7 % erhöhten Anzahl an Heizgradtagen würde sich der Heizwärmebedarf HWB_{SK} des auf 1827 datierten Gebäudes um 3 % auf $610 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ erhöhen.

Die Oberfläche des als zu konditionieren angenommenen Wohnbereiches ist zu 31,5 % außenraumexponiert, 68,5 % grenzen an das Erdreich sowie an den unbeheizten Dachraum und die Scheune. Die aufgrund von Heu- oder Stroheinlagerungen in den angrenzenden Wirtschaftsbereichen als herabgesetzt angenommenen Wärmetransmissionskoeffizienten der trennenden Wand- und Deckenbauteile bewirken eine Minderung des errechneten Heizwärmebedarfs HWB_{SK} im Größenordnungsbereich von 22 % auf $460,6 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

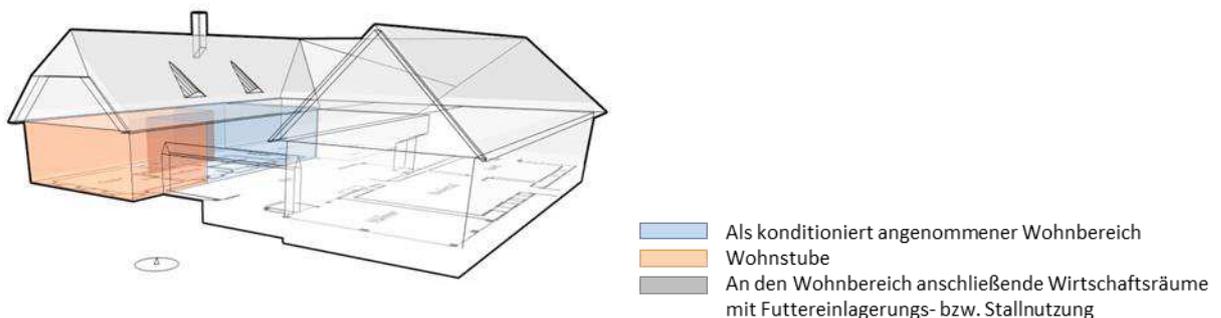
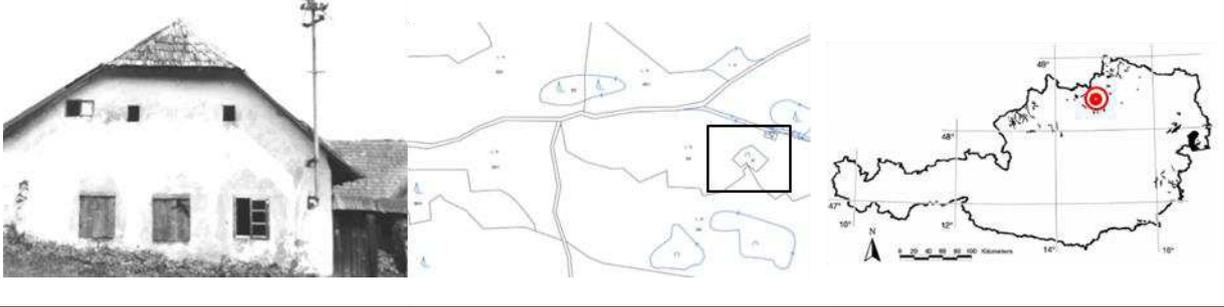


Abbildung 482: Baukörpergeometrie des als zu konditionieren angenommenen Wohnbereichs und seine Lage im Gebäudeverbund

Factsheet Brachhuber



Der Waldviertlerhof an seinem Originalstandort (Archiv ÖFLM Stübing, 1971)	Lageplanskizze (Gemeinde Arbesbach, 2016)		Lage Arbesbach in grünlandgeprägter Kulturlandschaft außeralpiner Beckentäler und Hügellandschaften (Wrbka u. a., 2005, S. 32)		
Hoftypus	Dreikanthof		Östliche Länge	14,9°	
Errichtungsjahr datiert auf	1827		Nördliche Breite	48,49°	
Gesamtvolumen	1764	m ³	Seehöhe	920	m
Kubatur des Wohnbereiches	289	m ³	Heizgradtage (ZAMG-Angabe)	4166	(-)
Wohnnutzfläche	67	m ²	Jahresniederschlag	667	mm/m ²
Charakteristische Länge Wohnbereich	0,88	m	Globalstrahlung	1118	kWh/m ² a
Ø U-Wert	1,48	W/m ² K	Heizwärmebedarf (HWB_SK)	592,6	kWh/m ² a
Gesamtfensterfläche / Fassadenfläche (WWR)	3	%	HWB (Errichtungszeit-bezogen)	610	kWh/m ² a
Außenraumexposition der Gebäudehülle	32	%	HWB (bauteiloptimiert)	460,6	kWh/m ² a
Gesamtfensterfläche / Wohnnutzfläche	4,4	%	Ø Oberflächenreflexion Stube	46,5	(-)
Ø Fenstergröße	0,38	m ²	Tageslichtquotient Stube	0,51	%
Stubenfensterfläche / Stubennutzfläche	6,51	%	Ø Beleuchtungsstärke Stube*	69	lx

* Mittelwert der eruierten, mittäglichen Beleuchtungsstärken am 21.3., 21.6. und 21.12.

Besondere Merkmale

Mit dem auf 1827 datierten Errichtungsjahr ist das Gehöft Brachhuber das jüngste und gleichzeitig nördlichste Vergleichsobjekt. Die Jahresniederschlagsmenge am ehemaligen Errichtungsort und die jährliche Globalstrahlungssumme sowie deren Direktstrahlungsanteil weisen niedrige Werte auf. Der Heizwärmebedarf und der mittlere U-Wert des kleindimensionierten und so wenig kompakten Wohnbereiches sind im Gehöft Brachhuber am höchsten. Die Belichtung der Wohnstube erfolgt durch insgesamt nur vier Fenster, ihre Raumlichte und die Reflexionsgrade der inneren Raumbooberfläche sind vergleichsweise hoch.

Abbildung 483: Datenblatt Brachhuber

Weststeirisches Gehöft Großschrotter in Eggartsberg in der Steiermark



Abbildung 484: Der Großschrotter auf dem Gelände des Österreichischen Freilichtmuseums

Abbildung 485: Der Großschrotter an seinem ursprünglichen Errichtungsort in Eggartsberg im Jahr 1971 (Archiv ÖFLM Stübing, 1971)

Das Hauptverbreitungsgebiet der Weststeirischen Rauchstubenhäuser, denen das Gehöft Großschrotter zugerechnet wird, liegt südlich der Gleinalpe, und wird im Osten von Mur und im Westen von Stub- und Koralpe eingeschlossen. Die südliche Abgrenzung bildet die Staatsgrenze zu Slowenien. Die Gebäude dieser waldreichen Region waren stets gezimmert, und trugen steile, meist mit Stroh gedeckte Dächer. (Ab dem 19. Jahrhundert wurden die Strohdeckungen insbesondere in Berglagen vielfach von Schindeln verdrängt.) (vgl. PÖTTLER, 1978, S. 6) Die Grundrisse der Gebäude weisen üblicherweise durchgehende, meist traufseitig erschlossene Vorhäuser auf. Links und rechts des Mittelflurs sind Rauchstube bzw. Schlaf- und Vorratskammer angeordnet. (vgl. PÖTTLER, 1978, S. 6ff) Durch das Bedürfnis nach rauchfreien Wohn- oder zusätzlichen Schlafräumen sind vielfach Gebäudeerweiterungen in Form von im rechten Winkel an die Haupthäuser angefügten Zubauten, die als *Wiederkehr* bezeichnet werden, entstanden, die vom Vorhaus aus erreichbar sind. In diesen Raumerweiterungen sind jeweils ein Vorbereich und eine beheizte Stube untergebracht. Die in Blockbauweise errichteten Wohntrakte sind stets eingeschößig, an ihren Außenseiten sind vielfach umlaufende Balkone angeordnet. (vgl. MILAN & SCHICKHOFER, 1992, S. 36) Aufgrund von Feuerschutzbestimmungen und Holzsparmaßnahmen treten bei Wohnhäusern ab dem 18. Jahrhundert teilweise gemauerte Hauswände im Bereich der Feuerstätten und der Fundamente in Erscheinung. Die belüfteten Dachräume hinter den schmalen, mit Bretterschalung verkleideten Giebeln dienen vor allem der Lagerung und Trocknung von Feldfrüchten. (vgl. PÖTTLER, 1978, S. 6ff)

Der ursprüngliche Standort des Gehöftes Großschrotter befindet sich auf dem Gemeindegebiet von Geistthal-Södingberg im Kammbereich eines Hügelzuges auf 552 m Seehöhe (Geographische Standortdaten: 47° 06' 43" N, 15° 10' 01" O). Paar- und Haufenhöfe in Streulage auf (neuzeitlichen) Einödblockfluren sind die bestimmenden Bebauungs- und Flurformen, wobei die größten Gebäude im hügeligen Rodungsland der Region meist auf den Höhenrücken errichtet wurden. (vgl. PICKL, 1978, S. 48) Die Landwirtschaft am Saum des Steirischen Randgebirges ist grünlanddominiert, und weist aufgrund vergleichsweise geringer Niederschläge auch Ackeranteile und Getreideproduktion auf. (vgl. WRBKA u. a., 2005, S. 29f)

Die Geschichte des Schrotter-Hofes, den Hausnamen Großschrotter erhielt das Gebäude erst Mitte des 19. Jahrhunderts, kann auf Basis von Urkunden aus dem Archiv des Zisterzienserklosters Rein bis in das 14. Jahrhundert zurückverfolgt werden. (vgl. PÖTTLER, 1978, S. 10, 47) Dendrochronologisch

analysierte Bauelemente aus dem Hauptgebäude bzw. dem Bereich der Rauchstube stammen aus dem Jahr 1576, ältere Proben werden dem Jahr 1522 zugeordnet. (vgl. PÖTLER, 1978, S. 10f) Der Stubenbereich in der *Wiederkehr* sowie das Obergeschoß und der Dachstuhl sind nach Erkenntnissen der Holzforschung im Zeitraum zwischen 1660 und 1690 entstanden. (GRABNER, 2017)

Die Entstehung des Gebäudes in seiner heute zu besichtigenden Form wird auf das Jahr 1690 datiert. Im Jahr 1971 wurde der Großschrotter an seinem ursprünglichen Standort abgetragen und ab 1975 im Freilichtmuseum wiedererrichtet. Seine ehemals exponierte Lage konnte auf dem Museums Gelände nicht wiedergegeben werden, die Integration in das umgebende Gelände mit höhengestaffelten Zu- und Ausgängen in die Wohn- und Wirtschaftsbereiche ist jedoch deutlich nachvollziehbar.

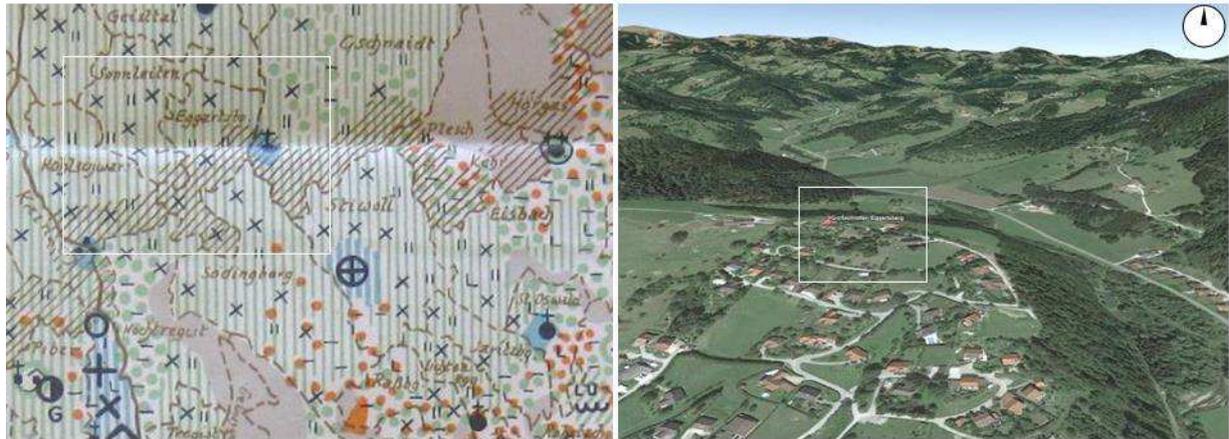


Abbildung 486: Siedlungsformenkarte nach Adalbert Klaar mit Siedlungs-, Flur- und Gehöftformen in der Region Eggartsberg

Abbildung 487: Geländedarstellung des Originalstandortes aus südlicher Richtung (Google Earth, Screenshot 15.5.2016)

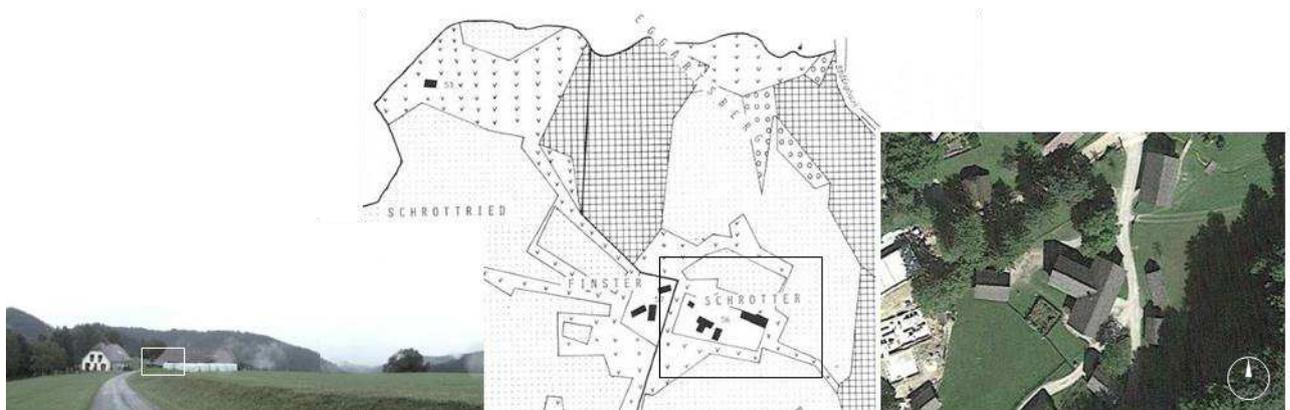


Abbildung 488: Gebäudestandort aus westlicher Richtung (2016)

Abbildung 489: Lageplan nach dem Franziszeischen Kataster von 1824 (Pöttler, 1978, S. 55)

Abbildung 490: Draufsicht auf das Ausstellungsgebäude auf dem Museums Gelände (Google Earth, Screenshot 14.9.2018)

Aktuelle und historische Klimasituation

Das Klima an den südlichen Ausläufern der Gleinalm ist durch vergleichsweise geringe Niederschläge, die jedoch sehr heftig ausfallen können, gekennzeichnet. Die Gewitter- und Hagelhäufigkeit ist eine der höchsten in ganz Österreich. Die Temperaturen oberhalb von Kaltluftseen sind gegenüber Beckengegenden wie dem Grazer Feld im Winter gemildert. (vgl. AUER u. a., 2001, Kap. Stationen) Die durchschnittliche Jahrestemperatur, gemessen an der dem Gebäudestandort nächstgelegenen ZAMG-Klimastation Lobming auf 400 m Seehöhe und in 7 km Entfernung, liegt bei

8,18 °C. Der Maximalwert der monatlichen Tagesdurchschnittstemperaturen erreicht im Juli 18,3 °C, der Jänner ist mit -2,1 °C der kälteste Monat. Die Anzahl der jährlichen Heizgradtage liegt bei 3563. Die Gesamtniederschlagsmenge erreicht einen Wert von 921 mm/m²a, wobei die meisten Niederschläge mit 135,2 mm/m² im Juli, die geringsten mit 28,2 mm/m² im Jänner auftreten. Die jährliche Gesamtstrahlungssumme beträgt 1183,3 kWh/m², der Direktstrahlungsanteil liegt dabei bei 44 %. Die durchschnittliche jährliche Windgeschwindigkeit beträgt 1,2 m/s, Hauptwindrichtung ist Südost (Windrichtungsanteil 15 %), der Kalmenanteil liegt bei 65,4 %.

Im 17. Jahrhundert lagen die Temperaturen in Europa um 0,56 °C unter dem Niveau der Betrachtungsperiode zwischen den Jahren 1971 und 2000. Die negativen Abweichungen der mittleren Monatstemperaturen betragen im Winter (Dezember, Jänner, Februar) 1,1 °C, im Sommer (Juni, Juli, August) 0,2 °C (vgl. MAUELSHAGEN, 2010, S. 67) Die standortbezogene Anzahl der Heizgradtage im 17. Jahrhundert wird mit 3823 angenommen, und ist damit gegenüber dem Wert von 3563 Heizgradtagen in der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 um rund 7 % erhöht.

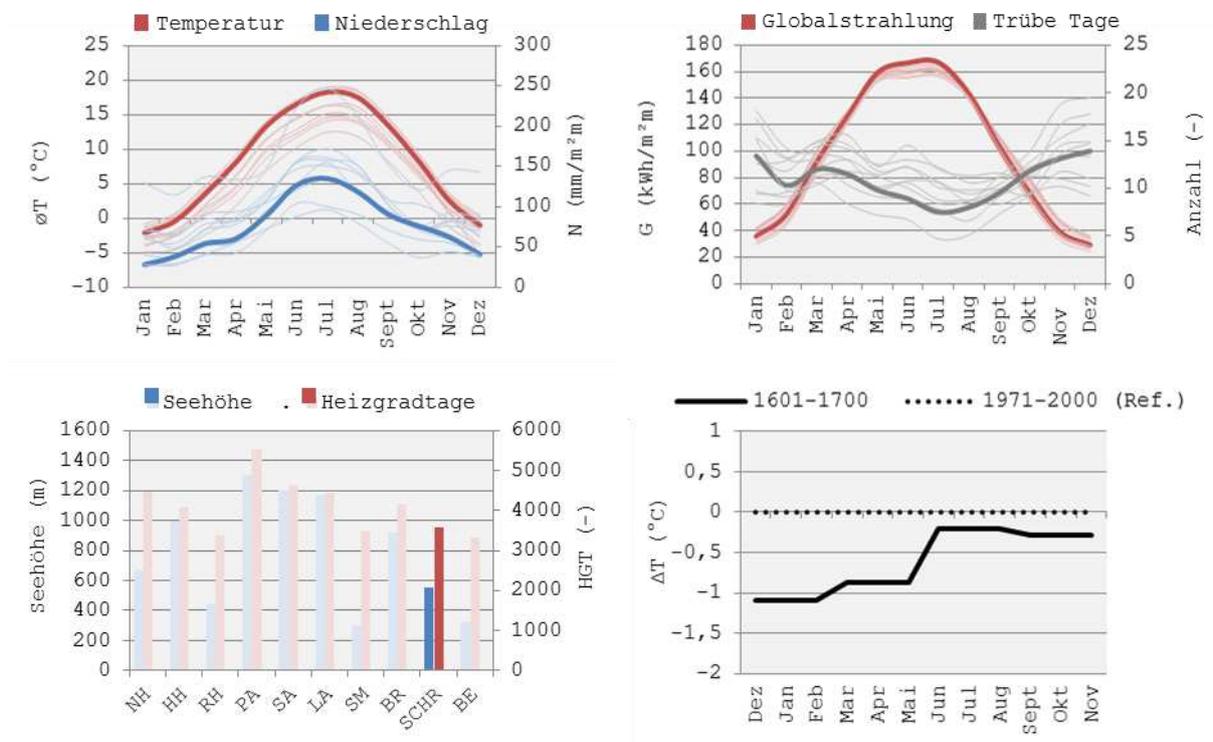


Abbildung 491: Klimadiagramme; Monatsmittelwerte von Lufttemperatur und Niederschlag (oben links), durchschnittliche monatliche Globalstrahlung und Anzahl an Tagen mit einem Bewölkungsmittel >80 % (oben rechts), Seehöhe und jährliche Heizgradtage (unten links), Abweichungen der Temperatur-Jahreszeitenmittel der Periode 1601 – 1700 vom Mittelwert der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 (unten rechts)

Raumorganisation

Das Gebäude ist über einer bebauten Fläche von circa 199 m² auf einem geländeausgleichenden Unter- bzw. Kellergeschoß, das zuletzt als Lagerraum und Stall für Schweine, Hühner und Jungvieh genutzt wurde, errichtet. Die darüber liegende Gebäudekubatur umfasst etwa 1775 m³, davon sind 508 m³ dem Wohnbereich zuzuordnen, der eine Nutzfläche von 172 m² aufweist. Das ursprüngliche Hauptgebäude mit der darin integrierten Rauchstube war auf dem Gelände des Originalstandortes hangparallel bzw. quer zur südwestgerichteten Hangfalllinie positioniert, der Erweiterungsbau, die sogenannte *Wiederkehr*, wurde rechtwinklig an das Haupthaus angebaut. Heute befindet sich auf dem Gelände ein Neubau, dessen Erscheinungsbild deutlich an die Bauformen des Großschrotters erinnert.

Man betritt das Wohnhaus über den bergseitigen, ehemals nordostorientierten Eingang, und gelangt in den 7,3 m langen und 4,8 m breiten Mittelflur. Von hier aus können alle Wohnräume des Gebäudes erreicht werden. Neben seiner Funktion als Erschließungszone diente das Vorhaus auch als Arbeits- und Essplatz. Durch eine horizontal zweigeteilte Türe gelangt man links in die 7,4 m lange und 7,3 m breite Rauchstube. Mit einer lichten Höhe von über 2,6 m ist dieser Raum der höchste des Hauses. Das obere Viertel seines Volumens war bei Beheizung des Ofens mit Rauch erfüllt, der durch die offen gehaltene obere Hälfte der Eingangstüre in einen trichterförmigen Rauchhut im Vorhaus gelangen und ins Freie abziehen konnte. Gegenüber der Rauchstube bzw. rechts vom Eingang sind eine Schlafkammer für das Bauernhepaar und Kleinkinder sowie ein Vorratsraum angeordnet. Nach der Errichtung der *Wiederkehr* wurde die Kammer als Schlafräum für weibliche Hof- bzw. Familienmitglieder verwendet, Burschen und Knechte schliefen im Dachraum. Eine dem Hauseingang gegenüberliegende Türe führt vom Vorhaus in den später erstellten Gebäudezubau. Ein vorgelagerter Raum, der in der warmen Jahreszeit auch als Essraum genutzt und daher als *Essgangl* bezeichnet wird, ermöglicht den Zugang in unterschiedliche Raumbereiche der Wohn- und Wirtschaftstrakte. Von hier aus wird die beheizbare und rauchfreie Kachelstube (auch als *Schöne Stube* bezeichnet) erreicht, Stiegen führen in den Dachboden und in den Keller. Über Ausgänge gelangt man auf überdachte Balkone und einen außenliegenden Abort. (vgl. PÖTTLER, 1978, S. 31f)

Der Dachraum des Großschrotters erfüllte vor allem Funktionen als Speicher- und Schlafräum, sein Grundriss entspricht weitgehend dem des Wohngeschoßes. Der Bereich über dem Vorhaus diente als Schlafräum für die Knechte. Der Raum oberhalb der Rauchstube ist durch eine lotrechte Bretterschalung von anderen Zonen des Dachbodens abgetrennt. Rauch aus der Rauchstube gelangte über eine Deckenluke zu den dort zur Nachtrocknung aufgehängten Erntefrüchten, die so einer Rauchbeize ausgesetzt waren, eine Nahrungsmittelbehandlung, wie sie auch in Rauchhäusern in Oberösterreich und Salzburg gebräuchlich war. Der ebenfalls separierte Dachbodenraum oberhalb der Schlaf- bzw. Vorratskammer diente als ein vor Nagetieren geschützter Aufbewahrungsort für Getreide- und Fleischvorräte. Der Bereich über der Kachelstube wurde als Schüttboden zur Getreidetrocknung verwendet. (vgl. PÖTTLER, 1978, S. 35)

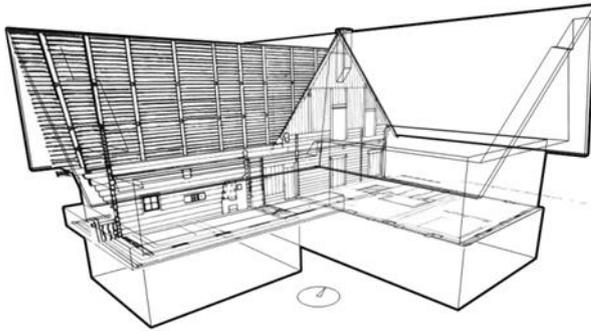


Abbildung 492: Baukörpergeometrie

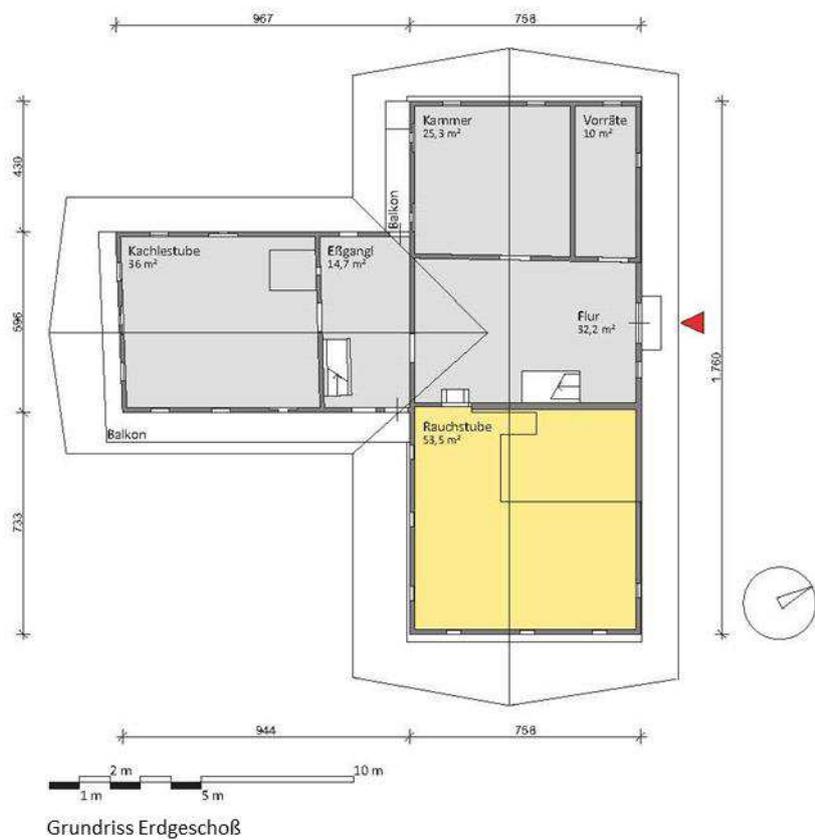


Abbildung 493: Grundrissdarstellung des Wohngeschoßes

Bauweise

Das Untergeschoß des Großschrotters ist in Bruchsteinmauerwerksbauweise mit Wandstärken von bis zu 65 cm errichtet. Der darüber angeordnete Holzblockbau des Wohnbereiches ist aus überkämmteten Fichtenholzstämmen gezimmert und weist Außenwandstärken von circa 15 cm auf. Im Bereich des Rauchstubenofens sind die aufgehenden Wandbauteile gemauert und verputzt. Die Balken der Außenwandkonstruktion sind in den oberen Wandbereichen stufenweise über die Fassadenebene vorgezogen. Auf den so entstehenden Auflagern, den sogenannten *Schrot-* oder *Wetterköpfen*, lasten die teilweise erheblich auskragenden Giebelfelder und Fußfetten des Dachgeschoßes. (vgl. PÖTLER, 1978, S. 47) Oberhalb der auf auskragenden Wandbalken aufliegenden, äußeren Laubengänge sind die

Dachansätze bis zu einem Meter über die Fassadenebene vorgezogen, und bilden dadurch Überdachungen für außenliegende Freibereiche. Die Böden bzw. Zwischendecken bestehen aus breiten, teilweise mehrlagig verlegten Holzdielen, die auf Tramkonstruktionen aufgelegt sind.

Die Dachflächen des Steilgiebeldaches am Haupthaus sind etwa 50 Grad geneigt, der Neigungswinkel des Daches über der *Wiederkehr* beträgt circa 53 Grad. Die Dachhaut besteht aus Holzschindeln, deren Verlegung in einer Art Fischgrätmuster erfolgte. Dabei werden die Schindeln wechselweise in einem Winkel von 80 Grad zu den horizontalen Dachstangen verlegt und dreifach überdeckt. Diese Deckungsart war im nördlichen Teil der Weststeiermark weit verbreitet, und gewährleistet eine hohe Dach-Dichtheit. Die Firstpunkte im Giebelbereich sind gegenüber den Fußpunkten an den Traufen um etwa 70 cm vorgezogen. Zudem ragt die lotrechte, mit Lüftungsöffnungen versehene Bretterschalung des Giebelfeldes über die Fassadenebene des Erdgeschoßes vor, wodurch Schlagregen von den äußeren Wandbauteilen des Wohngeschoßes abgehalten wird. (vgl. PÖTTLER, 1978, S. 36ff)

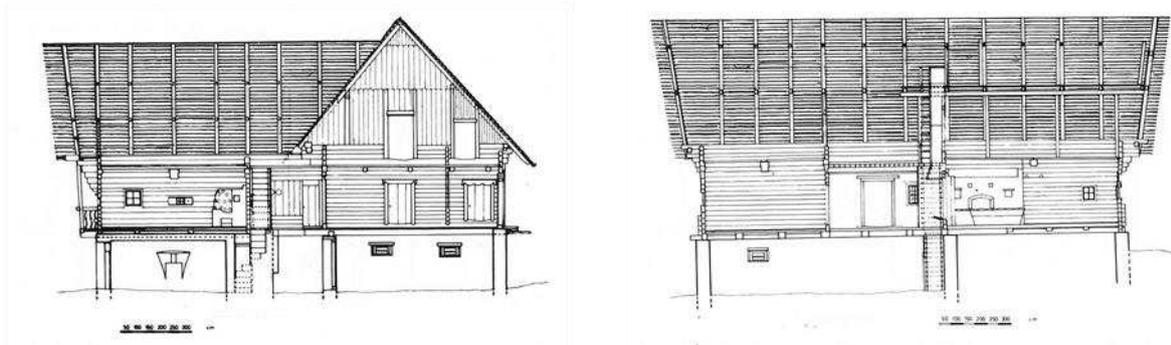


Abbildung 494: Schnitt durch Haupthaus und *Wiederkehr* (Pöttler, 1978, S. 44)

Abbildung 495: Firstparalleler Schnitt durch das Haupthaus (Pöttler, 1978, S. 44)



Abbildung 496: Gemauertes Untergeschoß und darüber liegender Holzblockbau im Verschneidungsbereich von Haupthaus und *Wiederkehr*

Abbildung 497: Auskragende Wandelemente auf *Schrot-* bzw. *Wetterköpfen*

Abbildung 498: Detailansicht der Dachdeckung

Solare Baukörperexposition

Aufgrund seiner Lage im Kammereich einer etwa 100 m hohen Geländeerhebung ist der ehemalige Standort des Gebäudes zu allen Jahreszeiten sonnenexponiert. Sonnenverlaufsstudien ergeben eine effektiv mögliche Standort-Besonnung zur Wintersonnenwende (21.12.) zwischen 8:00 Uhr und 16:00 Uhr. Im Winter waren zumindest zwei Fassadenebenen des ursprünglichen Hauptgebäudes im südöstlichen Bereich der Rauchstube sowie der Kachelstube in der *Wiederkehr* besonnt. Belichtungsöffnungen an jeweils drei Außenfassaden begünstigten den direkten Lichteintrag in diese

Raumzonen vor allem bei flachem solaren Einfallswinkel. Der Baukörper verschattet sich aufgrund seines T-förmigen Gebäudegrundrisses teilweise selbst. Am Originalstandort waren davon vor allem die nordwestorientierten Raumbereiche betroffen, in denen die rechts vom Haupteingang liegenden Schlafkammern untergebracht sind. Zudem war die nordostorientierte Dachfläche fast im gesamten Winterhalbjahr unbesonnt. Im Sommer waren die Fassaden bei hochstehender Sonne großteils durch die weit vorkragenden Dachüberstände und Balkone verschattet. Direkter Strahlungseintrag auf die Fassadenebenen der Wohnräume erfolgte vor allem in den frühen Vormittags- und späten Nachmittagsstunden.

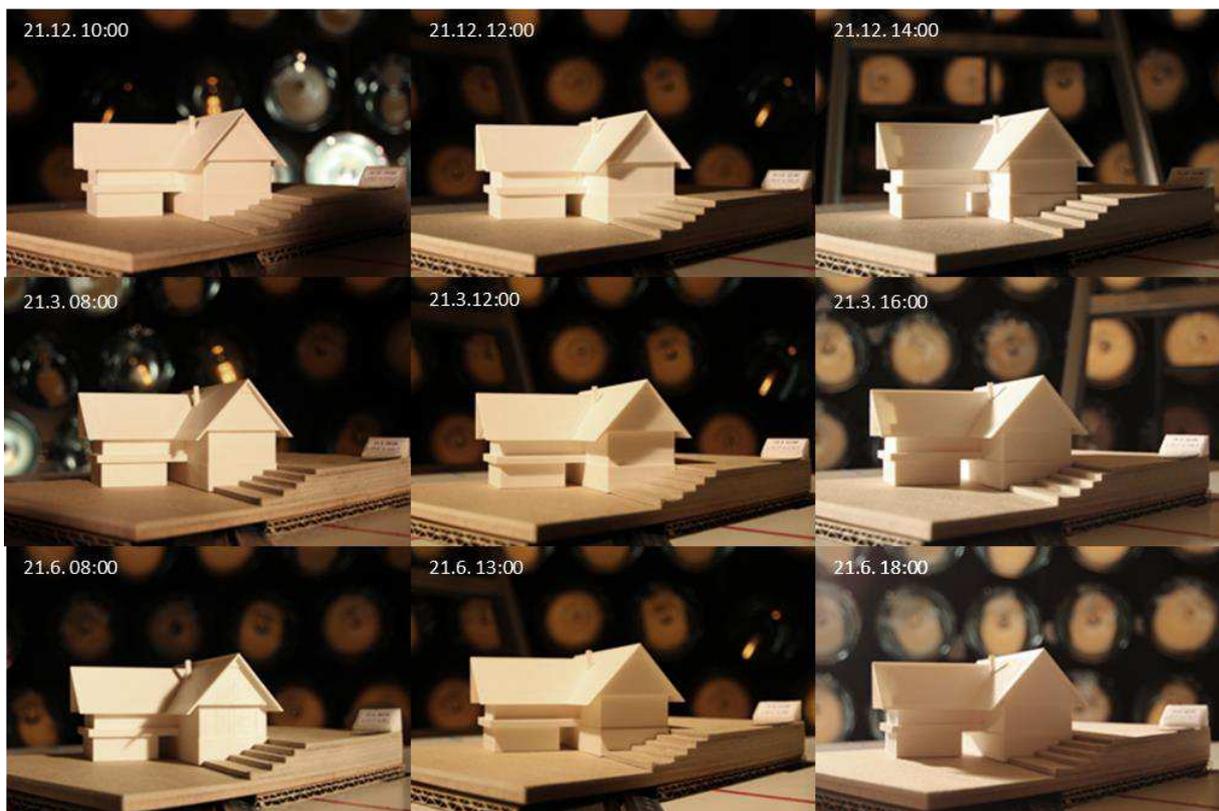
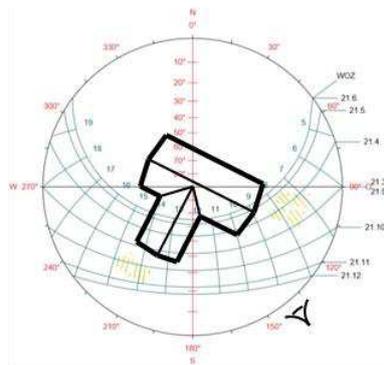


Abbildung 499: Sonnenbahndiagramm und Gebäudeorientierung (oben), Baukörper-Direktlichtstudien bei unterschiedlichen Sonnenpositionen

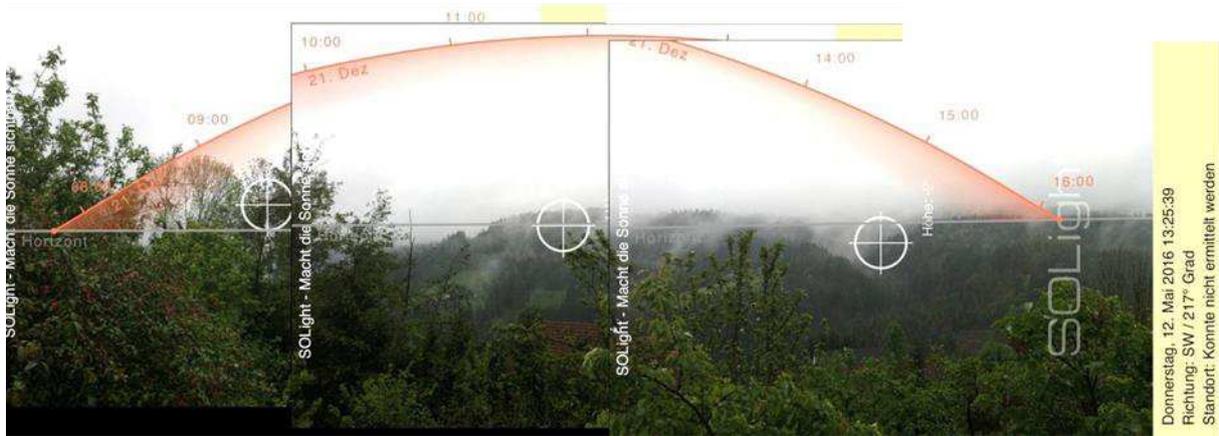


Abbildung 500: Sonnenverlauf am 21.12. am Originalstandort

Fassadenöffnungen und natürliche Raumbelichtung

Die Fassaden des Wohnbereiches des Großschrotters weisen insgesamt 29 Fensteröffnungen im Größenordnungsbereich zwischen 0,02 m² und 0,25 m² auf. Die durchschnittliche Fenstergröße liegt bei 0,15 m². Die Gesamtsumme aller Fensterflächen liegt bei 4,36 m², dies entspricht einem Anteil von circa 2,3 % an der gesamten Außenfassadenfläche. Etwa 33 % der Gesamtfensterfläche waren ehemals nach Südosten ausgerichtet, 29 % waren nordwest-, 26 % südwest- und 12 % nordostorientiert. Bezogen auf eine Wohnnutzfläche von 172 m² beträgt der Fensterflächenanteil rund 2,5 %.

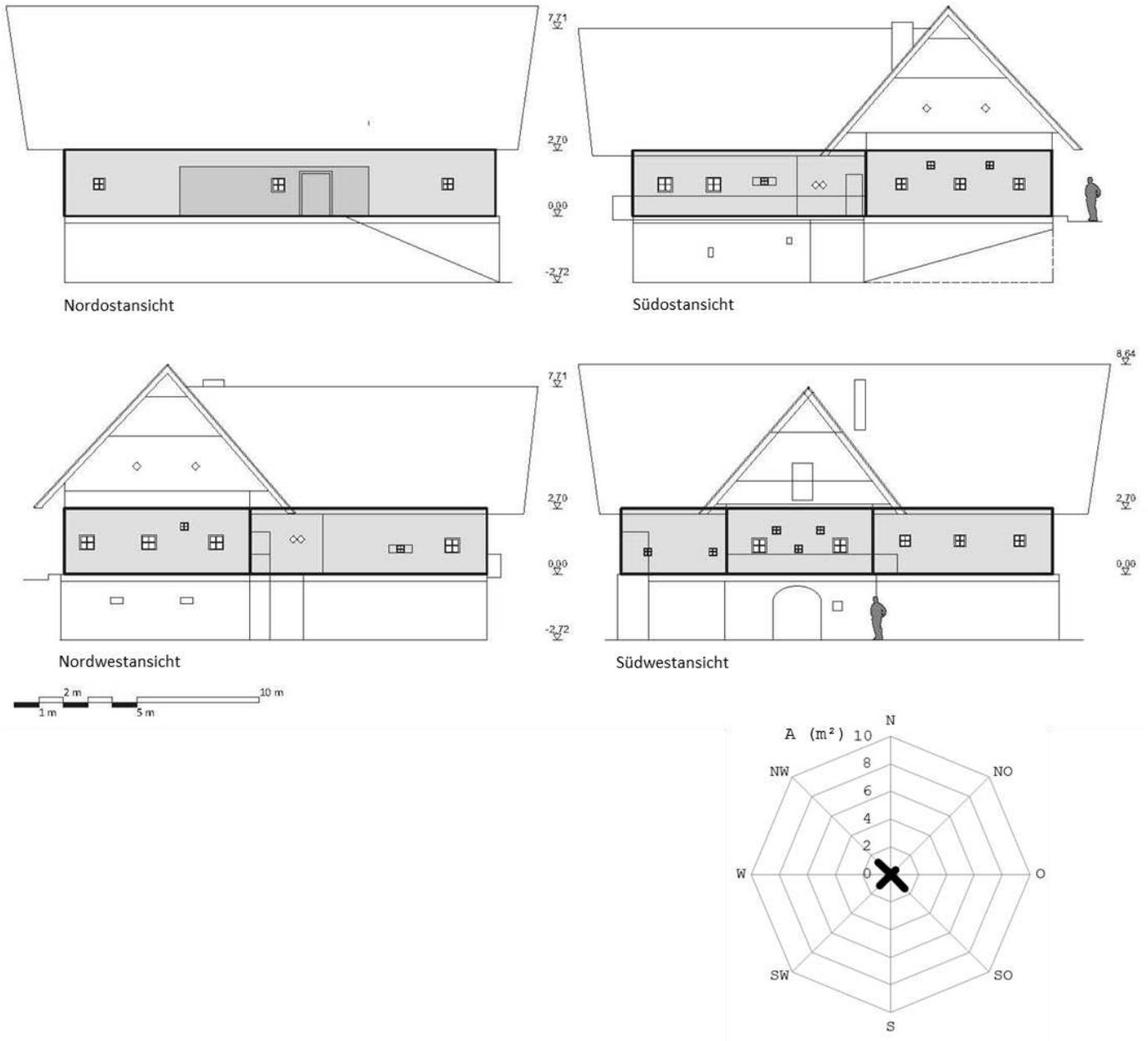


Abbildung 501: Außenansichten der Wohnbereichskubatur

Abbildung 502: Diagramm zur Darstellung der unterschiedlichen Fensterflächen-Orientierungen

Das Erdgeschoß des südostorientierten, links vom Eingang gelegenen Gebäudebereiches wird über die gesamte Breite der Giebelfassade von der näherungsweise quadratischen, 7,4 m x 7,3 m großen und 2,61 m hohen Rauchstube eingenommen, die von drei Seiten belichtet wird. An der südostorientierten Außenwand sind fünf Fenster höhengestaffelt angeordnet. Die drei unteren Öffnungen weisen gegenüber den hoch liegenden, kleinformatigen Blockbaufenstern etwa die dreifache Größe auf. An den traufseitigen Außenwänden im Nordosten und Südwesten sind ein bzw. drei Fensteröffnungen mit einer Größe von jeweils etwa 0,15 m² angeordnet. Der Verglasungsanteil der insgesamt neun Rauchstubenfenster liegt zwischen 60 % und 80 %. Die Gesamtfenstergröße beträgt 1,2 m², und erreicht 2,2 % der rund 54 m² großen Bodenfläche des Wohnraumes.



Abbildung 503: Außenansicht der Rauchstubenfenster

Abbildung 504: Innenansicht eines Rahmenstockfensters im Rauchstubenbereich

Abbildung 505: Innenansicht der höhengestaffelten Rauchstubenöffnungen aus Rahmenstock- und Blockbaufenstern

Die Parapethöhe der unteren Fensterreihe beträgt circa 105 cm, die Sturzhöhe der hoch liegenden Öffnungen beträgt 2,2 m und begünstigt die Sicht auf den Himmel bzw. den natürlichen Lichteintrag nach der 30-Grad-Regel bis in eine Raumtiefe von 3,7 m.

Die Berechnung der Lichtreflexionseigenschaften der raumumschließenden Oberflächen ergibt Werte von $\rho_{\text{wand}} = 0,06$, $\rho_{\text{Decke}} = 0,06$, $\rho_{\text{Boden}} = 0,11$. (Die Reflexionseigenschaften entsprechen jenen der anderen Rauchstübchenhäuser wie den Gehöften Säuerling, Paule und Laarer.) Die computerunterstützte Tageslichtsimulation ergibt einen Tageslichtquotient-Mittelwert von 0,18 %, der Maximalwert von 1,64 % liegt im Bereich des von zwei Seiten belichteten Herrgottswinkels, der niedrigste Wert von 0,11 % im Bereich der Feuerstelle. Die Simulationen von Beleuchtungsstärken auf Höhe der Messebene zu unterschiedlichen Jahreszeiten und unter Annahme eines bedeckten Himmels ergeben Mittelwerte von 12 lx (21.12., 12:00), 25 lx (21.3., 12:00) und 35 lx (21.6., 13:00). Die Höchstwerte der vorherrschenden Beleuchtungsstärken liegen bei 133 lx (21.12., 12:00), 233 lx (21.3., 12:00) und 318 lx (21.6., 13:00). Helligkeitssimulationen der Stubeninnenansicht (Blick vom Stubeneingang in Richtung Herrgottswinkel, Distanz circa 7 m) ergeben an allen Wandoberflächen und im Deckenbereich Leuchtdichten von maximal 1 cd/m². Im Bodenbereich vor den im oberen Wandbereich positionierten giebelseitigen Stubenfenstern werden Helligkeitswerte von bis zu 8 cd/m² erreicht.



Abbildung 506: Gemäß 30-Grad-Regel lichtbegünstigter Raumbereich

Abbildung 507: Gebäudegrundriss (Pöttler, 1978, S. 40) mit Falschfarbendarstellung der Tageslichtquotient-Verteilung auf horizontaler Messebene im Stubenbereich

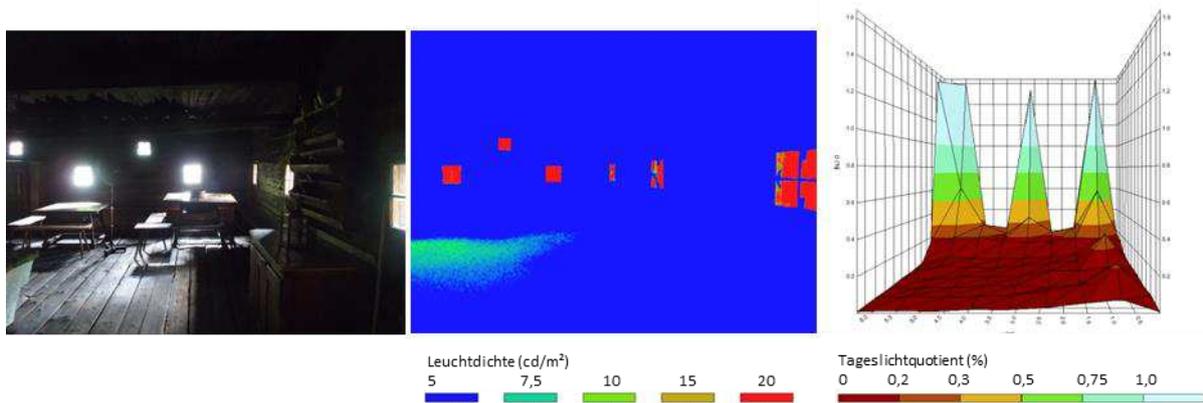


Abbildung 508: Stubenansicht

Abbildung 509: Falschfarbendarstellung der Helligkeitsverteilungen auf den inneren Raumboflächen

Abbildung 510: 3D-Gebirgsdarstellung der Tageslichtquotient-Niveaus

Thermische Konditionierung

Das dominierende Element der Rauchstube des Großschrotters ist eine 14,5 m² große Doppelfeuerstelle mit integriertem Herd und Ofen, der als Back-, Koch-, Dörr- und Wärmeofen verwendet wurde. Der Rauch des Ofenfeuers wird von einem Funkenhut aufgenommen, quillt von dort in den Stubenraum, und zieht über die zweigeteilte Stubentüre und eine Rauchluke oberhalb der Türöffnung allmählich ab. Durch einen gezimmerten, trichterförmigen Rauchhut, der vorhausseitig über der Rauchstubentür angebracht ist, wird der Rauch nach oben in den aus lotrechten Brettern bestehenden Rauchschtot geführt und über Dach ins Freie geleitet. Vor der Errichtung der *Wiederkehr* und der Kachelstube war dieser Ofen die einzige Wärmequelle des Hauses. (vgl. PÖTTLER, 1978, S. 24ff) Ab 1929 wurde die Rauchstube nicht mehr als solche genutzt, und erhielt die Funktion einer Sparherdküche, deren Rauch durch ein Rohr in das Vorhaus abgeleitet wurde. Der Ofen der rauchfreien Kachelstube wird vom Vorbereich bzw. dem Essgang des Zubaus aus als Hinterlader beheizt. Sein Rauch gelangt

ohne Rauchschlot durch den Vorbereich über die Dachbodenstiege und den Dachbodenraum nach außen. (vgl. PÖTTLER, 1978, S. 33)



Abbildung 511: Offene Herdstelle der Rauchstubenfeuerstätte
 Abbildung 512: Rauchhut über dem Eingangsbereich in die Rauchstube
 Abbildung 513: Rauchableitung über einen hölzernen Rauchschlot

Der als thermisch zu konditionieren angenommene Wohnbereich des Großschrotters umfasst ein Volumen von 508,2 m³ mit einer Gesamtoberfläche von 566,1 m², die charakteristische Länge l_c der Raumzone beträgt 0,9 m. Die großteils in massiver Holzbauweise errichtete Raumkubatur sowie die Fensterkonstruktionen weisen einen mittleren U-Wert von 0,87 W/m²K auf. Der errechnete und auf das Standortklima bezogene Heizwärmebedarf HWB_{SK} beträgt 282,7 kWh/m²a. Der Referenz-Heizwärmebedarf HWB_{RK} liegt bei 238,2 kWh/m²a. Der im Renovierungsfall nach aktuell geltender Richtlinie ermittelte Höchstwert von 79,3 kWh/m²a wird 3-fach übertroffen.

Unter Annahme einer im 17. Jahrhundert gegenüber der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 um 7 % erhöhten Anzahl an Heizgradtagen würde sich der Heizwärmebedarf HWB_{SK} des auf das Jahr 1690 datierten Gebäudes um 2 % auf 289,1 kWh/m²a erhöhen.

Die Oberfläche des als zu konditionieren angenommenen Wohnbereiches ist zu 33 % außenraumexponiert, 67 % grenzen an die unbeheizten Raumbereiche des Dachbodens und des Kellergeschoßes. Stallungen unterhalb des Wohnbereiches fungieren als Pufferräume. Verringerte Wärmetransmissionskoeffizienten der horizontalen Trennelemente zwischen Wohn- und Wirtschaftsbereich aufgrund der Stallnutzung im Sockelgeschoß bewirken eine Minderung des Heizwärmebedarfs HWB_{SK} im Größenordnungsbereich von 19 % auf 228,4 kWh/m²a.

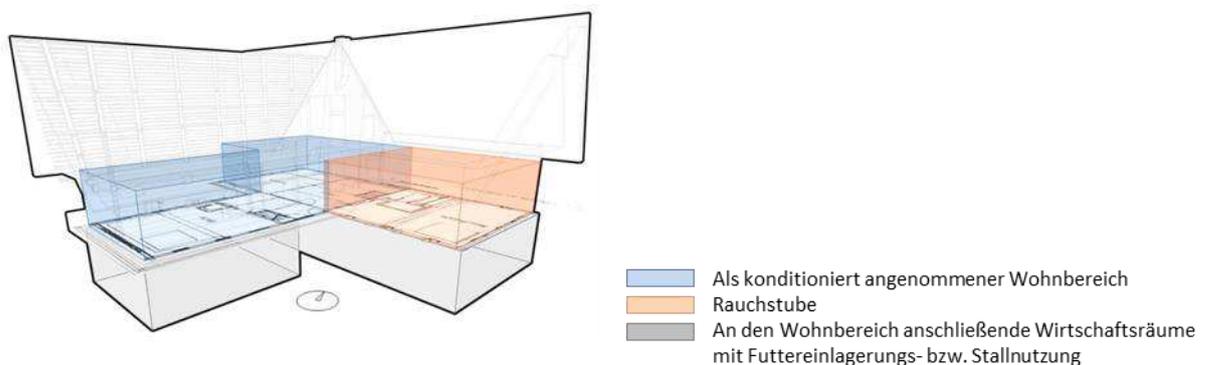
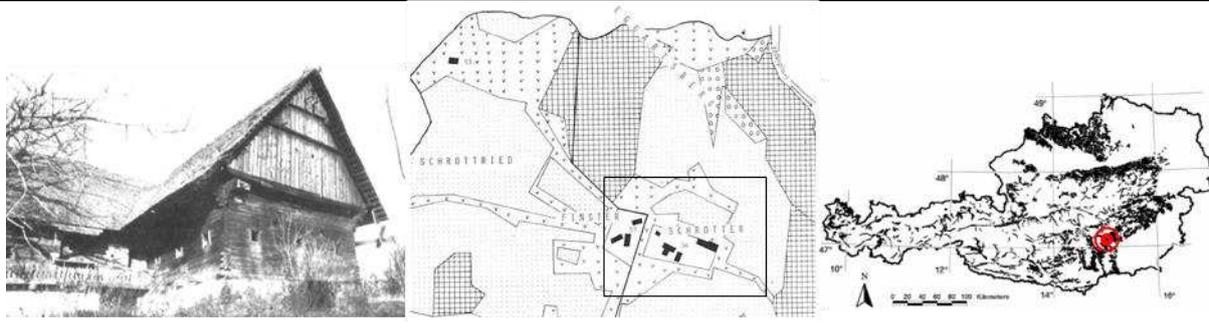


Abbildung 514: Baukörpergeometrie des als zu konditionieren angenommenen Wohnbereichs und seine Lage im Gebäudeverbund

Factsheet Großschrotter



Der Großschrotter an seinem Originalstandort (Pöttler, 1992b, S. 147)	Lageplan, Franziszeischer Kataster 1824 (Pickl, 1978, S. 55)	Lage Geiststhal-Södingberg / Eggartsberg in der Steiermark in grünlanddominierter Kulturlandschaft des Berglandes (Wrbka u. a., 2005, S. 29)			
Hoftypus	Einhof	Östliche Länge	15,15°		
Errichtungsjahr datiert auf	1690	Nördliche Breite	47,11°		
Gesamtvolumen	1775	m ³	Seehöhe	552	m
Kubatur des Wohnbereiches	508	m ³	Heizgradtage (ZAMG-Angabe)	3563	(-)
Wohnnutzfläche	172	m ²	Jahresniederschlag	921	mm/m ²
Charakteristische Länge Wohnbereich	0,9	m	Globalstrahlung	1183	kWh/m ² a
Ø U-Wert	0,87	W/m ² K	Heizwärmebedarf (HWB_SK)	282,7	kWh/m ² a
Gesamtfensterfläche / Fassadenfläche (WWR)	2,3	%	HWB (Errichtungszeit-bezogen)	289	kWh/m ² a
Außenraumexposition der Gebäudehülle	33	%	HWB (bauteiloptimiert)	228,4	kWh/m ² a
Gesamtfensterfläche / Wohnnutzfläche	2,5	%	Ø Oberflächenreflexion Stube	7,8	(-)
Ø Fenstergröße	0,15	m ²	Tageslichtquotient Stube	0,18	%
Stubenfensterfläche / Stubennutzfläche	2,2	%	Ø Beleuchtungsstärke Stube*	24	lx

* Mittelwert der eruierten, mittäglichen Beleuchtungsstärken am 21.3., 21.6. und 21.12.

Besondere Merkmale

Die auf das Jahr 1690 datierte Entstehungszeit des Gehöftes Großschrotter in seiner heute zu besichtigenden Form fällt ebenso wie die des Paule in den Zeitabschnitt des sogenannten Maunder-Minimums und einer damit korrespondierenden Temperaturdepression. Die Gesamtkubatur des Gehöftes ist eine der größten aller Vergleichsobjekte, sein hochaufragendes Dach ist durch den steilsten Neigungswinkel seiner Dachflächen charakterisiert. Die Außenhülle des eingeschößigen Wohnbereiches weist den geringsten mittleren U-Wert aller untersuchten Objekte auf. Der Anteil der Fensterflächen an den Außenfassaden ist vergleichsweise gering, die Fensteranzahl jedoch insgesamt hoch. Die Rauchstube weist die größte Nutzfläche aller untersuchten Wohnräume auf. Ihre Belichtung erfolgt über drei Seiten, dies erklärt den höchsten Tageslichtquotient-Wert aller untersuchten Rauchstuben, der jedoch gegenüber den erzielten Werten in kleineren, rauchfreien Wohnbereichen vergleichsweise gering ist.

Abbildung 515: Datenblatt Großschrotter

Berglerhaus, Neustift bei Güssing, Burgenland



Abbildung 516: Das Berglerhaus auf dem Gelände des Österreichischen Freilichtmuseums

Abbildung 517: Das Berglerhaus an seinem ursprünglichen Errichtungsort in Neustift bei Güssing im Jahr 1967 (Archiv ÖFLM Stübing, 1967)

In der Region um Lafnitz und Pinka werden außerhalb von Dörfern gelegene Häuser ortsüblich als Bergbauern- oder Berglerhäuser bezeichnet. Damit sind im Allgemeinen vergleichsweise kleine, in Blockbauweise gezimmerte, mit Lehm verputzte und mit Kalkmilch geweißte Streckhöfe gemeint. Der Grundriss dieser Gebäude weist üblicherweise eine der Hauptfirstrichtung folgende Aneinanderreihung von Stube, Küche, Stall und Kammer auf. Die Räume sind meist direkt von außen erschlossen, da im Hausinneren bisweilen keine Verbindungstüren vorhanden sind. Gebäudeerweiterungen durch die zusätzliche Anordnung von Wohn- und Wirtschaftsräumen führten in weiterer Folge zur Bildung von Haken-, Drei- und Vierseithöfen. (vgl. PÖTTLER, 1994, S. 11f)

Das Berglerhaus aus Neustift bei Güssing ist hinsichtlich der Dimension von Stall und Scheune sowie des einst dazugehörigen Ackerlandes als sehr bescheiden anzusehen. Das Anwesen konnte aufgrund der Größe seiner Innenräume neben den Hausbewohnern einen Viehbestand von nicht mehr als zwei Kühen, einem Jungvieh, zwei bis drei Schweinen sowie einigen Hühnern und Hasen beherbergen. (PÖTTLER, 1994, S. 18f) Dabei waren nicht alle Tiere im Hauptgebäude des Gehöftes untergebracht, Schweine-, Hühner- und Hasenstall waren einst in ein freistehendes Gebäude ausgelagert. (vgl. PÖTTLER, 1994, S. 34)

Der ursprüngliche Standort des ausgestellten Objektes befindet sich in einem kleinen Weiler circa 4,5 km westlich des Ortszentrums von Güssing auf 320 m Seehöhe (Geographische Standortdaten: 47° 02' 28" N, 16° 07' 46" O). Das Grundstück liegt auf einer nach Südost abfallenden Anhöhe, die im Westen durch eine heute bewaldete Erhebung abgegrenzt und gegenwärtig vollständig mit Bäumen und Strauchwerk zugewachsen ist. Ein auf dem Grundstück bestehendes Wohnhaus ist laut Informationen von Nachbarn nicht zugänglich und unbewohnt. Die Eintragungen in der Klaar'schen Siedlungsformenkarte zeigen Einödblock- und Gewannfluren als regionaltypische Flurformen, wobei sich die Angaben auf die Umgebung von Jennersdorf in 15 km Entfernung vom ehemaligen Standort des Berglerhauses in Neustift bei Güssing beziehen.

In Gebieten des östlichen und südöstlichen Alpenrandes sind Formen von gemischter Ackerbau-Grünlandnutzung wesentliche Arten der Landbewirtschaftung. Aufgrund von Klimagunst und dem Vorhandensein großflächiger Hangverflachungen hat sich regional ein hoher Anteil an Acker- und Feldfutterbau entwickelt und bis heute erhalten. (vgl. WRBKA u. a., 2005, S. 35)

Altersbestimmungen von Häusern im südlichen Burgenland sind generell schwierig, da es in der Region nicht üblich war, Jahreszahlen, die Auskunft über die Entstehungszeit von Gebäuden geben könnten, an Bauelementen wie Giebel- oder Trambäumen zu vermerken. (vgl. PÖTTLER, 1994, S. 31)

Zur Baugeschichte des Berglerhauses ist daher wenig bekannt. Seine Errichtung wird jedoch einer Rodungsphase des 18. Jahrhunderts zugeordnet. (vgl. PÖTTLER, 1994, S. 5) Da zudem keine dendrochronologischen Altersangaben vorliegen, wird für klimahistorische Betrachtungen das Jahr 1800 angenommen. Die Übertragung des Objektes auf das Gelände des Freilichtmuseums erfolgte im März 1967, der Wiederaufbau wurde 1968 vollendet. (vgl. PÖTTLER, 1994, S. 5)

Ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Gebäude in situ und dem wiedererrichteten Museumsobjekt liegt im einst unterhalb der Wohnstube angeordneten Erdkeller, der im Zuge des Wiederaufbaus nicht realisiert wurde. (vgl. PÖTTLER, 1994, S. 18) Durch den daher nicht gebauten Kellerabgang, der durch einen externen Anbau an das Gebäude im Bereich der Wohnstube erreicht wurde, tritt das translozierte Museumsobjekt in etwas abgeänderter Form als das ursprüngliche Originalgebäude in Erscheinung. Das Ausstellungsgebäude liegt im Eingangsbereich des Museumstals auf einem Geländerücken, der ähnlich wie das Gelände am Originalstandort nach Südost abfällt, jedoch deutlich steiler ist. Die Orientierung des Baukörpers entspricht in etwa seiner Ausrichtung am ehemaligen Errichtungsort.

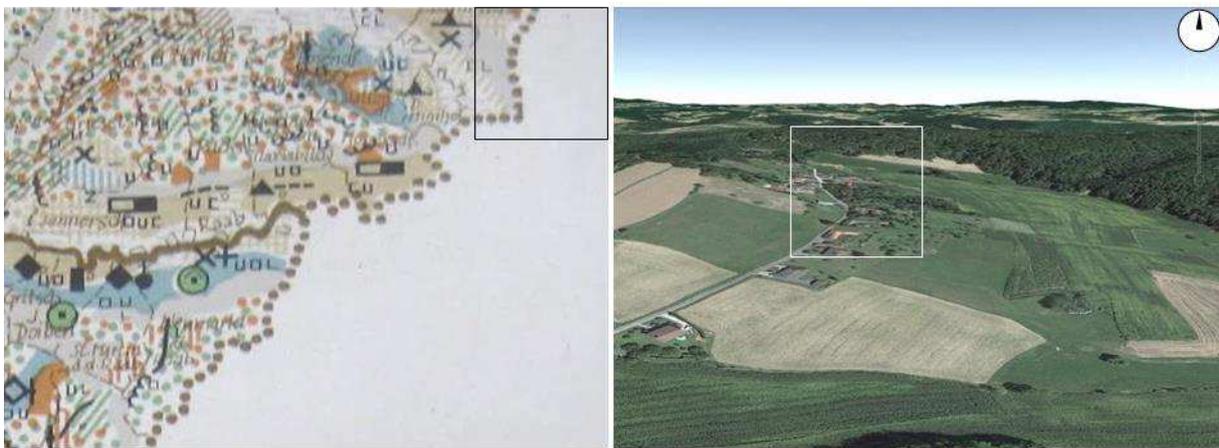


Abbildung 518: Siedlungsformenkarte nach Adalbert Klaar mit Siedlungs-, Flur- und Gehöftformen in der Region Neustift
Abbildung 519: Geländedarstellung des Originalstandortes aus südlicher Richtung (Google Earth, Screenshot 4.10.2017)



Abbildung 520: Zufahrtsstraße zum ehemaligen Gebäudestandort (2015)
Abbildung 521: Geländedarstellung der unmittelbaren Standortumgebung (2015)
Abbildung 522: Draufsicht auf das Ausstellungsgebäude auf dem Museumsgelände (Google Earth, Screenshot 14.9.2018)

Aktuelle und historische Klimasituation

Das im Südburgenland vorherrschende Klima ist für österreichische Verhältnisse kontinental trocken, und weist sonnenreiche Sommer auf. Das typische trübe, mäßig kalte und vergleichsweise schneearme Winterklima kann in Höhenlagen gemildert sein, wenn im Vergleich zu benachbarten Tälern und Ebenen mehr Wintersonne vorherrschend ist. (vgl. AUER u. a., 2001, Kap. Stationen)

Die durchschnittliche Jahrestemperatur, gemessen an der dem Gebäudestandort nächstgelegenen ZAMG-Klimastation Fürstenfeld auf 273 Meter Seehöhe und in 14 km Entfernung, liegt bei 9,12 °C. Der Maximalwert der monatlichen Tagesdurchschnittstemperaturen erreicht im Juli 19 °C, der Jänner ist mit einem Tagesmittelwert von -1,7 °C der kälteste Monat. Die Anzahl der jährlichen Heizgradtage liegt bei 3327. Die Gesamtniederschlagsmenge erreicht einen Wert von 729 mm/m²a, wobei die meisten Niederschläge mit 104,4 mm/m² im Juni, die geringsten mit 27,5 mm/m² im Februar auftreten. Die jährliche Gesamtstrahlungssumme beträgt 1174,3 kWh/m², der Direktstrahlungsanteil liegt dabei bei 44 %. Die durchschnittliche jährliche Windgeschwindigkeit beträgt 1,6 m/s, Hauptwindrichtungen sind Nord und Süd (mit Windrichtungsanteilen von jeweils etwa 15 %), der Kalmenanteil liegt bei 34,6 %.

Die Temperaturen im 18. Jahrhundert lagen in Europa um 0,36 °C unter dem Niveau des Betrachtungszeitraumes zwischen 1971 und 2000. Die Winter waren durchschnittlich um etwa 0,74 °C kühler, die Sommer erreichten ähnliche Werte wie in der Vergleichsperiode. (vgl. MAUELSHAGEN, 2010, S. 67) Die standortbezogene Anzahl an Heizgradtagen im 18. Jahrhundert wird mit 3480 angenommen, und ist damit gegenüber dem Wert von 3327 Heizgradtagen in der Betrachtungsperiode 1971 – 2000 um circa 5 % erhöht.

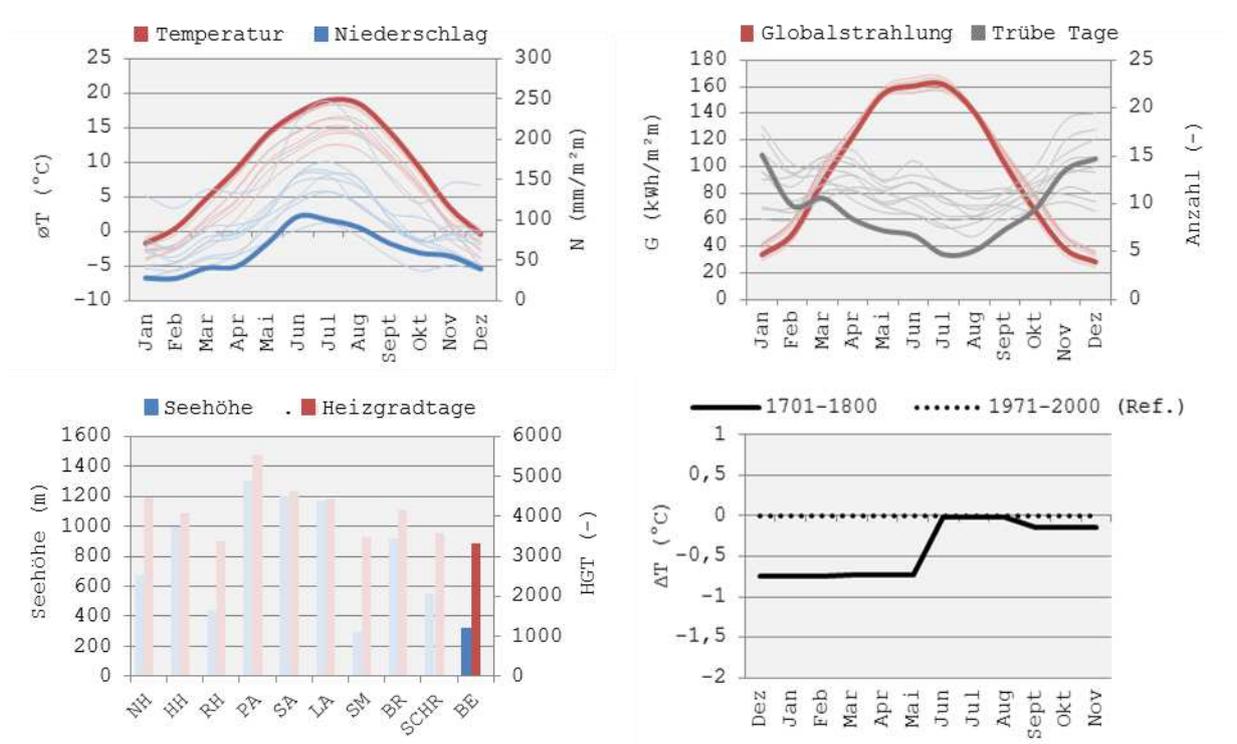


Abbildung 523: Klimadiagramme; Monatsmittelwerte von Lufttemperatur und Niederschlag (oben links), durchschnittliche monatliche Globalstrahlung und Anzahl an Tagen mit einem Bewölkungsmittel >80 % (oben rechts), Seehöhe und jährliche Heizgradtage (unten links), Abweichungen der Temperatur-Jahreszeitenmittel der Periode 1701 – 1800 vom Mittelwert der Betrachtungsperiode 1971–2000 (unten rechts)

Raumorganisation

Der eingeschobene, hakenförmige Baukörper des Berglerhauses ist auf einer bebauten Fläche von 85,67 m² errichtet, und umfasst eine Gesamtkubatur von 427 m³. Das Volumen und die Nutzfläche des Wohnbereiches betragen circa 138 m³ bzw. 46 m². Die Aneinanderreihung der Raumbereiche von Scheune, Stall, Kammer und Küche folgt der in Ostwest-Richtung verlaufenden Hauptfirstlinie des etwa 18,2 m langen Gebäudes. Im Quergiebel, der gegenüber dem Hauptbaukörper um 90 Grad gedrehten Gebäudezone, ist die Wohnstube untergebracht. (vgl. PÖTTLER, 1994, S. 12) Parallel zum

langgestreckten Baukörper verläuft ein circa einen Meter breiter, aus Lehm gestampfter und gegenüber dem unbefestigten Gelände um zwei Stufen erhöhter Gehsteig, die sogenannte *Gred'n*, die durch das Dach des Haupthauses vollständig überragt und vor Witterung geschützt ist. Der Lehm Boden dieses Erschließungsweges bedurfte besonderer Pflege und wurde einst üblicherweise samstags frisch *gelennt*, also mit einem Lehm-Wasser-Gemisch geschmiert und überzogen und so sauber gehalten. (vgl. PÖTTLER, 1994, S. 20) Die überdachte *Gred'n* bildet auch den witterungsgeschützten Vorbereich des südorientierten Hauseingangs, von dem aus man direkt und ohne vorgelagertes Vorhaus in die circa 10,3 m² große Küche gelangt. Links vom Eingang ist die Stube, die auch als Schlafraum genutzt wurde, erreichbar, rechts davon tritt man in eine Schlafkammer. Stall und Scheune sind ebenfalls durch die *Gred'n* und außenliegende, separate Eingänge erschlossen. In den oberhalb der Wohn- und Wirtschaftsräume liegenden Dachbodenbereich gelangt man mit Leitern aus dem zum Dachraum hin offenen Schuppen.

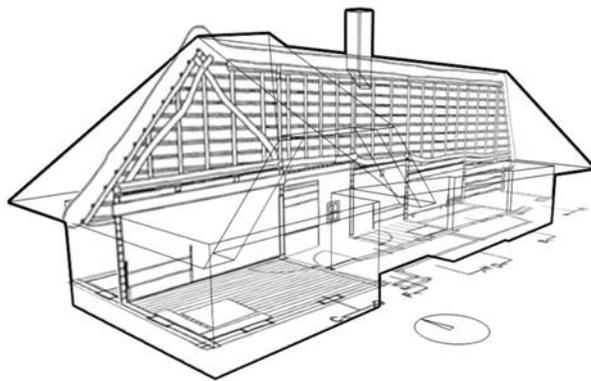


Abbildung 524: Baukörpergeometrie

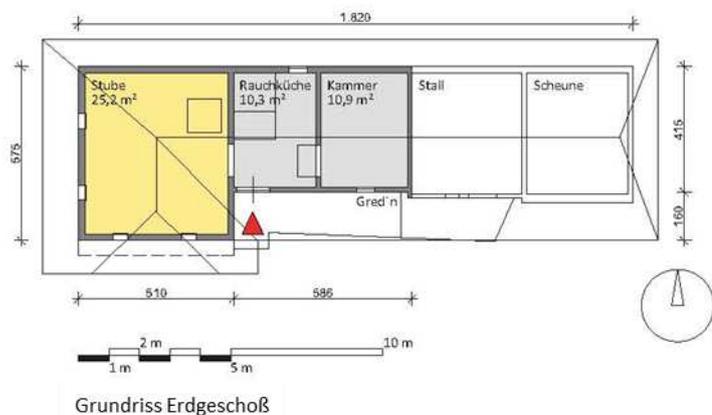


Abbildung 525: Grundrissdarstellung des Wohngeschoßes

Bauweise

Berglerhäuser sind in der Regel entweder in Blockbauweise gezimmert oder ganz oder teilweise aus Lehm erstellt. Üblicherweise verzichtete man auf den Bau von Kellern. Anstelle fester Grundmauern oder Fundamente wurden die Grundschnellen der Gebäude aus auf gestampften Lehmschichten aufgelegten Eichenholzelementen erstellt. Dabei bildeten quer zur Gebäudelängsachse verlegte Stämme die Auflager. Die Fugen der zumeist aus krummwüchsigem Bauholz errichteten Blockbauwände sind mit gekalkten Lehmmänteln hinterfüllt, wodurch die Gebäudedichtheit erhöht und die mangelhafte Holzqualität kaschiert werden konnte. (vgl. PÖTTLER, 1994, S. 13f) Auch das Berglerhaus aus Neustift bei Güssing ist in Blockbauweise errichtet, und steht auf verfestigtem Grund ohne gemauertes

Fundament. Aus Mangel an geradewüchsigem Bauholz wurden Holzmaterialien unterschiedlicher Art und Qualität verarbeitet, was aufgrund des nachträglich aufgetragenen Lehmverputzes an Wohn- und Stallbereich nicht unmittelbar erkennbar ist. Lediglich am unverputzten Schuppen sind die Balken des überkämmteten Blockbaues sichtbar. Als Putzträger werden quer über die Holzwände befestigte Haselruten verwendet. Der darauf außen und innen aufgetragene Lehmputz ist mit Kalkmilch geweißt, sodass das Gebäude wie ein Mauerwerksbau in Erscheinung tritt.

Die Decken zwischen Erdgeschoß und Dachraum sind aus auf Tramen aufliegenden Holzriemen ausgeführt. Die Fußböden von Stube und Kammer sind mit unterschiedlich breiten Brettern ausgelegt, der Küchenboden besteht aus gestampftem Lehm. Der langgestreckte Hauptbaukörper wird von einem etwa 48 Grad steilen, aus insgesamt sieben Scherengebinden mit eingelegtem Jochbalken bestehenden Dach überdeckt. Seiner Form nach handelt es sich um ein Walmdach, das im Bereich des Quergiebels zu einem Halbwalmdach oder Schopfdach ausgebildet ist. Die Giebelfläche oberhalb des Stubenbereiches ist mit senkrechten Brettern verschalt, und weist mehrere runde Öffnungen zur Dachraumbelüftung auf. Die ostorientierte Vollwalmdachfläche ist auf circa 70 Grad aufgestellt und bis zur Traufe herabgezogen. Mit seiner Stroheckung ist das Dach als sogenanntes *Kittelschabdach* definiert, wie es in weiten Teilen Ost- und Südosteuropas anzutreffen war. Dabei werden (frauen)rock- bzw. kittelförmige Deckschrauben auf die Dachstangen mit Weidenruten bzw. Draht festgebunden. Die Lebensdauer der Deckung wird mit 25 bis 30 Jahren angegeben. (vgl. PÖTTLER, 1994, S. 18ff)

Fotografien, die den Abbau des Berglerhauses auf dem Originalstandort zeigen, verdeutlichen die teilweise sehr krummwüchsiges Massivholzbalken der Wand- und Dachkonstruktionen und den unregelmäßigen Verlauf der Gebäudekonturen.

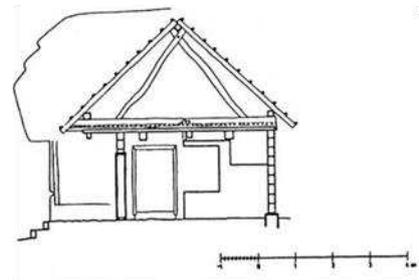
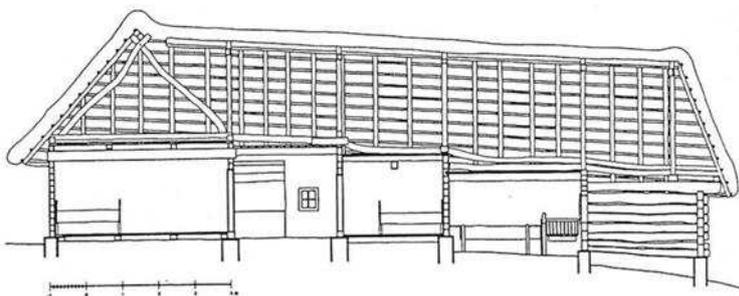


Abbildung 526: Hauptfirstparalleler Längsschnitt (Pöttler, 1994, S. 27)

Abbildung 527: Querschnitt im Bereich der Rauchküche (Pöttler, 1994, S. 29)

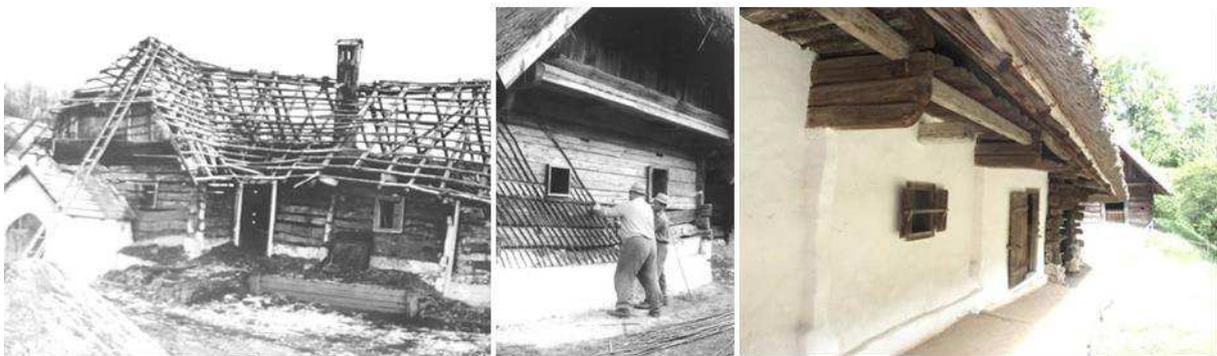


Abbildung 528: Freigelegte Massivholz- und Dachkonstruktion (Archiv ÖFLM Stübing, 1967)

Abbildung 529: Putzträgermontage am Ausstellungsgebäude (Archiv ÖFLM Stübing, 1969)

Abbildung 530: Verputzte Holzbaukonstruktion

Solare Baukörperexposition

Durch seine südorientierte Hanglage ist der ursprüngliche Standort des Berglerhauses sehr sonnenexponiert. Sonnenverlaufsstudien ergeben eine effektiv mögliche Standort-Besonnung zum Zeitpunkt der Wintersonnenwende (21.12.) zwischen 8:00 Uhr und 15:30 Uhr. Im Winter waren die südorientierte Längs- und die Quergiebelfassade des Baukörpers aufgrund der geringen Sonnenhöhe nahezu gantztägig sonnenexponiert. An der Westfassade des Wohntraktes erfolgte direkter Lichteintrag während der Nachmittagsstunden. Die Nordfassade und die nordorientierte Hauptdachfläche des Gebäudes blieben hingegen gantztägig unbesonnt. Im Sommer bzw. bei steilem solaren Einfallswinkel waren die Süd- bzw. Eingangsfassade und der äußere Erschließungsgang aufgrund der weit vorkragenden Dachkonstruktion großteils verschattet. Direkter Strahlungseintrag erfolgte vor allem in den Nachmittagsstunden auf die Westfassade. In den frühen Morgenstunden war auch die Nordfassade des Berglerhauses sonnenexponiert.

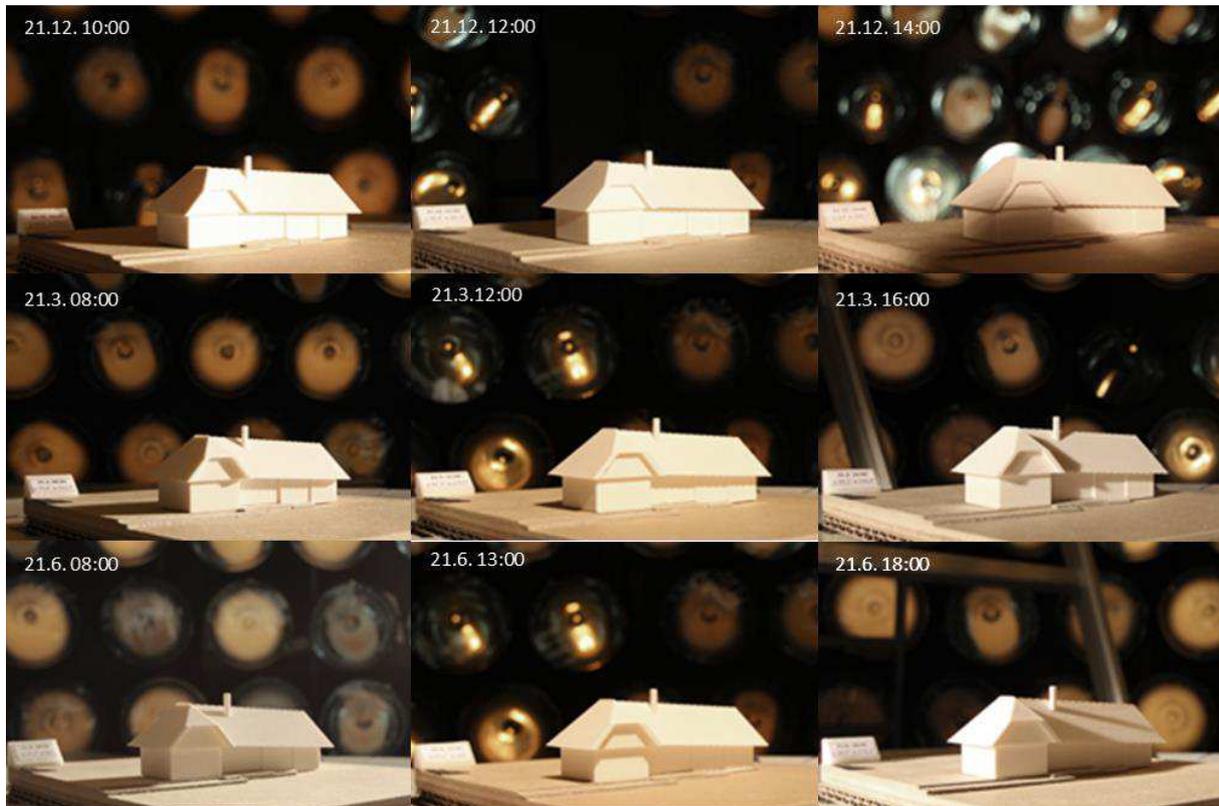
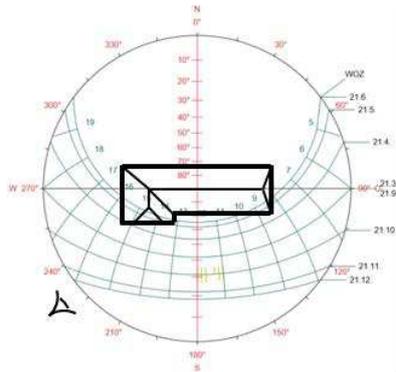


Abbildung 531: Sonnenbahndiagramm und Gebäudeorientierung (oben), Baukörper-Direktlichtstudien bei unterschiedlichen Sonnenpositionen



Abbildung 532: Sonnenverlauf am 21.12. am Originalstandort

Fassadenöffnungen und natürliche Raumbelichtung

Die Außenhülle des Wohnbereiches weist insgesamt sechs Fensteröffnungen mit einer Größe von jeweils rund 0,29 m² auf. Die Gesamtsumme aller Fensterflächen liegt bei 1,74 m², dies entspricht einem Anteil von circa 2,2 % an der gesamten Außenfassadenfläche. Etwa 50 % der Gesamtfensterfläche waren am Originalstandort nach Süden ausgerichtet, 30 % waren west- und 20 % nordorientiert. Durchschnittlich sind jedem der drei Wohnräume Stube, Küche und Kammer zwei Fenster zugeordnet. Die Öffnungen des Ausstellungsgebäudes sind jeweils mit außenliegenden Fensterläden versehen, die am Originalobjekt vor seiner Übertragung ins Freilichtmuseum zuletzt nicht vorhanden waren.

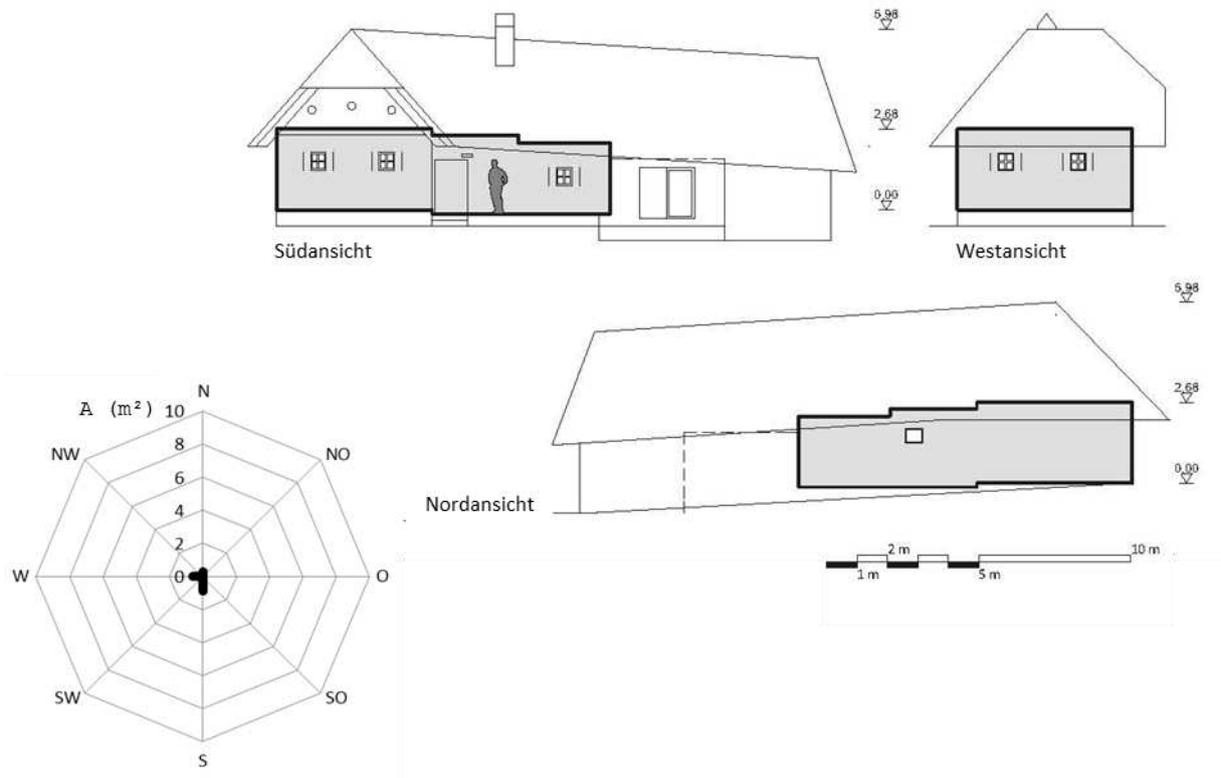


Abbildung 533: Außenansichten der Wohnbereichskubatur

Abbildung 534: Diagramm zur Darstellung der unterschiedlichen Fensterflächen-Orientierungen

Die 5,3 m x 4,8 m große und 2,47 m hohe Wohnstube wird von insgesamt vier 50 cm breiten und 58 cm hohen Rahmenstockfenstern, die einen Verglasungsanteil von jeweils circa 55 % aufweisen, natürlich belichtet. Von diesen sind jeweils zwei an der Süd- und Westfassade angeordnet. (Eines der

beiden südorientierten Stubenfenster des Museumsobjektes war ehemals durch den außenliegenden Vorbau und Eingangsbereich zum Kellerabgang verstellt.) Die Gesamtfenstergröße von 1,16 m² erreicht 4,6 % der 25,2 m² großen Bodenfläche des Wohnraumes.



Abbildung 535: Fenster mit vorgelagerten Läden unterhalb der auskragenden Strohdachtraufe

Abbildung 536: Stubenfenster hinter einem Rankgerüst

Abbildung 537: Innenansicht eines Rahmenstockfensters im Stubenbereich

Die Fensterparapete liegen 1,32 m, Sturzbereiche 1,9 m über dem Fußbodenniveau. Gemäß 30-Grad-Regel begünstigt die Fensterposition die Sicht auf den freien Himmel bis in eine Raumtiefe von circa 3,1 m, traufseitig wird der natürliche Lichteintrag jedoch durch die weit herabgezogene Strohdachtraufe bzw. durch außenliegende Rankbepflanzungen eingeschränkt. Die lehmverputzten Innenwände und die Decke, die aus auf einer Tramkonstruktion aufliegenden Holzbrettern erstellt ist, sind weiß gekalkt. Der Fußboden besteht aus vergleichsweise dunklen Holzbrettern. Die Berechnung der Lichtreflexionseigenschaften der raumumschließenden Oberflächen ergibt Werte von $\rho_{\text{wand}} = 0,94$, $\rho_{\text{Decke}} = 0,79$, $\rho_{\text{Boden}} = 0,1$.

Die computerunterstützte Tageslichtsimulation ergibt einen Tageslichtquotient-Mittelwert von 0,27 %. Der Höchstwert von 0,91 % wird im Bereich des von zwei Seiten belichteten Herrgottswinkels erreicht, der geringste Wert von 0,07 % liegt im gegenüberliegenden Bereich des Stubenofens.

(Durch den außenseitigen Kellerabgang am Originalgebäude entfiel eines der beiden südorientierten Stubenfenster. Der Tageslichtquotient-Mittelwert in der durch insgesamt drei Fenster belichteten Stube erreicht 0,19 %, und ist damit gegenüber dem natürlichen Lichteintrag im Ausstellungsgebäude um circa 30 % verringert.)

Die Simulationen von Beleuchtungsstärken auf Höhe der Messebene zu unterschiedlichen Jahreszeiten und unter Annahme eines bedeckten Himmels ergeben Mittelwerte von 18,6 lx (21.12., 12:00), 38 lx (21.3., 12:00) und 52 lx (21.6., 13:00). Die Höchstwerte der vorherrschenden Beleuchtungsstärken liegen bei 55,8 lx (21.12., 12:00), 115 lx (21.3., 12:00) und 157 lx (21.6., 13:00). Die Darstellung der Helligkeitsverteilung im Stubenbereich (Blick vom Stubeneingang in Richtung Herrgottswinkel, Distanz circa 5,5 m) verdeutlicht gleichmäßig verteilte Leuchtdichten an Wänden und an der Decke mit Werten von 20 cd/m² und darüber. Die Leuchtdichten im Bodenbereich liegen bei etwa 2 cd/m².

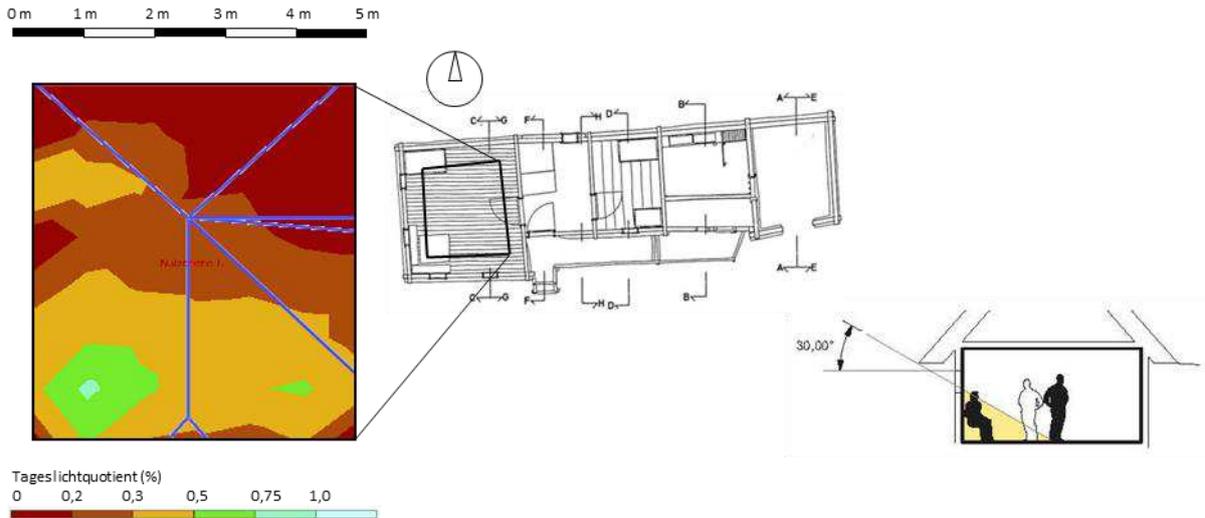


Abbildung 538: Gebäudegrundriss (Pöttler, 1994, S. 27) mit Falschfarbendarstellung der Tageslichtquotient-Verteilung auf horizontaler Messebene im Stubenbereich

Abbildung 539: Gemäß 30-Grad-Regel lichtbegünstigter Raumbereich

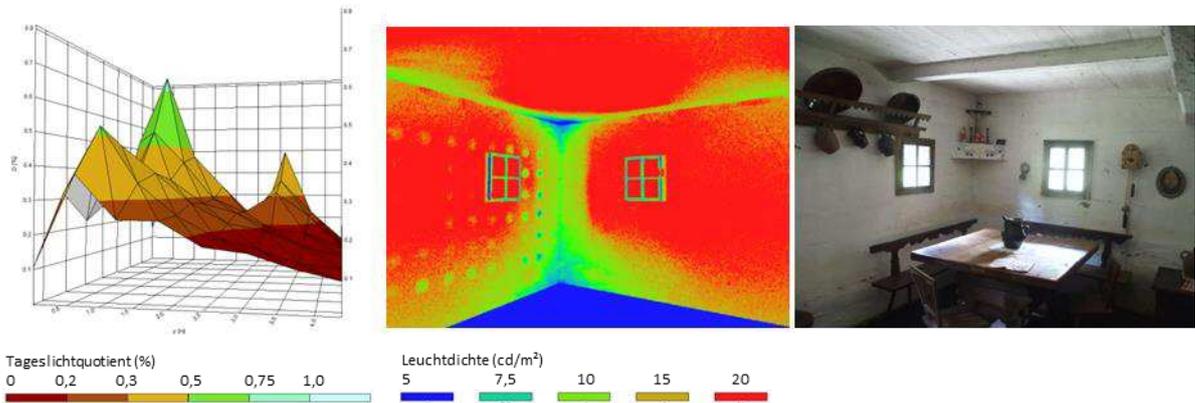


Abbildung 540: 3D-Gebirgsdarstellung der Tageslichtquotient-Niveaus

Abbildung 541: Falschfarbendarstellung der Helligkeitsverteilungen auf den inneren Raumboflächen

Abbildung 542: Stubenansicht

Thermische Konditionierung

Die Küchen von Berglerhäusern waren stets Rauchküchen mit offenem Herd und Backofen, von wo aus Kachelöfen in den benachbarten Stuben beheizt wurden. Rauchschlote kamen erst in Verwendung, nachdem Decken über den Küchenzonen eingezogen wurden. Davor entwich der Rauch der Feuerstellen über den Dachraum ins Freie. Vielfach erst nach dem Zweiten Weltkrieg wurden die Küchen mit Sparherden ausgestattet. Um die Rauchbelästigung zwischen Küche und Stube bzw. Küche und Kammer zu minimieren, wurden die Sturzbereiche der Verbindungstüren tiefliegend angesetzt. (vgl. PÖTTLER, 1994, S. 12) Die 1,35 m x 2,25 m große Doppelfeuerstätte im Berglerhaus in Neustift bei Güssing liegt in der hinteren Ecke des Küchenraumes unmittelbar neben einem nordseitigen Fenster. Sie besteht aus einem Herd und einem dahinterliegenden Backofen. Zwei Meter oberhalb des Herdes ist ein baldachinartiger Funkenhut aus Holz, Stroh und Lehm angebracht. Der beim Heizen entstehende Rauch steigt über die Ränder des Funkenhutes in den oberen Teil des etwa 2,5 m hohen Küchenraumes, und gelangt von dort über einen hölzernen Rauchschlot, der von unten durch eine Holzklappe verschließbar ist, ins Freie. Eine zusätzliche, verschließbare Rauchluke befindet sich oberhalb der Küchen- bzw. Eingangstüre. Frische Luft wird durch die halb oder ganz geöffnete Haustüre ins Innere

der Küche eingeleitet. (vgl. PÖTTLER, 1994, S. 28) Rechts neben dem Stubeneingang befindet sich ein Ofen aus braunen, konkaven Kacheln, der auf einem gemauerten, 79 cm x 84 cm großen Unterbau aufgebaut ist. Der als Hinterlader beheizte Ofen entlässt den Rauch durch ein über die Heizöffnung des Küchenofens geführtes Rohr in den Küchenraum. (vgl. PÖTTLER, 1994, S. 32)



Abbildung 543: Herd und Backofen in der Rauchküche

Abbildung 544: Zweigeteilte Eingangstüre in den Küchenraum

Abbildung 545: Gebäude-Querschnitt durch den Küchenbereich (Pöttler, 1994, S. 29)

Der für Heizwärmebedarfs-Berechnungen als thermisch zu konditionieren angenommene Wohnbereich des Berglerhauses umfasst ein Volumen von 137,6 m³ mit einer Gesamtoberfläche von 195 m², die charakteristische Länge l_c der Raumzone beträgt 0,71 m. Die raumumschließenden Boden-, Wand- und Deckenbauteile sowie Fensterkonstruktionen weisen einen mittleren U-Wert von 0,97 W/m²K auf, bezogen auf eine Grundfläche von 42,9 m². Der errechnete und auf das Standortklima bezogene Heizwärmebedarf HWB_{SK} beträgt 341,75 kWh/m²a. Der Referenz-Heizwärmebedarf HWB_{RK} liegt bei 322,38 kWh/m²K. Der im Renovierungsfall nach aktuell geltender Richtlinie ermittelte Höchstwert von 94,9 kWh/m²a wird 3,4-fach übertroffen.

Unter Annahme einer im 18. Jahrhundert gegenüber der Betrachtungsperiode 1971–2000 um 5 % erhöhten Anzahl an Heizgradtagen würde sich der Heizwärmebedarf HWB_{SK} des um bzw. vor 1800 errichteten Gebäudes um 8 % auf 369,4 kWh/m²a erhöhen. Die Oberfläche des als zu konditionieren angenommenen Wohnbereiches ist zu 39 % außenraumexponiert, 61 % grenzen an unbeheizte Raumbereiche wie Dachboden, Stallungen sowie an das Erdreich. Die durch Heu- und Stroheinlagerungen als herabgesetzt angenommenen Wärmetransmissionskoeffizienten der Trennwand zum Stallbereich sowie der Decke zwischen Wohn- und Dachraum bewirken eine Verringerung des Heizwärmebedarfes HWB_{SK} im Größenordnungsbereich von 23 % auf 261,85 kWh/m²a.



Abbildung 546: Baukörpergeometrie des als zu konditionieren angenommenen Wohnbereichs und seine Lage im Gebäudeverbund

Factsheet Berglerhaus



Das Berglerhaus an seinem Originalstandort während der Demontage (Pöttler, 1992b, S. 87)	Originalstandort aus nördlicher Richtung (2016)	Lage Neustift bei Güssing im Burgenland in Feldfutterbau-geprägter Kulturlandschaft (Wrbka u. a., 2005, S. 34)			
Hoftypus	Hakenhof	Östliche Länge		16,26°	
Errichtungsjahr datiert auf	1800	Nördliche Breite		47,04°	
Gesamtvolumen	427	m ³	Seehöhe		320 m
Kubatur des Wohnbereiches	138	m ³	Heizgradtage (ZAMG-Angabe)		3327 (-)
Wohnnutzfläche	46	m ²	Jahresniederschlag		729 mm/m ²
Charakteristische Länge Wohnbereich	0,71	m	Globalstrahlung		1174 kWh/m ² a
Ø U-Wert	0,97	W/m ² K	Heizwärmebedarf (HWB_SK)		341,8 kWh/m ² a
Gesamtfensterfläche / Fassadenfläche (WWR)	2,2	%	HWB (Errichtungszeit-bezogen)		369 kWh/m ² a
Außenraumexposition der Gebäudehülle	39	%	HWB (bauteiloptimiert)		261,9 kWh/m ² a
Gesamtfensterfläche / Wohnnutzfläche	3,74	%	Ø Oberflächenreflexion Stube		60,8 (-)
Ø Fenstergröße	0,29	m ²	Tageslichtquotient Stube		0,27 %
Stubenfensterfläche / Stubennutzfläche	4,61	%	Ø Beleuchtungsstärke Stube*		36 lx

* Mittelwert der eruierten, mittäglichen Beleuchtungsstärken am 21.3., 21.6. und 21.12.

Besondere Merkmale

Der ursprüngliche Errichtungsort des Berglerhauses ist der östlichste Vergleichsstandort und nach dem des Vierkanthofes Schwarzmayr in Oberösterreich der tiefstgelegene. Das vorherrschende Klima ist durch die höchste mittlere Jahrestemperatur und vergleichsweise geringe Niederschlagsmengen charakterisiert. Das Gesamtvolumen des Gebäudes, die Kubatur des Wohnbereiches und dessen Kompaktheit weisen die geringsten Werte aller untersuchten Objekte auf. Die Außenraumexposition des als zu konditionieren angenommenen Volumens und der errechnete Heizwärmebedarf sind verhältnismäßig hoch. Der eruierte Tageslichtquotient in der Wohnstube weist den niedrigsten Wert aller untersuchten rauchfreien Wohnstuben auf, gleichzeitig sind die errechneten Reflexionsgrade der Innenraumoberflächen vergleichsweise hoch.

Abbildung 547: Datenblatt Berglerhaus

6.3.2 Ergebnisse von Mess- und Berechnungskampagnen

zur Untersuchung des thermischen Gebäudeverhaltens und der natürlichen Raumbelichtung

Die Ergebnisse der im 15-Minuten-Zeitintervall durchgeführten Langzeitmessungen von Raumtemperatur, Luftfeuchtigkeit und CO₂-Konzentrationen in unterschiedlichen Gebäude- und Raumbereichen während der Sommer- und Winterperioden der Jahre 2016 bis 2018 werden nachfolgend beschrieben und verglichen. Dabei werden auch jene Zeitabschnitte quantifiziert, in denen die gemessenen Temperaturen unterschiedlichen thermischen Komfortbereichen zugeordnet werden können. Der Temperaturbereich zwischen 16 °C und 26 °C bei einer gleichzeitig vorherrschenden relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 35 % und 75 % wird als Behaglichkeitsbereich angenommen. Temperaturen unter 16 °C werden als zu kühl, über 26 °C als zu warm kategorisiert. (Der Wertebereich bezieht sich auf die bei entsprechender Bekleidung vergleichsweise breite Temperaturakzeptanz, siehe Kapitel 3.3.) Weiters werden die in den Gebäudeportraits angeführten Untersuchungsergebnisse der natürlichen Lichtverhältnisse in den Stubenbereichen aller analysierten Vergleichsobjekte gegenübergestellt.

Temperaturverhältnisse in der Sommerperiode

Die durchschnittlichen Außentemperaturen während der drei betrachteten Sommer-Messperioden in den Jahren 2016 (21.7. – 26.8.), 2017 (12.5. – 28.7.) und 2018 (13.5. – 4.8.) betragen zwischen 19,8 °C und 20,2 °C. Die Höchsttemperaturen erreichen zwischen 31,9 °C und 34,1 °C, die Tiefstwerte liegen bei 7,6 °C bis 9,3 °C. Die durchschnittliche Luftfeuchtigkeit während der Betrachtungsperioden beträgt zwischen 64 % und 84 %. Die Temperaturverläufe und deren gleitender Durchschnitt (Zeitraum 96) sowie die Eckdaten von Außentemperatur und relativer Luftfeuchtigkeit während der Sommer-Messperioden 2016, 2017 und 2018 werden diagrammhaft dargestellt und tabellarisch festgehalten.

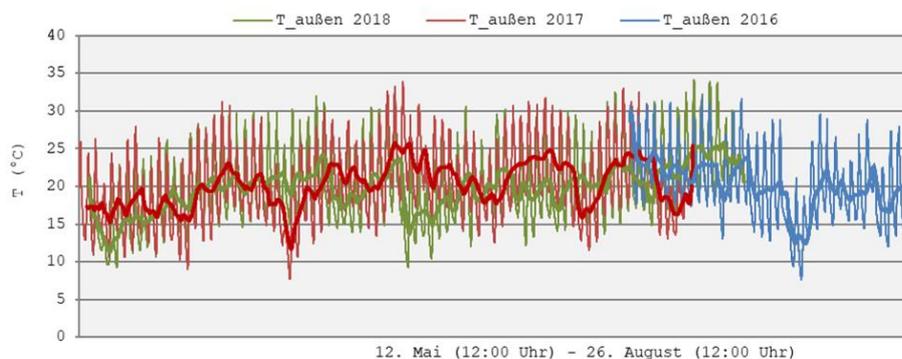


Abbildung 548: Außentemperaturverläufe während der Sommer-Messperioden in den Jahren 2016 (blaue Kurve, 21.7. – 26.8.), 2017 (rote Kurve, 12.5. – 28.7.) und 2018 (grüne Kurve, 13.5. – 4.8.) und gleitende Mittelwerte

Messjahr	Außentemperatur				Luftfeuchtigkeit
	$\bar{\theta}T$ (°C)	T_max (°C)	T_min (°C)	ΔT (°C)	$\phi_{rel.H}$ (%)
2018	19,8	34,1	9,3	24,8	84
2017	20,2	33,9	7,7	26,2	64
2016	20,1	31,9	7,6	24,3	74

Abbildung 549: Temperatur- und Luftfeuchtigkeit im Außenbereich während der Sommer-Messperioden

Die Analyse der Innenraumtemperaturen während der drei Sommer-Messperioden erfolgt durch den Vergleich der thermischen Verhältnisse während jeweils drei aufeinanderfolgender Tage mit

ähnlich hohen bzw. niedrigen Außentemperaturen. Die Datierungen der heißen Tage (Tropentage, $T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$) bzw. die Abfolgen kühler Tage ($T_{\min} \leq 10 \text{ °C}$) werden wie folgt festgelegt:

Messjahr	Ausgewählte Tropentage ($T_{\max} > 30 \text{ °C}$)	Ausgewählte kühle Tage ($T_{\min} < 10 \text{ °C}$)
2016	29. - 31. Juli	11. - 13. August
2017	9. - 11. Juli	7. - 9. Juni
2018	9. - 11. Juni	22. - 24. Juni

Abbildung 550: Datierung von Tropen- und kühlen Tagen während der Sommer-Messperioden 2016 - 2018

Die durchschnittlichen Außentemperaturen während der Tropentage betragen zwischen $21,9 \text{ °C}$ und $23,8 \text{ °C}$. Die Höchsttemperaturen erreichen Werte von $31,7 \text{ °C}$ bis 32 °C , die Tiefstwerte liegen zwischen $16,0 \text{ °C}$ und $18,8 \text{ °C}$. Die Temperaturschwankungen betragen zwischen $12,9 \text{ °C}$ und 16 °C , die Werte der durchschnittlichen Luftfeuchtigkeit liegen zwischen 63% und 76% . Während der kühlen Tage betragen die mittleren Außentemperaturen zwischen $15,1 \text{ °C}$ und $16,2 \text{ °C}$. Die Höchsttemperaturen erreichen zwischen $24,5 \text{ °C}$ und $25,9 \text{ °C}$, die Tiefstwerte liegen zwischen $7,6 \text{ °C}$ und $9,3 \text{ °C}$. Die Temperaturschwankungen betragen zwischen $15,2 \text{ °C}$ und $18,3 \text{ °C}$, die Werte der durchschnittlichen Luftfeuchtigkeit liegen zwischen 69% und 75% . Die Verläufe der Außentemperaturen und relativen Luftfeuchtigkeit während der drei aufeinander folgenden Tropen- und kühlen Tage werden übereinandergelegt und nachfolgend dargestellt.

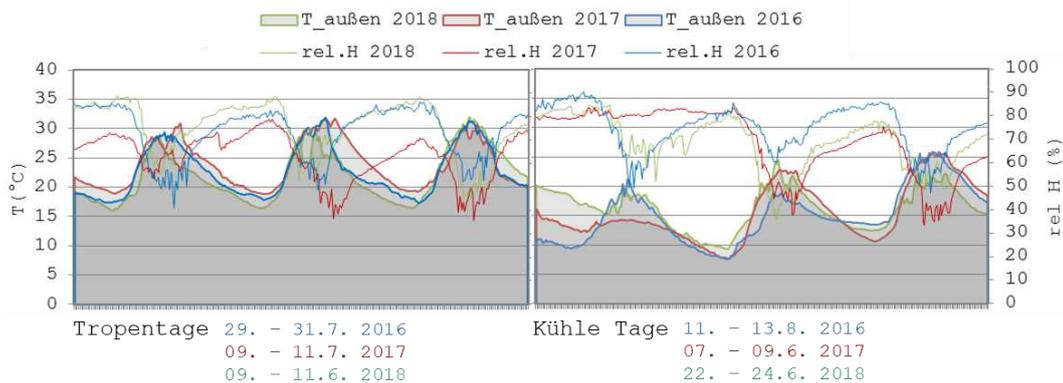


Abbildung 551: Verläufe von Außentemperatur und relativer Luftfeuchtigkeit während drei aufeinanderfolgender Tropentage (links) und kühlen Tagen in den Messperioden 2016 - 2018

Innenraumtemperaturen während der ausgewählten Tropentage

Während der Tropentage liegen alle gemessenen Raumtemperaturen in den untersuchten Wohnräumen in Erdgeschoßlage innerhalb des angenommenen thermischen Behaglichkeitsbereiches von 16 °C bis 26 °C . (Vielfach liegen die gemessenen Stubentemperaturen auch innerhalb eines weiter eingegrenzten Behaglichkeitsbereiches von 20 °C bis 26 °C .) Temperaturen unter 16 °C (zu kühl) bzw. über 26 °C (zu warm) werden nicht erreicht. Nachfolgendes Säulendiagramm verdeutlicht die Anteile der gemessenen Temperaturen, die innerhalb des angenommenen Behaglichkeitsbereiches liegen, an der Gesamtanzahl der an Tropentagen erhobenen Innenraumtemperaturen in den untersuchten Wohnstuben.

Vergleichende bauklimatische Gebäudeanalysen

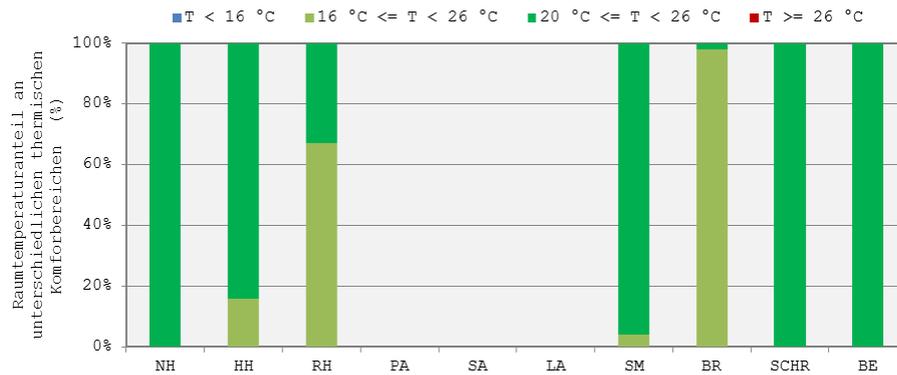


Abbildung 552: Anteile und Zuordnungen der gemessenen Raumtemperaturen in den Stubenbereichen von Naglerhaus (NH), Hanslerhof (HH), Rauchhaus (RH), Schwarzmayrhof (SM), Brachhuber (BR), Großschrotter (SCHR), Berglerhaus (BE) zu unterschiedlichen thermischen Komfortbereichen an den ausgewählten Tropentagen

Die durchschnittlichen Raumtemperaturen in den ebenerdigen Stuben betragen zwischen 18,7 °C (Brachhuber) und 22,7 °C (Naglerhaus). Die aus allen Stubenbereichen ermittelte Höchsttemperatur erreicht 24,8 °C (Naglerhaus), der Tiefstwert liegt bei 17,8 °C (Brachhuber). Die Temperaturschwankungen betragen zwischen 2,3 °C (Schwarzmayrhof) und 4,1 °C (Rauchhaus). Im Außenraum liegen die Temperaturdifferenzen zwischen 12,9 °C und 16 °C. In Vergleichsräumen in Erdgeschoßlagen betragen die Abweichungen der mittleren Raumtemperaturen gegenüber jenen der Stubenbereiche 0,1 °C bis 1 °C.

Auch in den Obergeschoßen liegen alle gemessenen Raumtemperaturen während der Tropentage innerhalb des angenommenen thermischen Behaglichkeitsbereiches. Die Durchschnittstemperaturen betragen zwischen 20,4 °C (Schlafkammer Rauchhaus) und 21,6 °C (Hohe Stube Hanslerhof), und liegen damit um 0,7 °C über den Mittelwerten der ebenerdigen Stubenbereiche. Die Temperaturschwankungen betragen zwischen 1,9 °C (Hohe Stube Schwarzmayrhof) und 6,3 °C (Hohe Stube Hanslerhof). In den Dachgeschoßzonen überschreiten ein bis fünf Prozent der gemessenen Temperaturwerte die obere Behaglichkeitsgrenze von 26 °C. Die Durchschnittstemperaturen entsprechen in etwa jenen der Obergeschoße. Die Temperaturmaxima erreichen Werte von 26,4 °C bis 26,8 °C, die täglichen Temperaturschwankungen betragen zwischen 8,4 °C und 9,3 °C.

Nachfolgende Diagramme verdeutlichen den Verlauf der Innenraumtemperaturen auf unterschiedlichen Gebäudeebenen sowie der Außenraumtemperaturen während der ausgewählten Tropentage.

Vergleichende bauklimatische Gebäudeanalysen

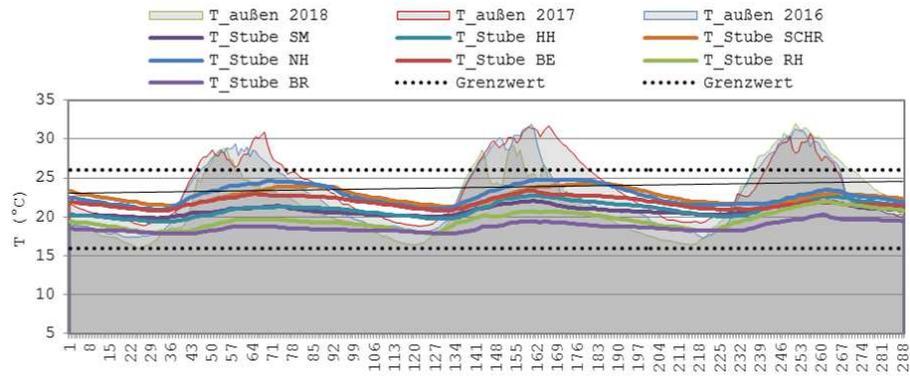


Abbildung 553: Temperaturverläufe in den Stubenbereichen von Naglerhaus (NH), Hanslerhof (HH), Rauchhaus (RH), Schwarzmayrhof (SM), Brachhuber (BR), Großschrotter (SCHR) und Berglerhaus (BE) sowie im Außenraum während der ausgewählten Tropentage

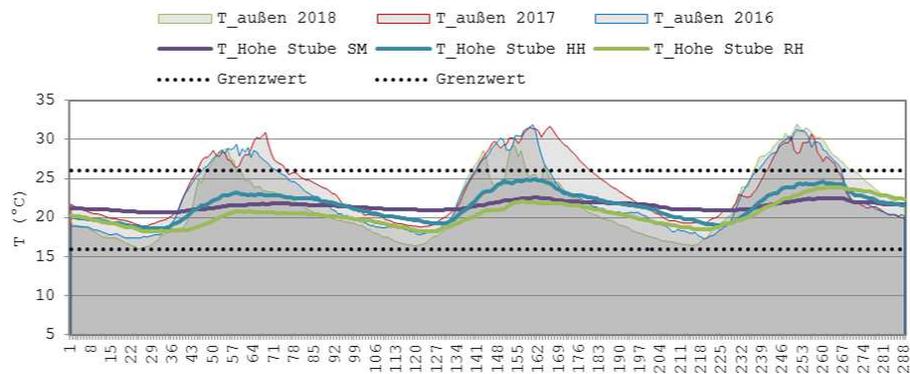


Abbildung 554: Temperaturverläufe in den Obergeschoßen von Hanslerhof (HH), Rauchhaus (RH) und Schwarzmayrhof (SM) sowie im Außenraum während der ausgewählten Tropentage

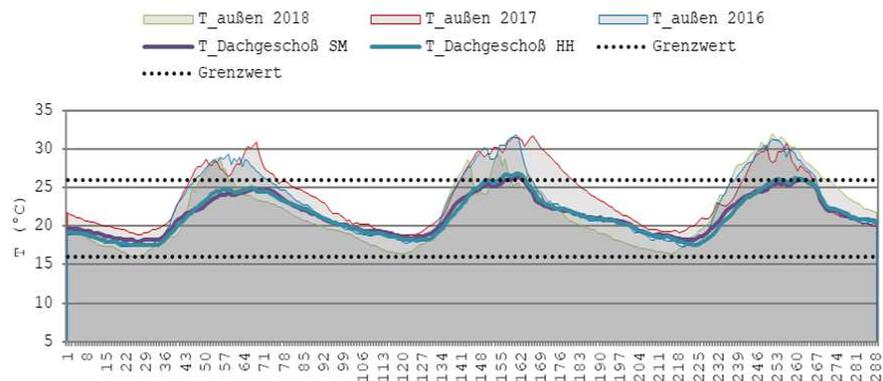


Abbildung 555: Temperaturverläufe in den Dachgeschoßen von Hanslerhof (HH) und Schwarzmayrhof (SM) sowie im Außenraum während der ausgewählten Tropentage

Die durchschnittliche relative Luftfeuchtigkeit in den Erdgeschoßbereichen liegt zwischen 65 % (Schlafraum Naglerhaus) und 93 % (Schlafkammer Brachhuber). In den Obergeschoßen betragen die Mittelwerte 75 % (Hohe Stube Hanslerhof) bis 82 % (Schlafkammer Rauchhaus). In allen Objekten (mit Ausnahme der Objekte Naglerhaus und Großschrotter) überschreiten die Werte für die durchschnittliche Luftfeuchtigkeit die obere Behaglichkeitsgrenze von 75 %.

Die Verteilungen von Temperatur und gleichzeitig vorherrschender relativer Luftfeuchtigkeit im Außen- und in Erdgeschoßbereichen während der Tropentage sowie ein angenommenes Behaglichkeitsfenster (Temperaturbereich 16 °C bis 26 °C, Luftfeuchtigkeit 35 % bis 75 %) sind in den nachfolgenden Diagrammen dargestellt.

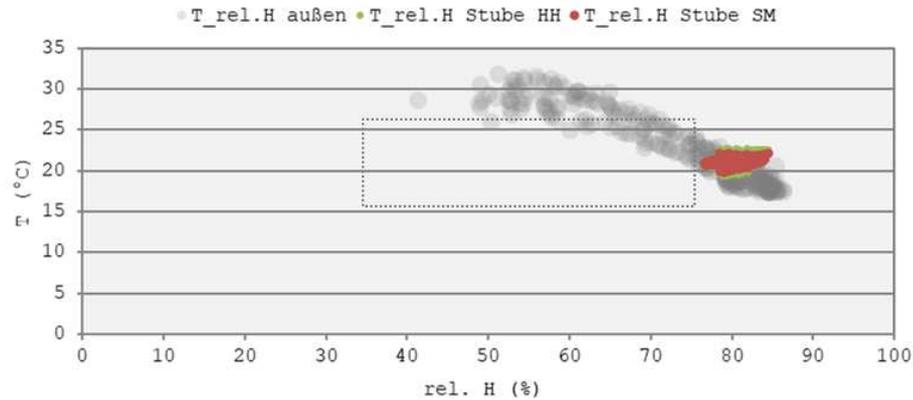


Abbildung 556: Verteilungen von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit im Außenraum und in den Stubenbereichen von Hanslerhof (HH) und Schwarzmayrthof (SM) während der ausgewählten Tropentage 2016

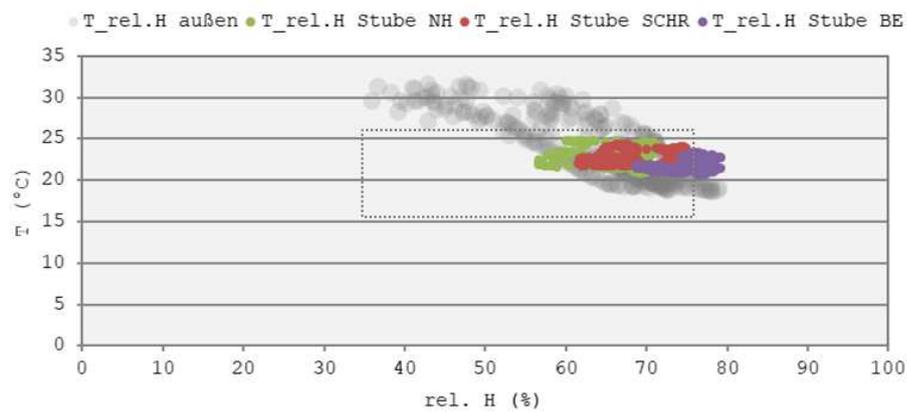


Abbildung 557: Verteilungen von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit im Außenraum und in den Stubenbereichen von Naglerhaus (NH), Großschrotter (SCHR) und Berglerhaus (BE) während der ausgewählten Tropentage 2017

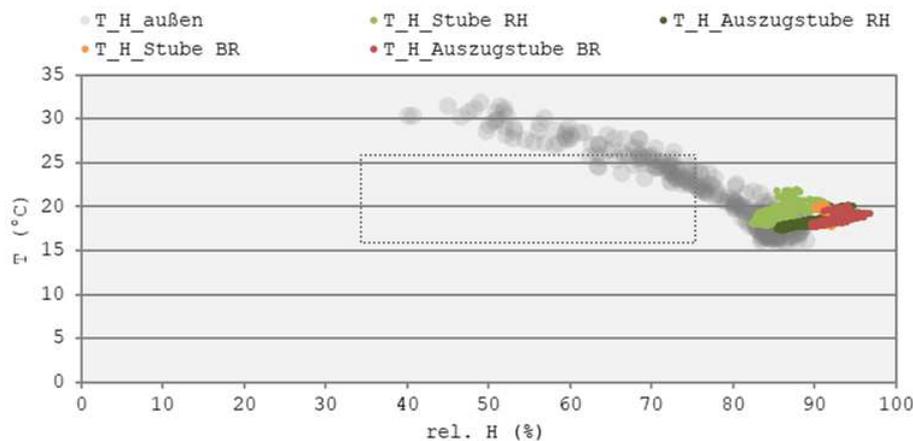


Abbildung 558: Verteilungen von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit im Außenraum und in ebenerdigen Wohnbereichen von Rauchhaus (RH) und Brachhuber (BR) während der ausgewählten Tropentage 2018

Zusätzlich werden die Verteilungen von Temperatur und gleichzeitig vorherrschender relativer Luftfeuchtigkeit im Außen- sowie in Ober- und Dachgeschoßen während der ausgewählten Tropentage diagrammhaft dargestellt.

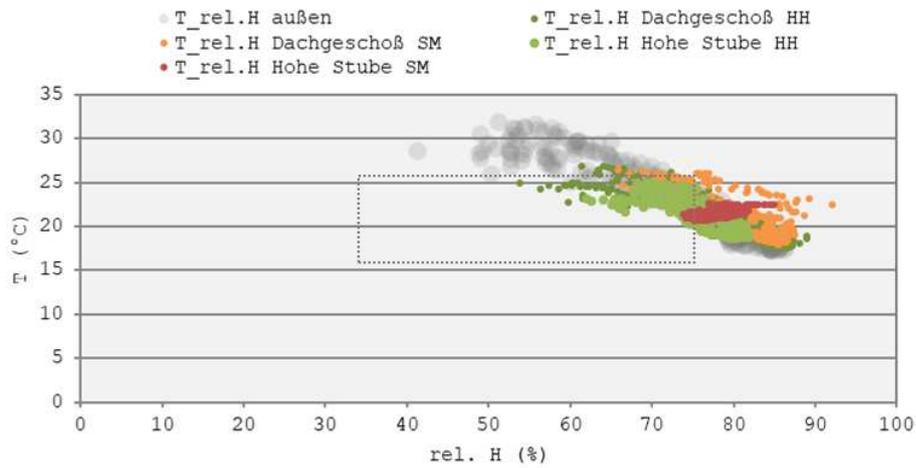


Abbildung 559: Verteilungen von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit im Außenraum und in den Ober- und Dachgeschoßen von Hanslerhof (HH) und Schwarzmayrhof (SM) während der ausgewählten Tropentage 2016

Raumtemperaturen während der ausgewählten kühlen Tage

Während der kühlen Sommertage liegen durchschnittlich 42 % der gemessenen Raumtemperaturen in ebenerdigen Wohnräumen innerhalb des thermischen Behaglichkeitsbereiches zwischen 16 °C und 26 °C. Neun Prozent der gemessenen Raumtemperaturen im Stubenbereich des Gehöftes Brachhuber und 82 % im Hanslerhof liegen unterhalb des Grenzwertes von 16 °C und damit im zu kühlen Temperaturbereich. Die obere Behaglichkeitsgrenze wird nicht erreicht bzw. überschritten. Nachfolgendes Säulendiagramm verdeutlicht die Anteile der gemessenen Temperaturen, die inner- und unterhalb des angenommenen Behaglichkeitsbereiches liegen, an der Gesamtanzahl der an kühlen Tagen erhobenen Innenraumtemperaturen in den untersuchten Wohnstuben.

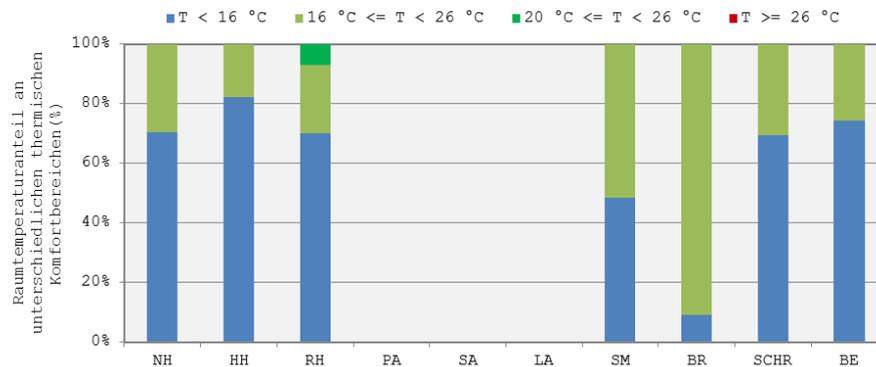


Abbildung 560: : Anteile und Zuordnungen der gemessenen Raumtemperaturen in den Stubenbereichen von Naglerhaus (NH), Hanslerhof (HH), Rauchhaus (RH), Schwarzmayrhof (SM), Brachhuber (BR), Großschrotter (SCHR), Berglerhaus (BE) zu unterschiedlichen thermischen Komfortbereichen an kühlen Sommertagen

Die durchschnittlichen Raumtemperaturen betragen zwischen 14,7 °C (Hanslerhof) und 17,1 °C (Brachhuber). Die Temperaturschwankungen liegen zwischen 3 °C (Schwarzmayrhof) und 7,9 °C (Rauchhaus), im Außenraum betragen die Temperaturdifferenzen zwischen 15,2 °C und 18,3 °C. Die mittleren Raumtemperaturen in Vergleichsräumen in Erdgeschoßlagen entsprechen in etwa jenen der Stubenbereiche, die Abweichungen betragen maximal 0,2 °C. In den Hohen Stuben liegen durchschnittlich 73 % der gemessenen Raumtemperaturen unterhalb von 16 °C und damit im zu kühlen Temperaturbereich. Die mittleren Raumtemperaturen betragen zwischen 14,2 °C (Hohe Stube Hanslerhof) und 15,9 °C (Schlafkammer Rauchhaus), und liegen damit um circa 6 °C unter den an heißen Tagen erreichten Temperaturniveaus. Die Temperaturschwankungen in den Obergeschoßen liegen zwischen 3,4 °C (Hohe Stube, Schwarzmayrhof) und 10,9 °C (Hohe Stube Hanslerhof). In den Dachgeschoßzonen liegen durchschnittlich 80 % der gemessenen Raumtemperaturen unterhalb des angenommenen Behaglichkeitsbereiches. Die Durchschnittswerte betragen zwischen 14,1 °C (Hanslerhof) und 14,3 °C (Schwarzmayrhof), die Temperaturschwankungen liegen zwischen 13,2 °C und 13,6 °C.

Nachfolgende Diagramme verdeutlichen den Verlauf der Innenraumtemperaturen in unterschiedlichen Geschoßen und der Außenraumtemperaturen an den ausgewählten kühlen Tagen.

Vergleichende bauklimatische Gebäudeanalysen

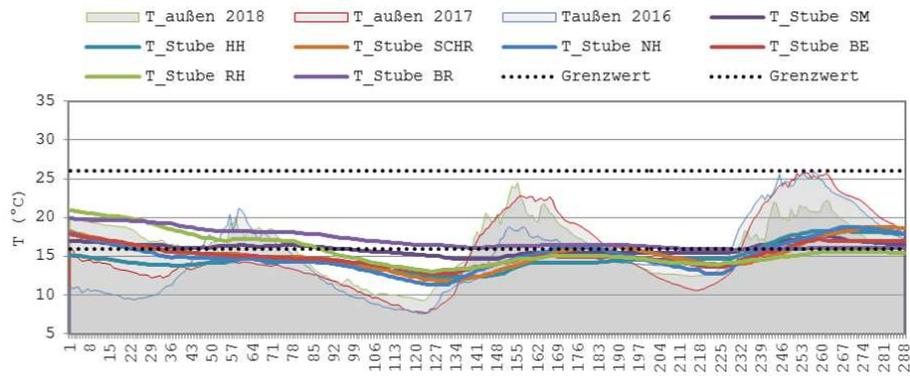


Abbildung 561: Temperaturverläufe in den Stubenbereichen von Naglerhaus (NH), Hanslerhof (HH), Rauchhaus (RH), Schwarzmayrhof (SM), Brachhuber (BR), Großschrotter (SCHR) und Berglerhaus (BE) sowie im Außenraum während der ausgewählten kühlen Tage

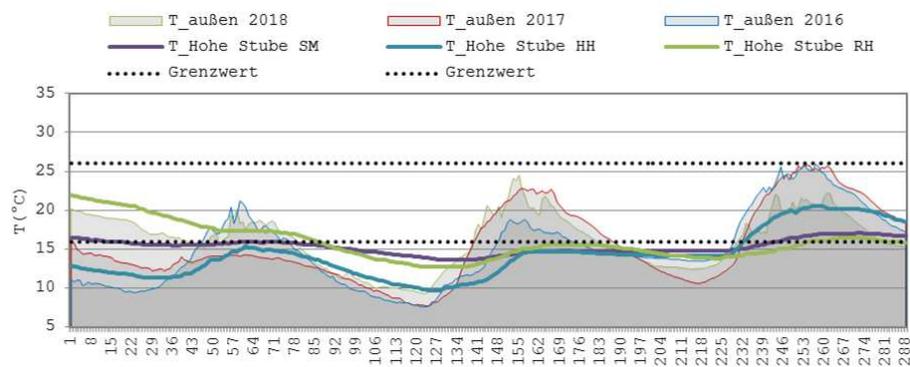


Abbildung 562: Temperaturverläufe in den Obergeschoßen von Hanslerhof (HH), Rauchhaus (RH) und Schwarzmayrhof (SM) sowie im Außenraum während der ausgewählten kühlen Tage

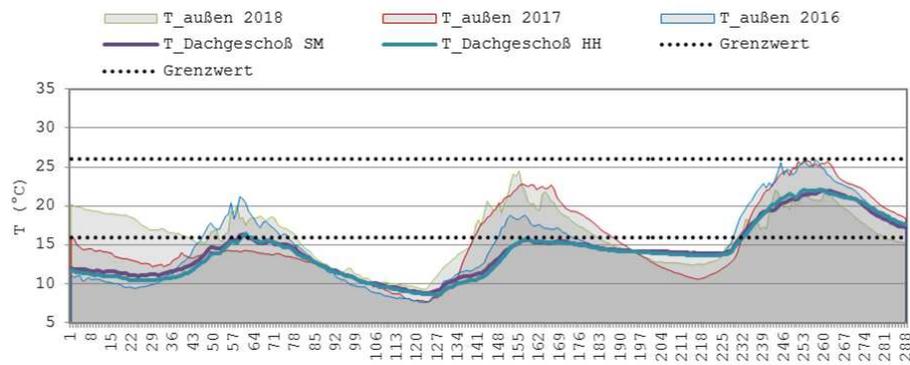


Abbildung 563: Temperaturverläufe in den Dachgeschoßen von Hanslerhof (HH) und Schwarzmayrhof (SM) sowie im Außenraum während der ausgewählten kühlen Tage

Die Durchschnittswerte der relativen Luftfeuchtigkeit während der kühlen Tage liegen in den Erdgeschoßbereichen zwischen 71 % (Stube Naglerhaus) und 76 % (Stube Berglerhaus). Die Verteilungen von Temperatur und gleichzeitig vorherrschender relativer Luftfeuchtigkeit im Außen- und in Erdgeschoßbereichen während der kühlen Tage sowie ein angenehmes Behaglichkeitsfenster (Temperaturbereich 16 °C bis 26 °C, Luftfeuchtigkeit 35 % bis 75 %) sind in den nachfolgenden Diagrammen dargestellt.

Vergleichende bauklimatische Gebäudeanalysen

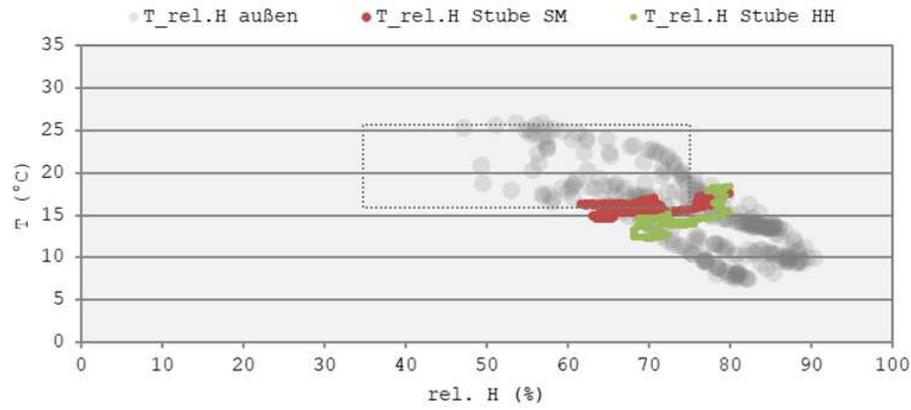


Abbildung 564: Verteilungen von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit im Außenraum und in den Stubenbereichen von Hanslerhof (HH) und Schwarzmayrhof (SM) während der ausgewählten kühlen Tage 2016

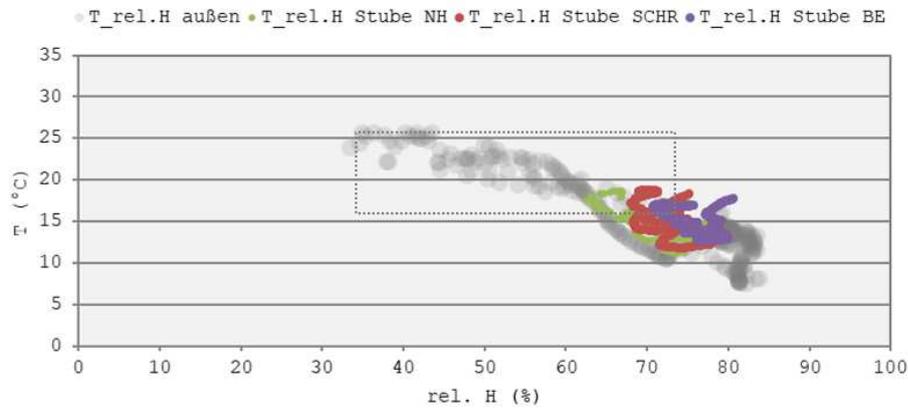


Abbildung 565: Verteilungen von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit im Außenraum und in den Stubenbereichen von Naglerhaus (NH), Großschrotter (SCHR) und Berglerhaus (BE) während der ausgewählten kühlen Tage 2017

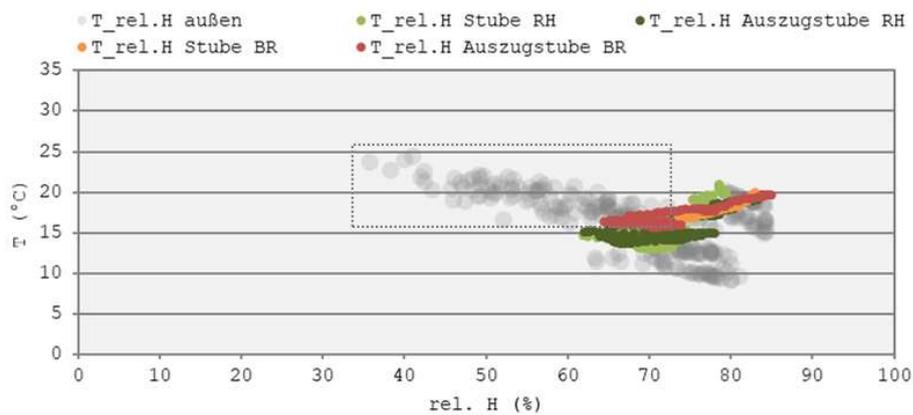


Abbildung 566: Verteilungen von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit im Außenraum und in ebenerdigen Wohnbereichen von Rauchhaus (RH) und Brachhuber (BR) während der kühlen Tage 2018

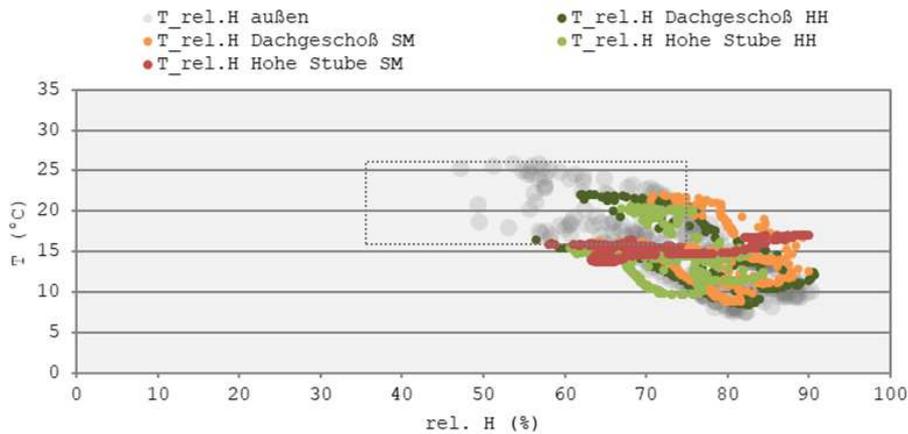


Abbildung 567: Verteilungen von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit im Außenraum und in den Ober- und Dachgeschoßen von Hanslerhof (HH) und Schwarzmayrhof (SM) während der ausgewählten kühlen Tage 2016

Raumtemperaturen bei Stubenbeheizung während der Sommerperiode

An insgesamt fünf Tagen der Sommer-Messperiode 2017 wird die Feuerstätte der Rauchstube des Gehöftes Großschrotter beheizt. Während der Betriebstage am 18. Mai, 19. Juni, 29. Juni, 6. Juli und 13. Juli erreicht die Raumtemperatur einen Maximalwert von 30,9 °C bei einer gleichzeitig vorherrschenden Außentemperatur von 25 °C. Die zur selben Zeit gemessenen Höchsttemperaturen in den unbeheizten Vergleichsobjekten Naglerhaus (NH) und Berglerhaus (BE) werden um 6,9 °C bzw. 8,4 °C übertroffen. Während der Beheizungsphase liegen durchschnittlich 14 % der gemessenen Raumtemperaturen oberhalb des angenommenen thermischen Behaglichkeitsbereiches, der an allen Heiztagen überschritten wird. In nachfolgendem Diagramm wird der Temperaturverlauf in der beheizten Rauchstube sowie in den unbeheizten Wohnräumen der Vergleichsobjekte verdeutlicht.

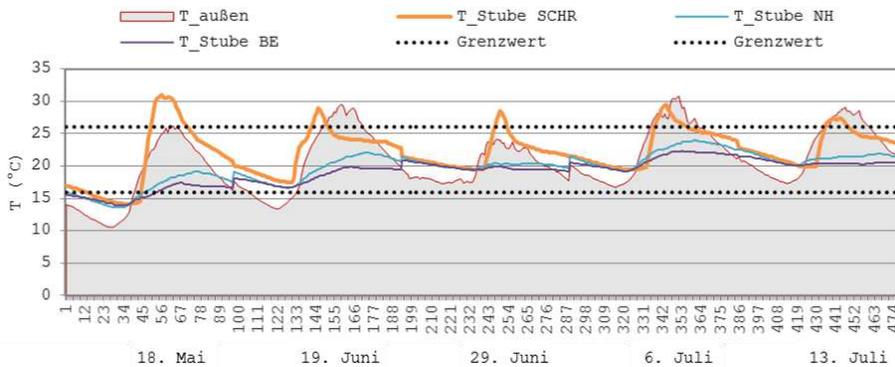


Abbildung 568: Verläufe der Außen- und Innenraumtemperaturen in der beheizten Rauchstube des Großschrotters (SCHR) und in unbeheizten Stubenbereichen des Naglerhauses (NH) und Berglerhauses (BE) an fünf Tagen während der Sommer-Messperiode 2017

Temperaturverhältnisse in der Winterperiode

Die durchschnittlichen Außentemperaturen während der Winter-Messperioden in den Jahren 2016/17 und 2017/18 (gemessen jeweils zwischen 21. November und 12. Jänner) betragen $-0,6\text{ °C}$ und $0,3\text{ °C}$. Die Höchsttemperaturen erreichen 9 °C und $11,3\text{ °C}$, die Tiefstwerte liegen bei $-13,5\text{ °C}$ und $-7,5\text{ °C}$. Die durchschnittliche relative Luftfeuchtigkeit beträgt 84% bzw. 92% . Die Temperaturverläufe und deren gleitender Durchschnitt (Zeitraum 96) sowie die Eckdaten von Außentemperatur und relativer Luftfeuchtigkeit während der Winter-Messperioden 2016/17 und 2017/18 werden diagrammhaft dargestellt und tabellarisch festgehalten.

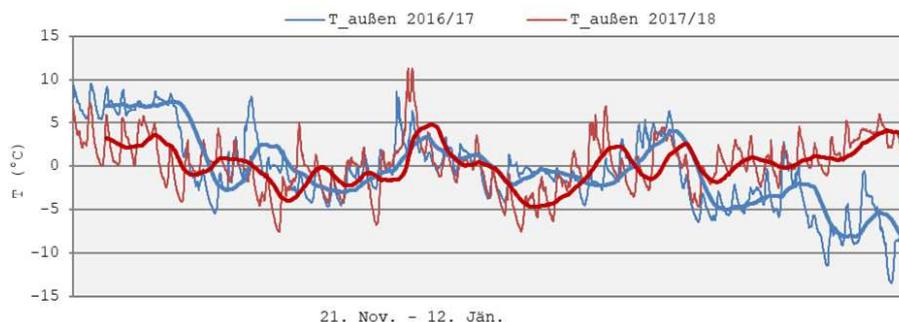


Abbildung 569: Außentemperaturverläufe während der Winter-Messperioden 2016/17 (blaue Kurve, 21.11. – 12.1.) und 2017/18 (rote Kurve, 21.11. – 12.1.) und gleitende Mittelwerte

Messjahr	Außentemperatur				Relative Luftfeuchtigkeit
	\bar{T} (°C)	T_{\max} (°C)	T_{\min} (°C)	ΔT (°C)	$\bar{\text{rel.H}}$ (%)
2016/17	-0,6	9,5	-13,5	23,0	84
2017/18	0,3	11,3	-7,5	18,8	92

Abbildung 570: Temperatur- und Luftfeuchtigkeit im Außenbereich während der Winter-Messperioden 2016/17 und 2017/18

Für die Analyse des thermischen Verhaltens der Untersuchungsobjekte in den Winter-Messperioden werden die eruierten Werte für Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Innen- und Außenraum während der folgenden Betrachtungsphasen untersucht und verglichen: während der zweiwöchigen Beheizungsphasen (Beheizung der Feuerstellen zwischen 7:00 Uhr und 15:00 Uhr), an ausgewählten Besucherveranstaltungstagen in den Jahren 2016 und 2017 bei vergleichbaren Außentemperaturen (Beheizung der Feuerstellen zwischen 7:00 Uhr und 18:00 Uhr, Raumbelegung der Stubenbereiche bis zu 20 Personen) und einer einwöchigen Abkühlphasen nach dem jeweils letzten Veranstaltungstag. Zusätzlich werden die inneren und äußeren Raumtemperaturen an Eistagen ($T_{\max} < 0\text{ °C}$) und ohne thermischer Raumkonditionierung gegenübergestellt. Die Datierungen der Betrachtungsphasen werden nachfolgend aufgelistet.

Winterperiode	Gesamtmessperiode	Beheizungsphasen	Besucherveranstaltungstage	Abkühlphase
2016/17	21.11 bis 12.1.	22.11. – 4.12.	4.12.2016	4.12. – 11.12.
2017/18	21.11 bis 12.1.	28.11. – 10.12.	9.12.2017	10.12. – 17.12.

Abbildung 571: Datierung von Beheizungsphasen, Veranstaltungstagen und Abkühlphasen während der Winter-Messperioden 2016/17 und 2017/18

Während der Beheizungsphasen betragen die durchschnittlichen Außentemperaturen zwischen $3,3\text{ °C}$ (2016) und $-1,2\text{ °C}$ (2017). Die Höchsttemperaturen erreichen $9,5\text{ °C}$ und $5,0\text{ °C}$, die Tiefstwerte -

5,4 °C und -7,5 °C. Die Werte der durchschnittlichen äußeren Luftfeuchtigkeit liegen bei 84 % und 89 %. Die mittleren Außentemperaturen an den ausgewählten Besucherveranstaltungstagen betragen im Jahr 2016 und 2017 jeweils -0,2 °C, der Temperaturschwankungsbereich liegt bei 3,7 °C bzw. 6 °C. In den Abkühlphasen betragen die mittleren Außentemperaturen -1,1 °C (2016) und 0,8 °C (2017). Die Höchstwerte erreichen 8,6 °C und 11,3 °C, die Tiefstwerte -4,6 °C und -6,8 °C. Die durchschnittliche äußere Luftfeuchtigkeit liegt bei 86 % und 91 %. Während der vergleichbaren Eistage (30.12.2016 und 19.12.2017) liegen die durchschnittlichen Außentemperaturen bei -5 °C (2016) und -5,3 °C (2017). Die Tiefstwerte fallen auf -6,4 °C bzw. -7,5 °C, die Tages-Temperaturschwankungen betragen 3,3 °C bzw. 4,4 °C. Die äußere Luftfeuchtigkeit liegt bei 89 % und 94 %.

Raumtemperaturen während der Beheizungsphasen

Während der Beheizungsphase der Betrachtungsperiode 2016/17 liegen 96 % der gemessenen Raumtemperaturwerte im beheizten Stubenbereich des Schwarzmayrhofes und 77 % der im Stubenbereich des Hanslerhofes eruierten Werte über der unteren Behaglichkeitsgrenze von 16 °C. Die Obergrenze von 26 °C wird von 16 % bzw. 20 % der gemessenen Stubentemperaturen überschritten. Die mittleren Raumtemperaturen betragen 22,3 °C (Schwarzmayrhof) und 20,1 °C (Hanslerhof). Die Höchsttemperaturen erreichen 29,3 °C und 32,9 °C, die Tiefstwerte liegen bei 13 °C und 3,5 °C (gemessen in einer zweitägigen Phase ohne Raumbeheizung und bei Außentemperaturen von bis zu -5,4 °C). In den an die Stubenbereiche angrenzenden Räumen wird der thermische Behaglichkeitsbereich nicht erreicht. Die durchschnittlichen Temperaturdifferenzen zwischen den Stuben- und Vorhaustemperaturen betragen 16,6 °C (Schwarzmayrhof) und 14 °C (Hanslerhof), die Temperaturniveaus in den Hohen Stuben liegen um durchschnittlich 15,1 °C und 11,6 °C unter jenen der beheizten Wohnbereiche.

Während der Beheizungsphase der Betrachtungsperiode 2017/18 überschreiten durchschnittlich 24 % der in den beheizten Stubenbereichen gemessenen Raumtemperaturwerte den unteren Behaglichkeits-Grenzwert. In der Stube des Rauhauses liegen 49 % der Messwerte über 16 °C, in der Rauchstube des Gehöftes Paule 14 %. Die durchschnittlichen Raumtemperaturen betragen zwischen 10,6 °C (Säuerling) und 15,2 °C (Rauchhaus). Die Temperatur-Höchstwerte erreichen zwischen 19,2 °C (Paule) und 33,7 °C (Großschrotter), die Tiefstwerte liegen zwischen 2,1 °C (Säuerling) und 5,7 °C (Paule), gemessen in einer zweitägigen Phase ohne Raumbeheizung und bei Mindest-Außentemperaturen von bis zu -7,5 °C. Das folgende Säulendiagramm verdeutlicht die Anteile der gemessenen Temperaturen, die innerhalb und außerhalb des thermischen Behaglichkeitsbereiches liegen, an der Gesamtanzahl der während der Beheizungsphase gemessenen Stubentemperaturen.

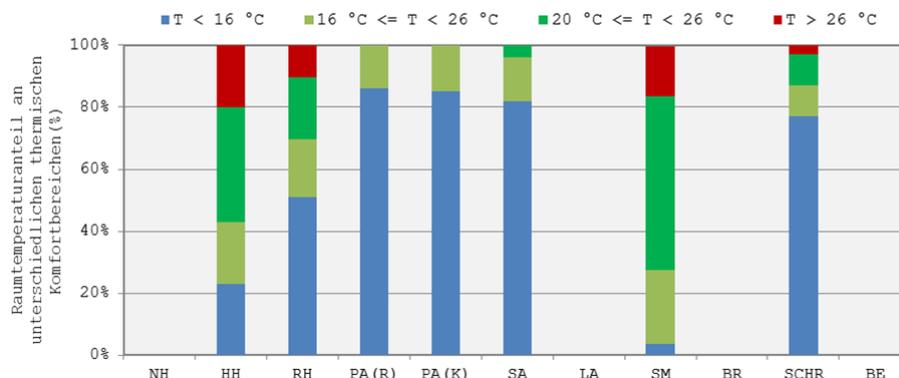


Abbildung 572: Anteile und Zuordnungen der gemessenen Raumtemperaturen in den Stubenbereichen von Hanslerhof (HH), Rauchhaus (RH), Paule (PA, Rauchstube), Paule (PA, Kachelstube), Säuerling (SA), Schwarzmayrhof (SM) Großschrotter (SCHR) zu unterschiedlichen thermischen Komfortbereichen während der zweiwöchigen Beheizungsphase

Weitere Diagrammdarstellungen verdeutlichen den Verlauf der Temperaturen in den beheizten Stubenbereichen sowie im Außenraum während der Beheizungsperioden in den Jahren 2016/17 und 2017/18.

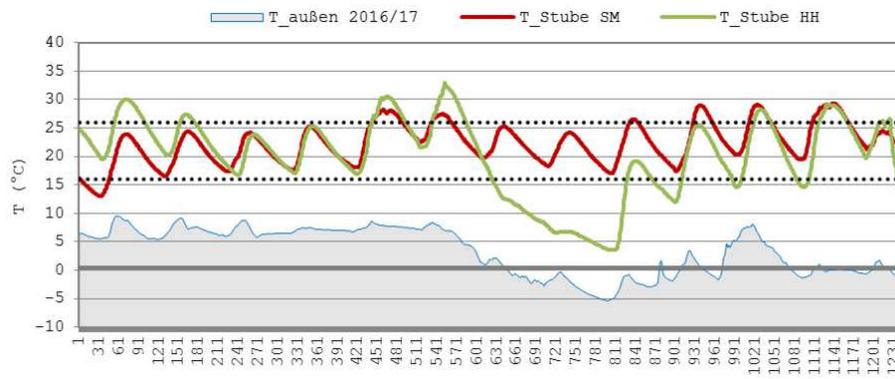


Abbildung 573: Temperaturverläufe in den Stubenbereichen von Schwarzmayrhof (SM) und Hanslerhof (HH) sowie im Außenraum während der Beheizungsperiode 2016/17

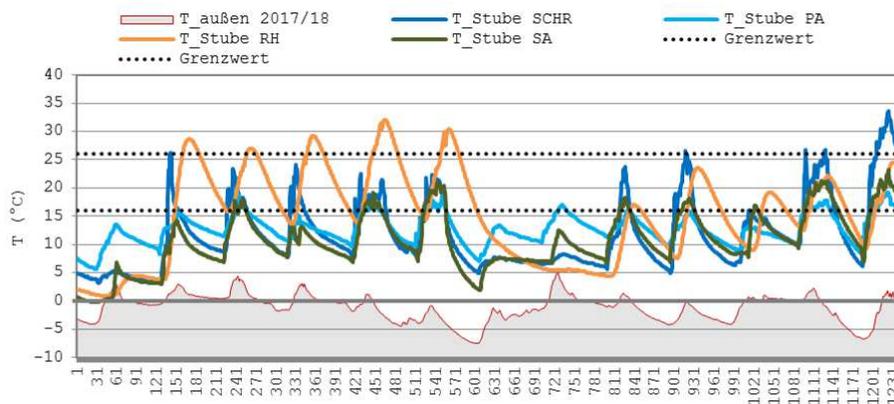


Abbildung 574: Temperaturverläufe in den Stubenbereichen von Großschrotter (SCHR), Paule (PA), Rauchhaus (RH) und Säuerling (SA) sowie im Außenraum während der Beheizungsperiode 2017/18

Die durchschnittliche relative Luftfeuchtigkeit in den beheizten Erdgeschoßbereichen beträgt zwischen 34 % (Hanslerhof) und 52 % (Säuerling). Die Verteilungen von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit in den beheizten Wohnbereichen, in unbeheizten Obergeschoßen und im Außenraum sowie der angenommene Behaglichkeitsbereich für Temperatur und Luftfeuchtigkeit sind in den nachfolgenden Diagrammen dargestellt.

Vergleichende bauklimatische Gebäudeanalysen

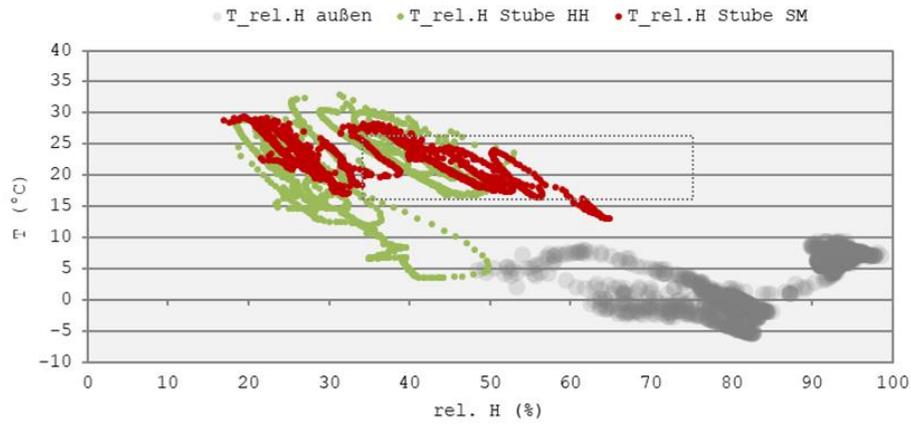


Abbildung 575: Verteilung von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit im Außen- und in den Stubenbereichen von Schwarzmayrhof (SM) und Hanslerhof (HH) während der Beheizungsperiode 2016/17

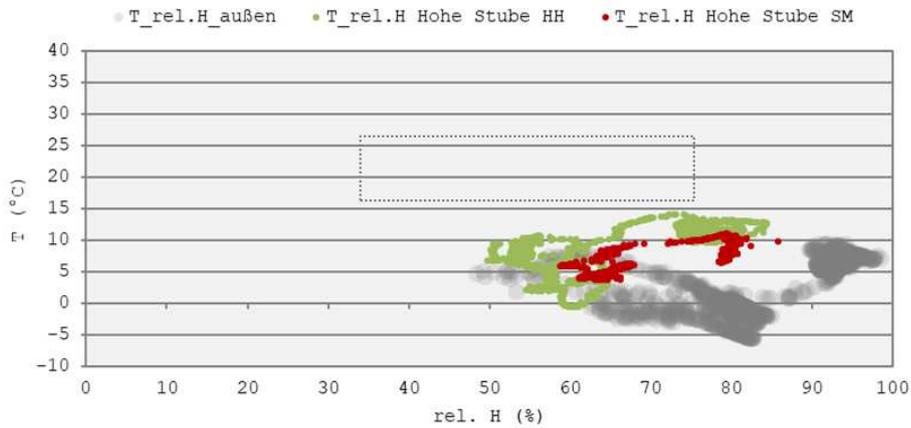


Abbildung 576: Verteilung von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit im Außenbereich und in den unbeheizten Hohen Stuben von Schwarzmayrhof (SM) und Hanslerhof (HH) während der Beheizungsperiode 2016/17

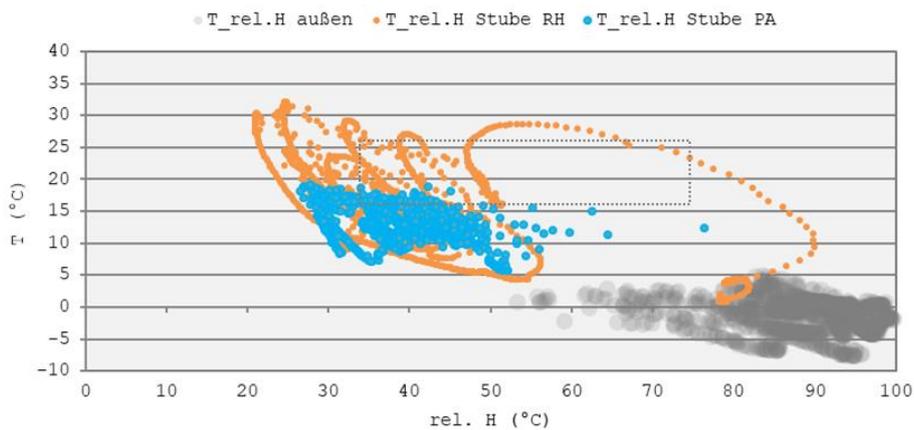


Abbildung 577: Verteilung von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit im Außen- und in den Stubenbereichen von Rauchhaus (RH) und Paule (PA) während der Beheizungsperiode 2017/18

Vergleichende bauklimatische Gebäudeanalysen

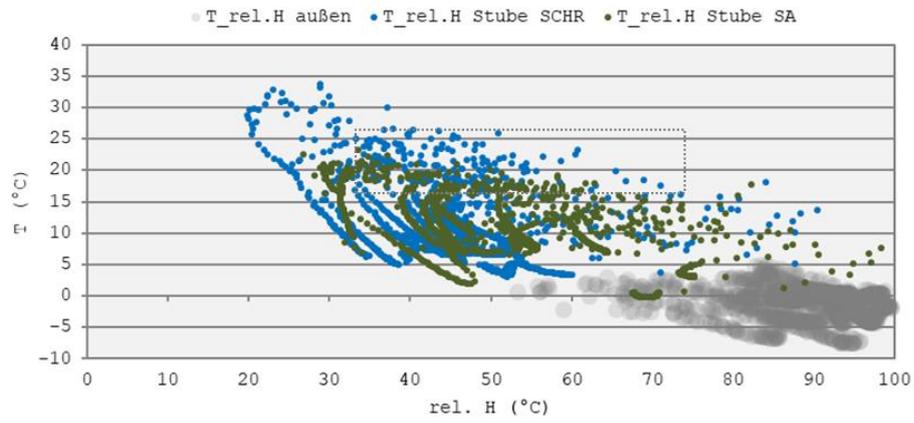


Abbildung 578: Verteilung von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit im Außen- und in den Stubenbereichen von Großschrotter (SCHR) und Säuerling (SA) während der Beheizungsperiode 2017/18

Raumtemperaturen während der Besucherveranstaltungen

Während der ausgewählten Besucherveranstaltungstage (4.12.2016 und 9.12.2017) liegen zwischen 39 % (Paule, Rauchstube) und 92 % (Schwarzmayrhof) der gemessenen Raumtemperaturen in den beheizten Stubenbereichen innerhalb des angenommenen Behaglichkeitsbereiches. In der Stube des Schwarzmayrhofes liegen 91 % der gemessenen Temperaturen im Bereich zwischen 20 °C und 26 °C. In den Objekten Großschrotter, Hanslerhof und Schwarzmayrhof überschreiten 3 %, 19 % und 8 % der Messwerte die obere Behaglichkeitsgrenze von 26 °C. Das folgende Säulendiagramm verdeutlicht die Anteile der gemessenen Temperaturwerte, die innerhalb des thermischen Behaglichkeitsbereiches liegen bzw. die Grenzwerte über- und unterschreiten, an der Gesamtanzahl der während der Besucherveranstaltungstage gemessenen Stubentemperaturen.

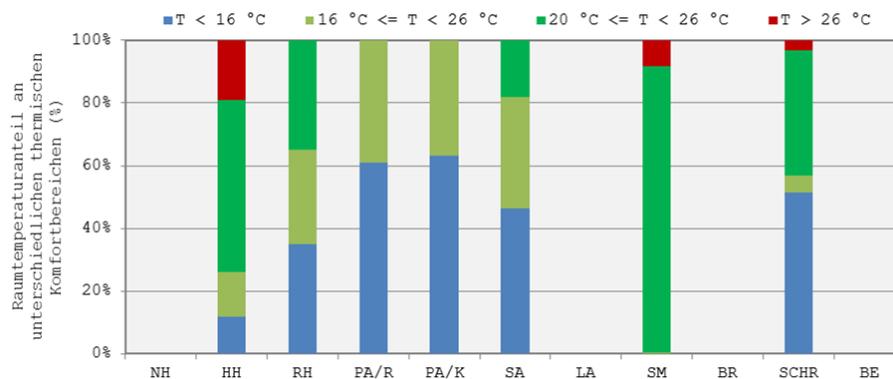


Abbildung 579: Anteile und Zuordnungen der gemessenen Raumtemperaturen in den Stubenbereichen von Hanslerhof (HH), Rauchhaus (RH), Paule (PA, Rauchstube), Paule (PA, Kachelstube), Säuerling (SA), Schwarzmayrhof (SM) Großschrotter (SCHR) zu unterschiedlichen thermischen Komfortbereichen während der Besucherveranstaltungstage 2016/17 und 2017/18

Bei mittleren Außentemperaturen von jeweils -0,2 °C betragen die Durchschnittstemperaturen in den konditionierten Raumbereichen zwischen 13,4 °C (Kachelstube Paule) und 23,4 °C (Schwarzmayrhof). Die Temperaturhöchstwerte erreichen zwischen 17,8 °C (Rauchstube Paule) und 27,6 °C (Schwarzmayrhof), die Tiefstwerte 9 °C (Kachelstube Paule) und 20,9 °C (Schwarzmayrhof). Die Temperaturschwankungen betragen zwischen 6,7 °C (Schwarzmayrhof) und 14,4 °C (Hanslerhof). In den unconditionierten Wohnbereichen wird die untere Behaglichkeitsgrenze von 16 °C zu keiner Zeit erreicht. Die mittleren Raumtemperaturen betragen zwischen 4,1 °C (Vorhaus Hanslerhof) und 8,5 °C (Hohe Stube Hanslerhof). Nachfolgende Diagramme verdeutlichen die Temperaturverläufe in den beheizten und unbeheizten Raumbereichen sowie im Außenraum während der Besucherveranstaltungstage in den Jahren 2016/17 und 2017/18.

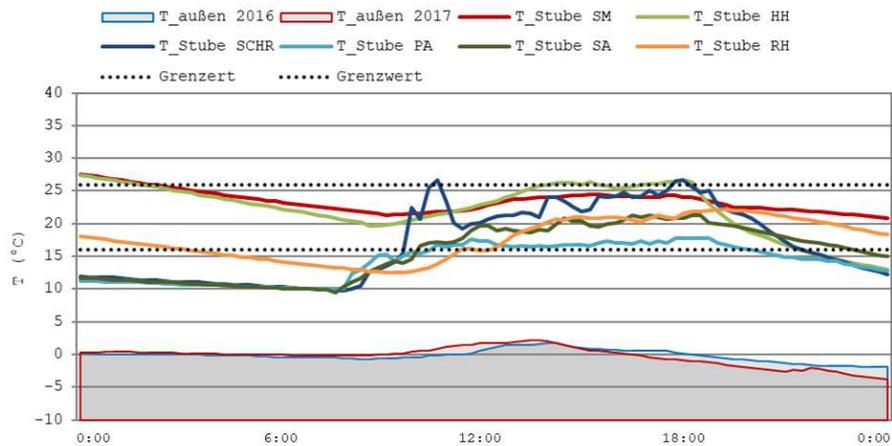


Abbildung 580: Temperaturverläufe in den beheizten Stubenbereichen von Schwarzmayrhof (SM), Hanslerhof (HH), Großschrotter (SCHR), Paule (PA), Säuerling (SA), Rauchhaus (RH) sowie im Außenraum während der Besucherveranstaltungstage 2016/17 und 2017/18

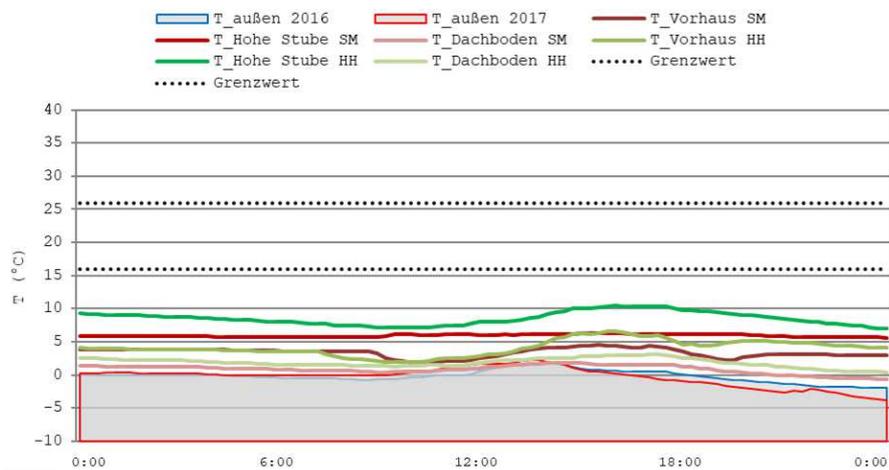


Abbildung 581: Temperaturverläufe in unbeheizten Raumbereichen von Schwarzmayrhof (SM), Hanslerhof (HH), Großschrotter (SCHR), Paule (PA), Säuerling (SA), Rauchhaus (RH) sowie im Außenraum während der Besucherveranstaltungstage 2016/17 und 2017/18

Raumtemperatur- und CO₂-Rückgänge in der Abkühlphase

Ausgehend von CO₂-Konzentrationen von bis zu 1452 ppm am Ende der Besucherveranstaltungen (4.12.2016 18:00 Uhr und 10.12.2017 18:00 Uhr) erfolgt der Rückgang auf Werte von rund 500 ppm (und damit ein Austausch der Raumluft) in allen untersuchten Stubenbereichen (Schwarzmayrhof, Hanslerhof, Großschrotter und Paule PA) innerhalb von circa zwei Stunden. Am Ende des letzten Tages der Beheizungsperiode im Jahr 2016 (4.12., 18:00 Uhr) erreichen die Raumtemperaturen in den Stubenbereichen von Schwarzmayrhof und Hanslerhof 24 °C bzw. 26,3 °C. Die gleichzeitig vorherrschende Außentemperatur beträgt 0 °C. Der Rückgang der Raumtemperaturen auf das Niveau der unteren Behaglichkeitsgrenze von 16 °C erfolgt im Schwarzmayrhof nach 15 ¼ Stunden und im Hanslerhof nach 3 ¼ Stunden.

Am Ende der Beheizungsperiode im Jahr 2017 (10.12., 18:00 Uhr) betragen die Raumtemperaturen in den Stuben von Großschrotter, Paule, Rauchhaus und Säuerling 32,3 °C, 18,5 °C, 23,6 °C bzw. 20,9 °C bei gleichzeitig vorherrschender Außentemperatur von 0,8 °C. Der Temperatur-Rückgang auf 16 °C erfolgt in den Objekten Großschrotter nach 11 ¼ Stunden, Paule nach 3 ½ Stunden, Rauchhaus nach 13 Stunden und Säuerling nach 6 ¾ Stunden. Die folgenden Diagramme verdeutlichen den

Temperaturrückgang sowie die Minderung der CO₂-Konzentration in den Stubenbereichen nach Ende der Beheizungsperioden.

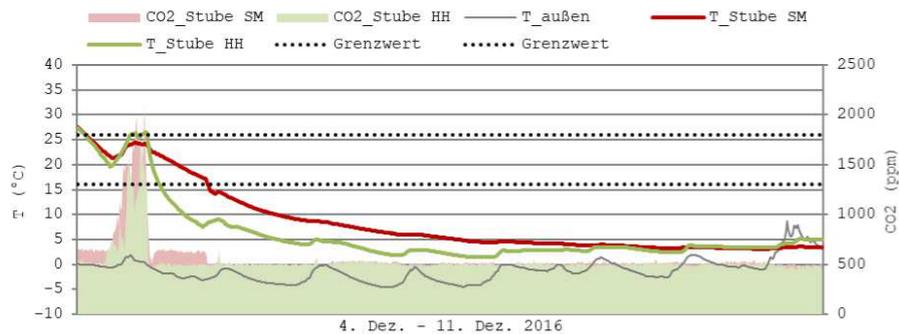


Abbildung 582: Verläufe von Temperatur und CO₂-Konzentration in den Stubenbereichen von Hanslerhof (HH) und Schwarzmayrhof (SM) während der Abkühlphase der Winter-Messperiode 2016/17 (4. – 11.12.2016)

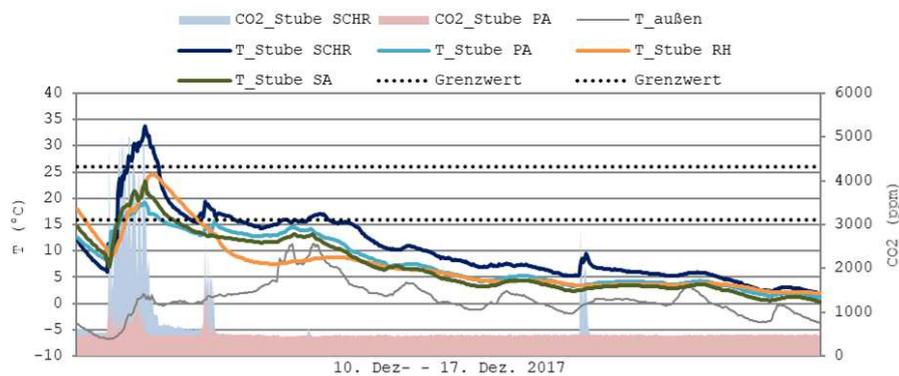


Abbildung 583: Verläufe von Temperatur und CO₂-Konzentration in den Stubenbereichen von Großschrotter (SCHR), Paule (PA), Rauchhaus (RH) und Säuerling (SA) während der Abkühlphase der Winter-Messperiode 2017/18 (10. – 17.12.2017)

Die CO₂-Konzentrationen in den rauchfreien Stuben des Hansler- und Schwarzmayrhofes erreichen Werte von 2169 ppm und 2237 ppm, in den Rauchstuben der Gehöftes Großschrotter und Paule werden bei offenen Herdfeuern Spitzenwerte von über 5000 ppm erreicht.

Raumtemperaturen ohne Raumkonditionierung an Eistagen

Während der Eistage (30.12.2016 und 19.12.2017) und bei durchschnittlichen Außentemperaturen von -5 °C (Winter-Messperiode 2016/17) und -5,3 °C (Winter-Messperiode 2017/18) liegen die durchschnittlichen Raumtemperaturen in den untersuchten unbeheizten Stubenbereichen zwischen -2,1 °C (Säuerling) und 1,7 °C (Schwarzmayrhof), die Temperaturschwankungen betragen 0,7 °C bis 1,6 °C. Die Innenraumtemperaturen liegen durchschnittlich um 3,3 °C bis 4 °C über den Außentemperaturen. In den Hohen Stuben von Schwarzmayrhof und Hanslerhof liegen die mittleren Raumtemperaturen jeweils 0,9 °C unter den Durchschnittswerten der ebenerdigen Stuben. Im nachfolgenden Diagramm sind die Temperaturverläufe in unkonditionierten Stubenbereichen und im Außenraum an den ausgewählten Eistagen dargestellt.

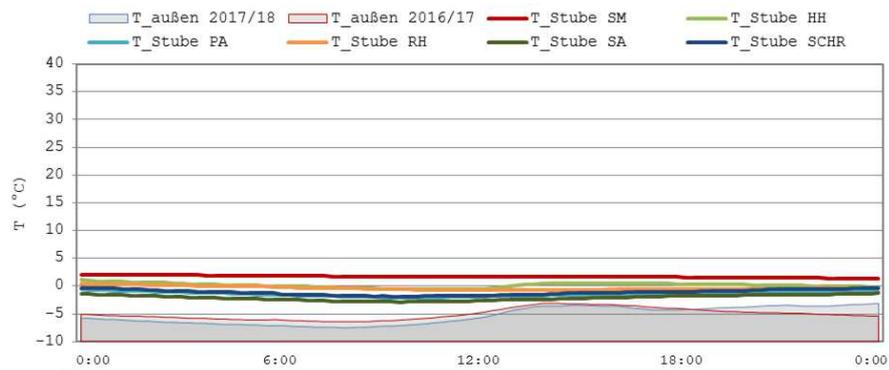


Abbildung 584: Temperaturverläufe in den unbeheizten Stubenbereichen von Schwarzmayrhof (SM), Hanslerhof (HH), Großschrotter (SCHR), Paule (PA), Rauchhaus (RH), Säuerling (SA) und im Außenraum an Eistagen 2016/17 und 2017/18

Oberflächentemperaturen

Ergänzend zu den Raumtemperatur- und Luftfeuchtheitsmessungen werden die Oberflächentemperaturen in den Wohnstuben im Bereich der Herrgottswinkel, den wichtigsten Kommunikations- und Verweilzonen der Gebäude, eruiert. Die Ergebnisse der in den Sommer- und Winterperioden durchgeführten thermographischen Aufzeichnungen werden nachfolgend beschrieben und dargestellt.

Oberflächentemperaturen in der Sommer-Messperiode

In der Sommer-Messperiode werden Oberflächentemperatur-Untersuchungen in allen Vergleichsobjekten am 8. August 2018 bei Sonnenhöchststand und einer Außentemperatur von 30,4 °C durchgeführt. (Die Innenraumtemperatur wird mit 21,1 °C angegeben, und entspricht dem Mittelwert der zeitgleich gemessenen Raumtemperaturen in den ebenerdigen Wohnbereichen der Objekte Brachhuber und Rauchhaus.)

Außen- und Innenraumtemperaturen während der thermographischen Messungen in der Sommer-Messperiode				
T_außen (°C)	T_Stube BR (°C)	T_Auzugstube BR (°C)	T_Stube RH (°C)	T_Auzugstube RH (°C)
30,4	21,2	20,9	20,1	22

Abbildung 585: Außen- und Innenraumtemperaturen in den Objekten Brachhuber (BR) und Rauchhaus (RH) zum Zeitpunkt der Oberflächentemperaturmessungen in der Sommer-Messperiode

Die mittleren inneren Oberflächentemperaturen betragen zwischen 20,5 °C (Brachhuber) und 23,4 °C (Säuerling). Die Höchsttemperatur von 27,1 °C wird im Gehöft Säuerling erreicht, der Tiefstwert von 19,3 °C wird im Gehöft Brachhuber gemessen. Die Differenzen zwischen den objektweise gemessenen Höchst- und Tiefstwerten der inneren Oberflächentemperaturen liegen zwischen 1,8 °C (Berglerhaus) und 5,2 °C (Säuerling). Die äußeren Oberflächentemperaturen betragen durchschnittlich 33,2 °C, und erreichen im Bereich der sonnenexponierten Südfassaden des Gehöftes Laarer einen Maximalwert von über 66 °C. Die thermographisch eruierten Oberflächentemperaturen in den Wohnstuben im Bereich der Herrgottswinkel sowie im Außenbereich sind in nachfolgender Tabelle aufgelistet.

Objekt	Innere Oberflächentemperaturen				Äußere Oberflächentemperaturen			
	$\bar{\theta}T$ (°C)	T_max (°C)	T_min (°C)	ΔT (°C)	$\bar{\theta}_T$ (°C)	T_max (°C)	T_min (°C)	$\Delta T_{\text{außen}}$ (°C)
Naglerhaus	21,6	22,5	20,2	2,3	31,8	34,3	28,7	5,6
Rauchhaus	21,5	24,4	19,9	4,5	40	51,3	29,8	21,5
Hanslerhof	22,8	24,5	20,9	3,6	29,1	29,9	27,3	2,6
Paule	21,65	22,8	20,5	2,3	30,5	33	28,7	4,3
Säuerling	23,4	27,1	21,9	5,2	38,2	59,1	33,5	25,6
Laarer	22,7	25,1	22	3,1	43,1	66,3	32,4	33,9
Schwarzmayr	22,2	23	20,3	2,7	26,1	28	23,5	4,5
Brachhuber	20,5	21,2	19,3	1,9	22	23,6	20,5	3,1
Großschrotter	22,05	23,1	21	2,1	44,9	56,9	29,2	27,7
Berglerhaus	21,2	21,9	20,1	1,8	26,2	27,8	23,8	4

Abbildung 586: Innere und äußere Oberflächentemperaturen im Bereich der Wohnstuben in der Sommer-Messperiode

Die Mittelwerte der inneren Oberflächentemperaturen sowie die errechneten Differenzen zwischen Maximal- und Tiefstwerten werden diagrammhaft dargestellt.

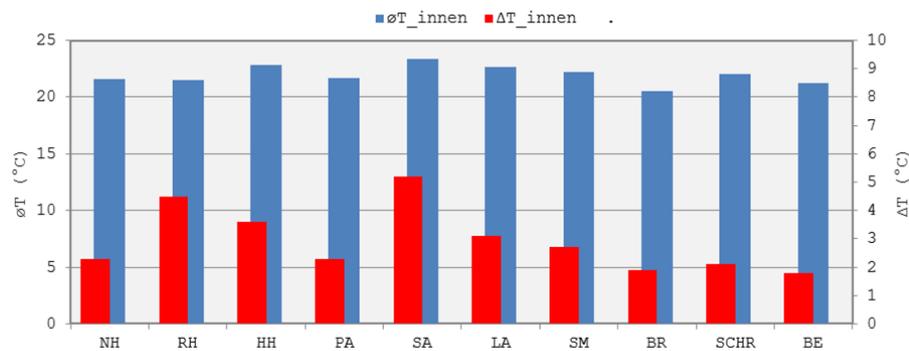


Abbildung 587: Mittelwerte und Oberflächentemperatur-Differenzen in den Wohnbereichen aller Vergleichsobjekte während der Sommer-Messperiode

Die Verteilungen der Oberflächentemperaturen an den Innen- und Außenseiten der untersuchten Stubenbereiche werden nachfolgend anhand von Photographien und thermographischen Aufzeichnungen dargestellt. (Die Temperaturskalenbereiche der Falschfarbendarstellungen liegen bei Innenraumansichten zwischen 19 °C und 30 °C, bei Außenansichten zwischen 20 °C und 60 °C.)

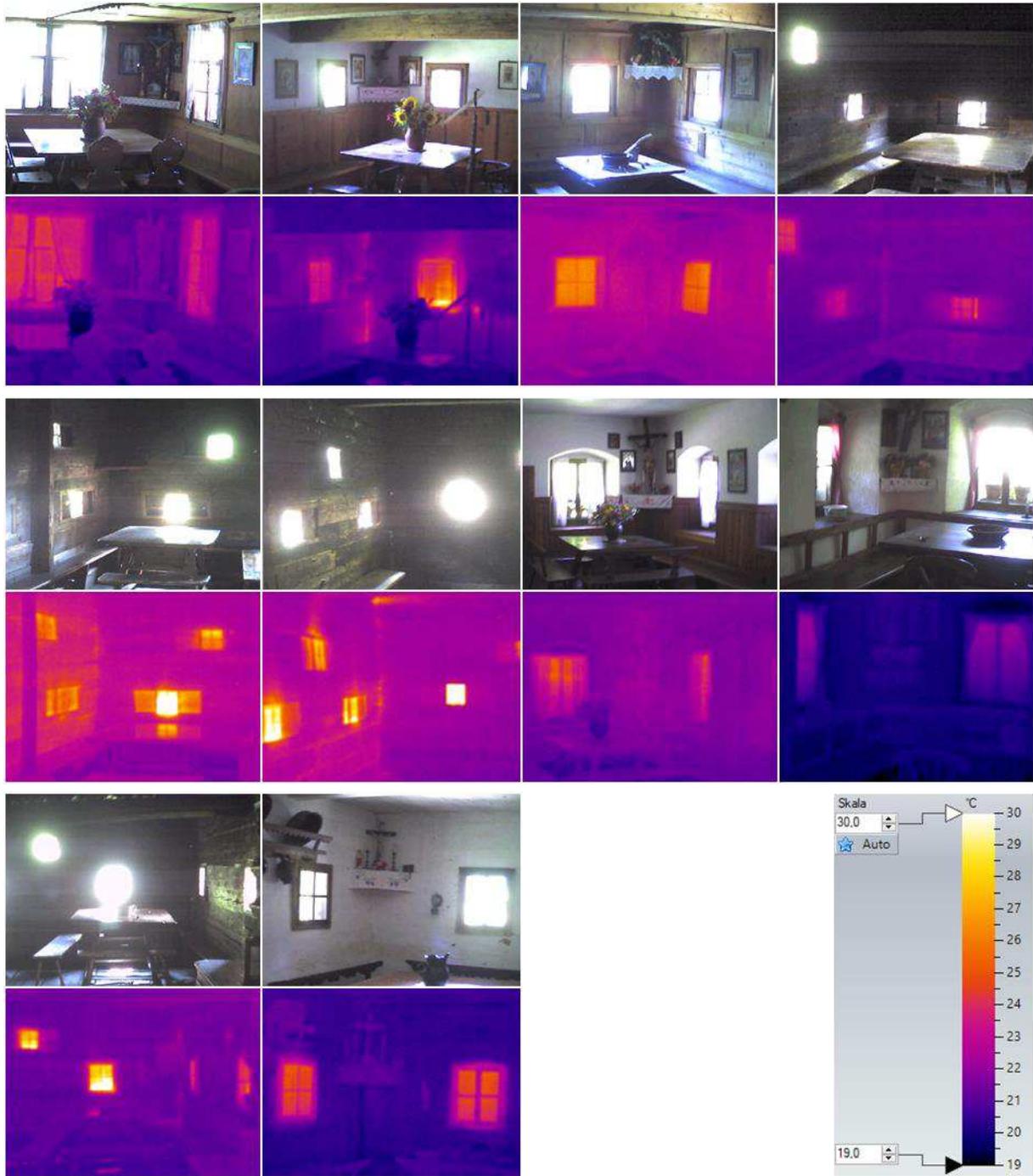


Abbildung 588: Stubenansichten und Falschfarbendarstellung der inneren Oberflächentemperaturen während der Sommer-Messperiode (Zeile 1: Naglerhaus, Hanslerhof, Rauchhaus, Paule; Zeile 2: Säuerling, Laarerhof, Schwarzmayrhof, Brachhuber; Zeile 4: Großschrotter, Berglerhaus)

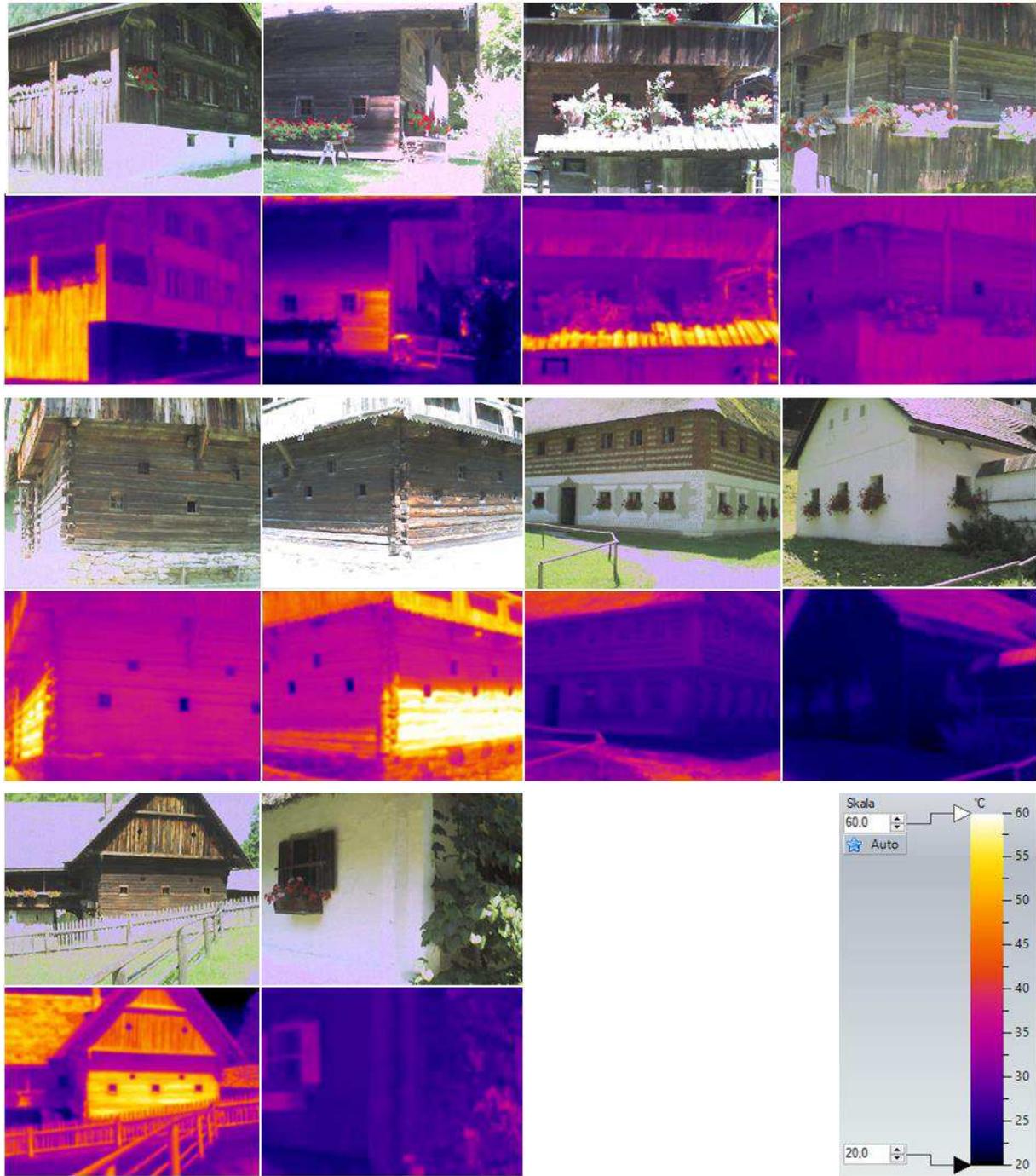


Abbildung 589: Außenansichten und Falschfarbendarstellung der äußeren Oberflächentemperaturen im Bereich der Stubenecke während der Sommer-Messperiode (Zeile 1: Naglerhaus, Hanslerhof, Rauchhaus, Paule; Zeile 2: Säuerling, Laarerhof, Schwarzmayrthof, Brachhuber; Zeile 4: Großschrotter, Berglerhaus)

Oberflächentemperaturen in der Winter-Messperiode

In der Winter-Messperiode werden Oberflächentemperatur-Untersuchungen in den Vergleichsobjekten Hanslerhof, Rauchhaus, Paule, Säuerling, Brachhuber und Großschrotter am 9. Dezember 2017 morgens (8:00 Uhr) bei bedecktem Himmel und Außentemperaturen von -0,1 °C durchgeführt. Die Innenraumtemperatur wird mit 10,9 °C angegeben, und ist als Durchschnittswert aus den zeitgleich gemessenen Raumtemperaturen in den ebenerdigen Wohnbereichen der Objekte Großschrotter, Paule, Rauchhaus und Säuerling errechnet.

Außen- und Innenraumtemperaturen während der thermographischen Messungen in der Winter-Messperiode				
T _{außen} (°C)	T _{Stube SCHR} (°C)	T _{Stube PA} (°C)	T _{Stube RH} (°C)	T _{Stube SA} (°C)
-0,1	10,1	9,9	12,5	11,1

Abbildung 590: Außen- und Innenraumtemperaturen in den Objekten Großschrotter (SCHR), Paule (PA), Rauchhaus (RH) und Säuerling (SA) zum Zeitpunkt der Oberflächentemperaturmessungen in der Winter-Messperiode

Die inneren Oberflächentemperaturen betragen im Durchschnitt zwischen 5,5 °C (Brachhuber) und 15,3 °C (Säuerling). Die Höchsttemperatur von 26,6 °C wird im Gehöft Säuerling erreicht, und liegt im Bereich des Rauchhimmels und damit jenem Raumabschnitt unterhalb der Stubendecke, in dem sich der Rauch des Herdfeuers sammelt. Der gemessene Wert nimmt daher auch auf die Oberflächentemperaturen von Rauchpartikeln Bezug. Der Tiefstwert von -0,1 °C wird im Gehöft Paule im Bodenbereich der Kachelstube gemessen. Die Differenzen zwischen den objektweise gemessenen Höchst- und Tiefstwerten der inneren Oberflächentemperaturen liegen zwischen 4,3 °C (Brachhuber) und 25,1 °C (Säuerling). Die äußeren Oberflächentemperaturen betragen zwischen 2,6 °C und 0,7 °C. Die thermographisch eruierten Oberflächentemperaturen in den Wohnstuben im Bereich der Herrgottswinkel sowie im Außenbereich sind in nachfolgender Tabelle aufgelistet.

Objekt	Innere Oberflächentemperaturen				Äußere Oberflächentemperaturen			
	øT (°C)	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	ΔT (°C)	øT (°C)	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	ΔT (°C)
Naglerhaus	x	x	x	x	x	x	x	x
Hanslerhof	8	12,4	1,4	11	-0,7	0,3	-3	3,3
Rauchhaus	10,4	13	2,6	10,4	-0,9	0,1	-2,1	2,2
Paule	6,85	9,8	-0,1	9,9	-1,9	-0,9	-2,3	1,4
Säuerling	15,3	26,6	1,5	25,1	-1,3	0,3	-2,5	2,8
Laarer	x	x	x	x	x	x	x	x
Schwarzmayr	x	x	x	x	x	x	x	x
Brachhuber	5,5	6,2	1,9	4,3	-2,6	-1,1	-3,4	2,3
Großschrotter	10,6	21	2,7	18,3	-2,5	-1,4	-3,6	2,2
Berglerhaus	x	x	x	x	x	x	x	x

Abbildung 591: Innere und äußere Oberflächentemperaturen im Bereich der Wohnstuben in der Winter-Messperiode

Die Mittelwerte der inneren Oberflächentemperaturen sowie die errechneten Differenzen zwischen Maximal- und Tiefstwerten werden diagrammhaft dargestellt.

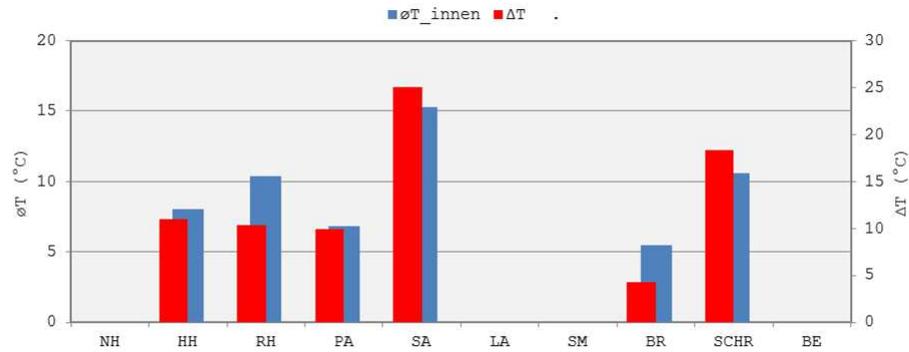


Abbildung 592: Mittelwerte und Oberflächentemperatur-Differenzen in den Wohnbereichen der Objekte Hanslerhof (HH), Rauchhaus (RH), Paule (PA), Säuerling (SA), Brachhuber (BR) und Großschrotter (SCHR) während der Winter-Messperiode

Die Verteilungen der Oberflächentemperaturen an den Innen- und Außenseiten der untersuchten Stubenbereiche werden nachfolgend anhand von Photographien und thermographischen Aufzeichnungen dargestellt. (Die Temperaturskalenbereiche der Falschfarbendarstellungen liegen bei Innenraumansichten zwischen 0 °C und 20 °C, bei Außenansichten zwischen -5 °C und 5 °C.)

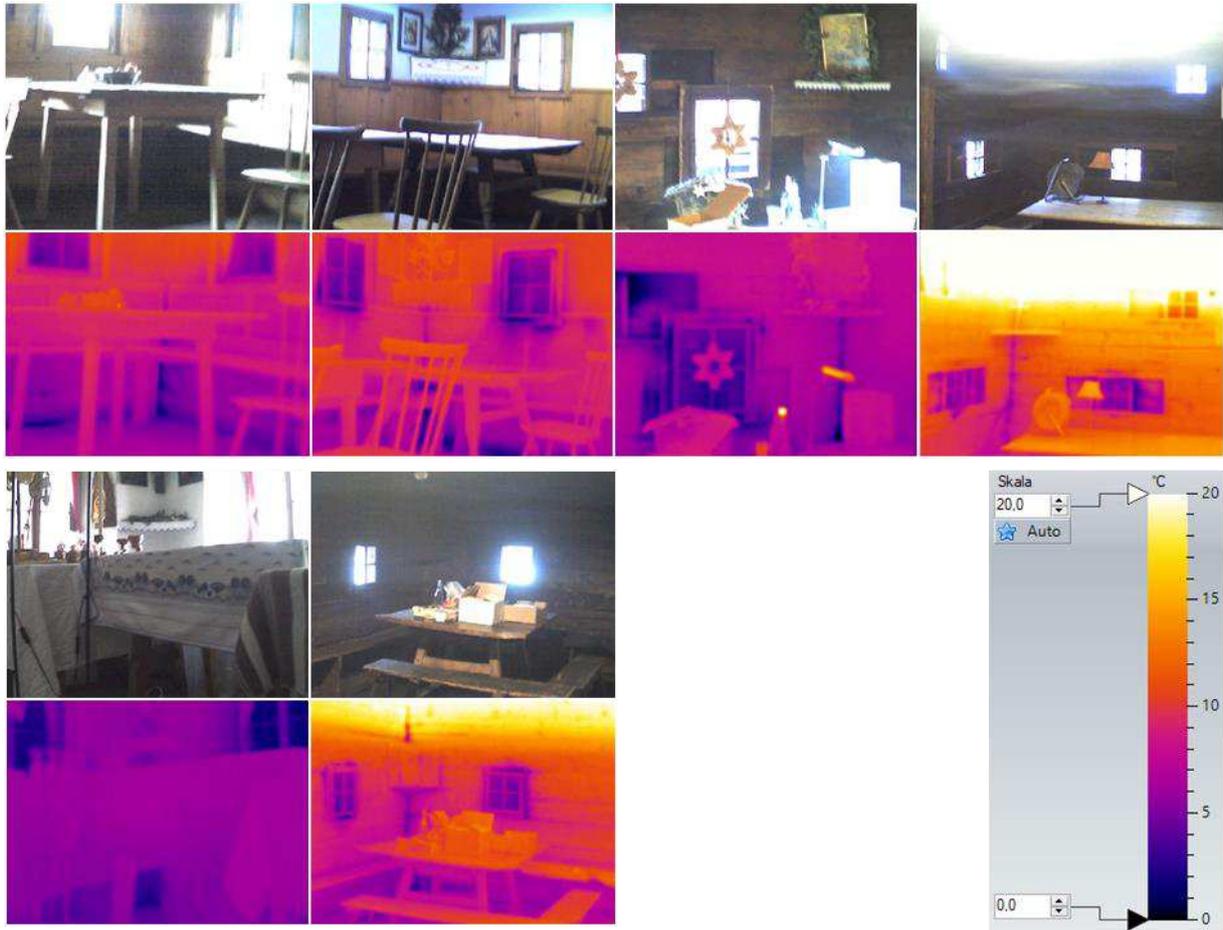


Abbildung 593: Stubenansichten und Falschfarbendarstellung der inneren Oberflächentemperaturen während der Winter-Messperiode (Zeile 1: Hanslerhof, Rauchhaus, Paule, Säuerling; Zeile 2: Brachhuber, Großschrotter)

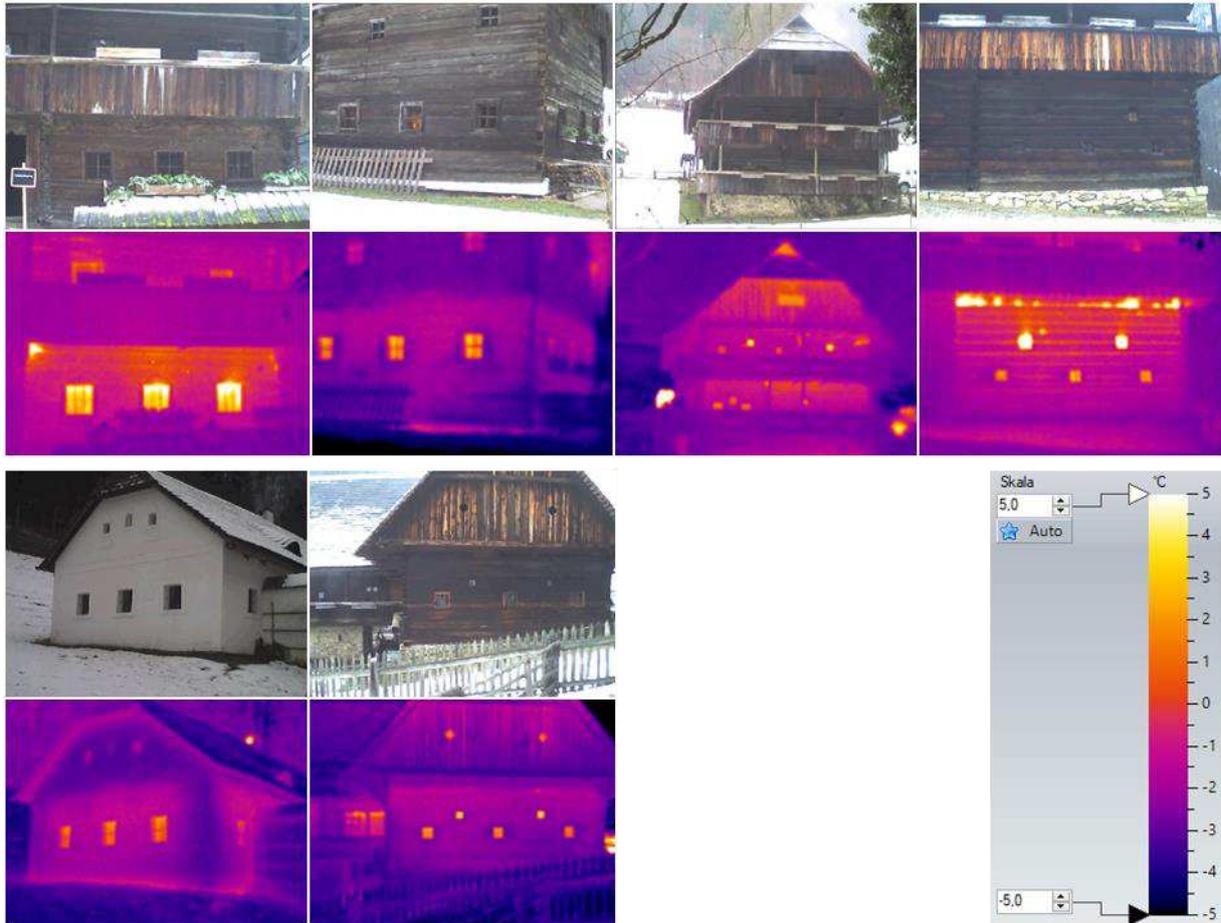


Abbildung 594: Außenansichten und Falschfarbendarstellung der äußeren Oberflächentemperaturen im Bereich der Stuben während der Winter-Messperiode (Zeile 1: Hanslerhof, Rauchhaus, Paule, Säuerling; Zeile 2: Brachhuber, Großschrotter)

Belichtungsverhältnisse

Die im Rahmen der Gebäudeportraits beschriebenen Ergebnisse von Untersuchungen der in den Stubenbereichen vorherrschenden Belichtungsverhältnisse werden nachfolgend vergleichend gegenübergestellt. Die den Lichteintrags-Berechnungen zugrunde gelegten und jeweils bei bedecktem Himmel zur Mittagszeit vorherrschenden Außenbeleuchtungsstärken betragen im Dezember 6890 lx, im März bzw. September bei 14200 lx und im Juni 19400 lx. Im Dezember liegen die durchschnittlichen inneren Beleuchtungsstärken auf horizontaler Messebene im Wertebereich von 4,9 lx (Laarerhof) und 69 lx (Naglerhaus), und betragen im Juni zwischen 14,2 lx (Laarerhof) und 200 lx (Naglerhaus). Die im Juni in fensternahen Raumbereichen errechneten Maximal-Beleuchtungsstärken betragen zwischen 93,2 lx (Säuerling) und 1050 lx (Naglerhaus). Die in den untersuchten Wohnstuben auf jeweils horizontaler Messebene ermittelten Durchschnitts- und Höchstwerte der inneren Beleuchtungsstärke sind in nachfolgender Tabelle aufgelistet.

Vergleichende bauklimatische Gebäudeanalysen

Objekt	Mittlere Beleuchtungsstärke (lx)					Maximalbeleuchtungsstärke (lx)				
	Dezember	März	Juni	September	Dezember	Dezember	März	Juni	September	Dezember
Naglerhaus	69	148	200	148	69	360	776	1050	776	360
Hanslerhof	39	79	108	79	39	116	238	326	238	116
Rauchhaus	46	96	132	96	46	191	394	539	394	191
Ringhof Paule	7,1	15	21	15	7,1	47,7	100	139	100	47,7
Säuerling	7	15	20,3	15	7	32	69	93,2	69	32
Laarerhof	4,9	10,5	14,2	10,5	4,9	33,1	71,52	96,6	71,52	33,1
Schwarzmayrhof	63	134	185	134	63	178	374	518	374	178
Brachhuber	33,3	73	100	73	33,3	96	208	284	208	96
Großschrotter	12	25	35	25	12	133	233	318	233	133
Berglerhaus	18,6	38	52	38	18,6	55,8	115	157	115	55,8

Abbildung 595: Simulierte Durchschnitts- und Maximalbeleuchtungsstärken auf horizontaler Messebene in den Stufenbereichen aller Untersuchungsobjekte zu unterschiedlichen Jahreszeiten

Die jahreszeitlichen Abfolgen der mittleren Beleuchtungsstärken im Innen- und Außenraum werden zusätzlich diagrammhaft verdeutlicht.

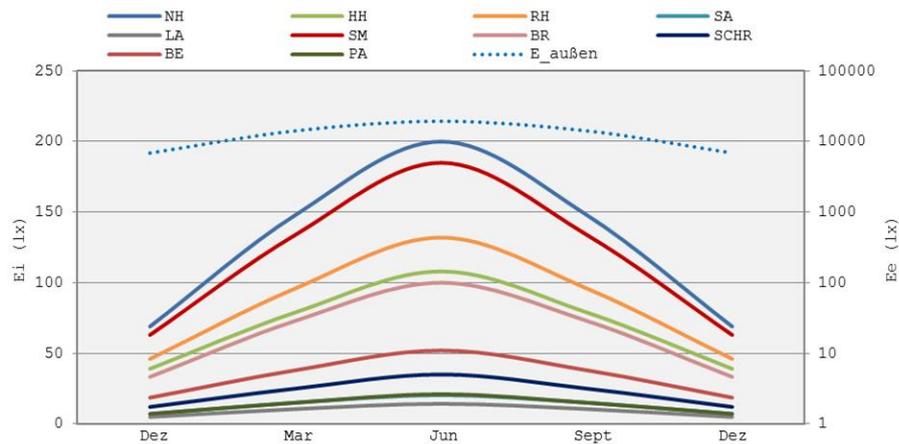


Abbildung 596: Durchschnittliche, mittägliche Beleuchtungsstärken auf jeweils horizontaler Messebene in den Stufenbereichen aller Vergleichsobjekte und im Außenraum zu unterschiedlichen Jahreszeiten

Die in allen zehn Stubenbereichen durch Computersimulation eruierten mittleren Tageslichtquotienten liegen im Wertebereich von 0,07 % und 1,05 %. Die geringsten Werte von 0,07 % bis 0,18 % werden für die Rauchstuben der Objekte Laarerhof, Paule, Säuerling und Großschrotter errechnet, der höchste mittlere Tageslichtquotient beträgt 1,05 %, und wird im Naglerhaus erreicht. Die Stubenansichten und die Darstellungen der Tageslichtquotient-Verteilungen in Form von Falschfarbendiagrammen werden nachfolgend gegenübergestellt.

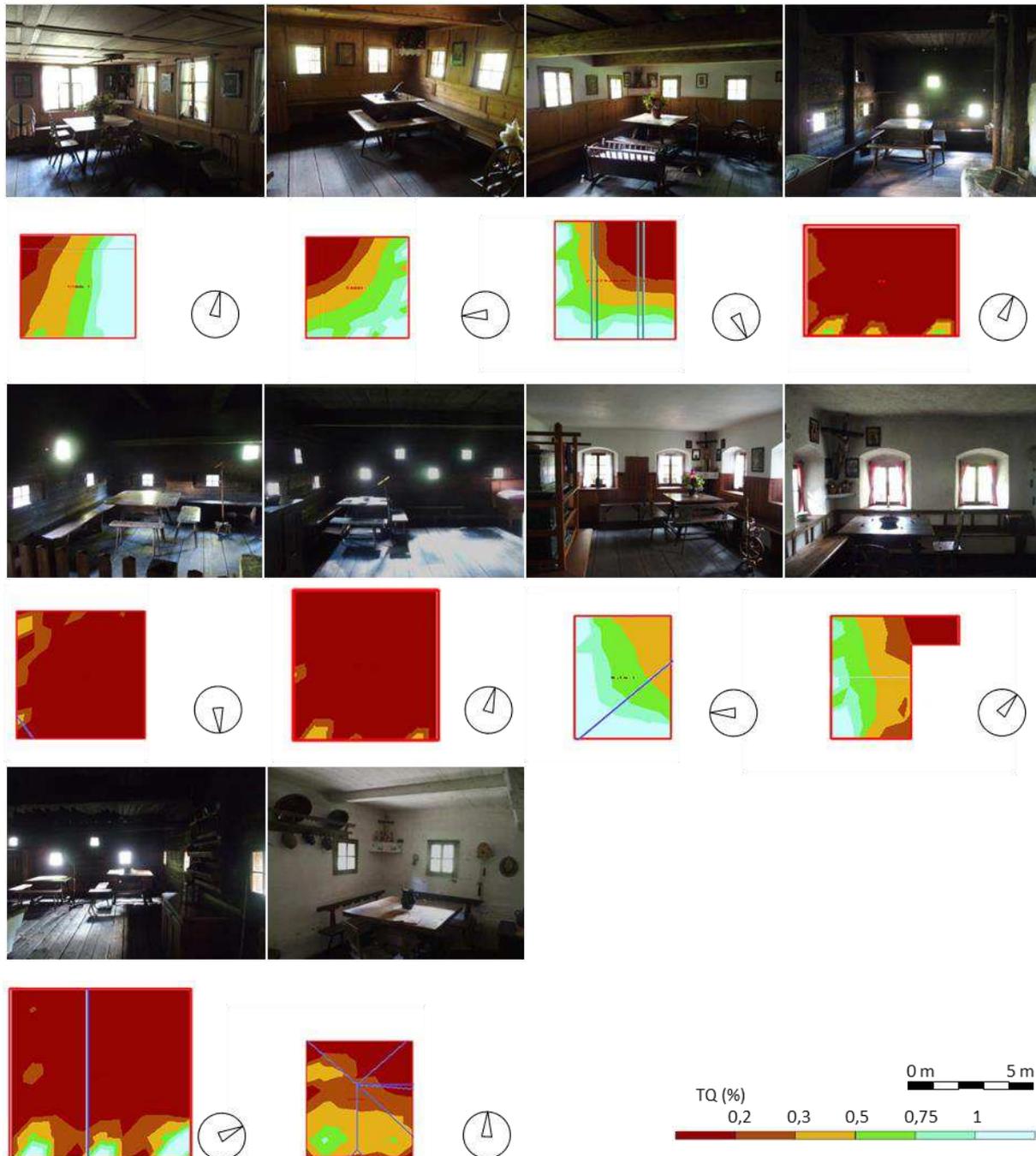


Abbildung 597: Stubenansichten und Falschfarbendarstellungen der Tageslichtquotient-Verteilungen auf horizontalen Messebenen 85 cm über Fußbodenniveau bei angegebener Raumausrichtung (Zeile 1: Naglerhaus, Hanslerhof, Rauchhaus, Paule; Zeile 2: Säuerling, Laarerhof, Schwarzmayrhof, Brachhuber; Zeile 4: Großschrotter, Berglerhaus)

Die auf Basis von Beleuchtungsstärkemessungen im Stuben- und im Außenbereich der Untersuchungsobjekte errechneten Tageslichtquotient-Mittelwerte liegen um durchschnittlich 46 % unter den durch Computersimulation erzielten Ergebnissen. Die Unterschiede sind durch den Geländeeinfluss im Museumstal und die im Vergleich zur Helligkeit des bedeckten Himmels verminderte Oberflächenleuchtdichten der umgebenden Waldvegetation erklärbar. Dazu kommen individuelle, lichtabschattende Ausstattungselemente wie Vorhänge, Raumdekorationen, außenseitiger Fassadenbewuchs etc., die in den Simulationsmodellen nicht berücksichtigt sind.

Bei einer angenommenen Himmelshelligkeit von 4100 cd/m^2 (Berechnungsannahme 21.3. 12:00 Uhr) liegen die simulierten Leuchtdichten der inneren Raumbooberflächen des vom Stubeneingang aus betrachtet Herrgottswinkels im Wertebereich von 0 cd/m^2 bis 50 cd/m^2 . In den untersuchten Rauchstuben liegen die Maximalwerte unter 10 cd/m^2 , und erreichen in den getäfelten bzw. verputzten Stubenbereichen Höchstwerte von 20 cd/m^2 bis 50 cd/m^2 . Die inneren Wandleibungsflächen der Stubenfenster der Gehöfte Schwarzmayrhof und Brachhuber erreichen Werte von 250 cd/m^2 bzw. 200 cd/m^2 . Für die Darstellung der visuellen Raumeindrücke werden die Ergebnisse der Leuchtdichtesimulationen in den Herrgottswinkel als Falschfarbendarstellungen mit vereinheitlichter Werteskala von 5 cd/m^2 bis 20 cd/m^2 gegenübergestellt.

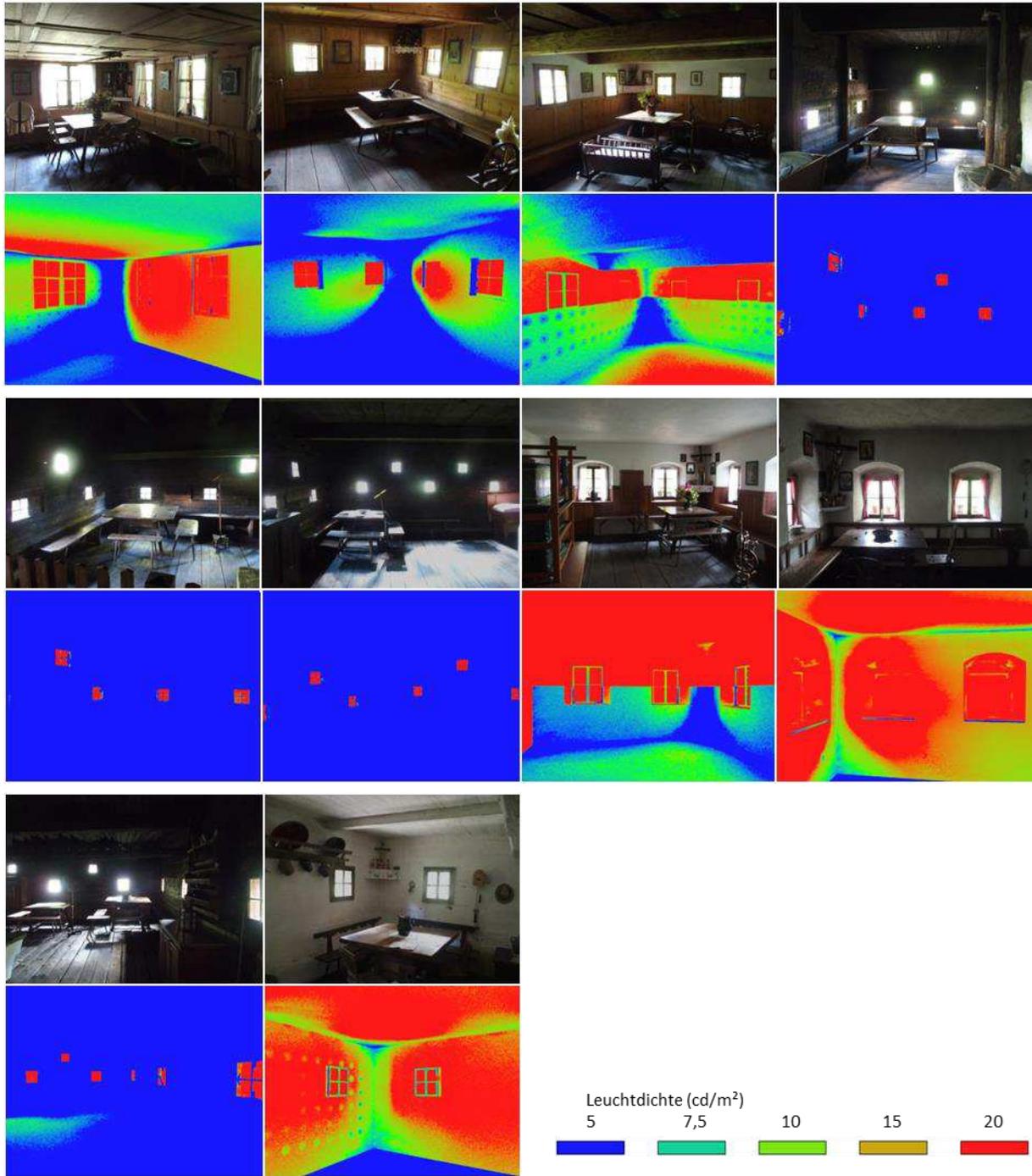


Abbildung 598: Stubenansichten und Falschfarbendarstellung der Helligkeitsverteilungen (Zeile 1: Naglerhaus, Hanslerhof, Rauchhaus, Paule; Zeile 2: Säuerling, Laarerhof, Schwarzmayrhof, Brachhuber; Zeile 4: Großschrotter, Berglerhaus)

6.3.3 Matrix: datenbasierte Gebäude- und Standortvergleiche

In der nachfolgend dargestellten Matrix sind insgesamt 52 Vergleichsparameter der zehn ausgewählten Untersuchungsobjekte in Bezug auf ihre Errichtungszeit, die klimatischen Eigenschaften ihrer Standorte, Baukörpergeometrien, Energiekennzahlen und belichtungsrelevante Gebäudecharakteristika angeführt. Durch Farbcodierung werden die Bandbreiten der jeweiligen Parameter erkennbar gemacht (Maximalwert: Rot, Mindestwert: Blau) bzw. können durch unterschiedliche Farbverläufe Ähnlichkeiten und Gemeinsamkeiten von Gebäuden und Standorten des Objektsamples in Bezug auf ihre bauklimatisch relevanten Eigenschaften abgelesen werden.

Die Datenstruktur ist mit Gebäudeparametern aus weiteren bzw. zukünftigen Analysen historischer Objekte fortlaufend erweiterbar. Mit ihrem Aufbau ist eine Grundlage geschaffen, um die bauklimatisch relevanten Eigenschaften des historischen, anonymen Gebäudebestandes in Österreich und darüber hinaus zu dokumentieren. Durch Filterung bzw. Datenreihung nach unterschiedlichen Kriterien können Zusammenhänge zwischen Gebäudeeigenschaften und Umgebungsparameter abgelesen und vergleichend gegenübergestellt werden.

					Nahglerhaus	Hanslerhof	Rauchhaus	Ringhof Paule	Säuerling	Laarehof	Schwarzmayrhof	Brachhuber	Großschrotter	Berglerhaus
			Abkürzung	Einheit	NH	HH	RH	PA	SA	LA	SM	BR	SCHR	BE
1.1	Zeit	Errichtungsjahr	-	-	1819	1660	1629	1690	1582	1718	1735	1827	1690	1800
1.2		Temperaturabweichung*	ΔT	°C	-0,58	-0,56	-0,56	-0,56	-0,52	-0,36	-0,36	-0,58	-0,56	-0,36
2.1	Klimabedingungen	Seehöhe	SH	m	674	1000	440	1164	1200	1300	300	920	552	320
2.2		Geographische Länge	-	Grad	9,9	11,95	12,98	13,86	13,95	14,2	14,4	14,9	15,15	16,26
2.3		Geographische Breite	-	Grad	47,4	47,39	47,8	46,88	47,09	47,32	48,01	48,49	47,11	47,04
2.4		Globalstrahlung	G	kWh/m²a	1188	1221	1116	1221	1222	1189	1146	1118	1183	1174
2.5		Direktstrahlungsanteil	D	%	43,6	45,4	39,1	45,4	46,1	44,3	39,8	39,2	41,3	41,2
3.1		Ø Jahrestemperatur (aktuell)	ØT _{aktuell}	°C	5,6	6,5	9,0	3,3	4,9	5,8	8,6	6,6	8,2	9,1
3.2		Ø Jahrestemperatur (historisch)	ØT _{historisch}	°C	5,1	5,9	8,4	2,7	4,4	5,4	8,2	6,0	7,6	8,8
3.3		Heizgradtage (aktuell)	HGT _{aktuell}	-	4464	4087	3370	5518	4629	4455	3478	4166	3563	3327
3.4		Heizgradtage (historisch)	HGT _{historisch}	-	4754	4385	3616	5988	4870	4660	3638	4437	3823	3480
3.5		Jahresniederschlag	N	mm/m²a	1908	1235	1184	1148	992	1162	1178	667	921	729
3.6	Maximale Schneedecke	SCH	cm/m²	200	112	47	220	100	100	48	47	95	57	
3.7	Windgeschwindigkeit	v	m/s	1,5	1,5	2,4	2,9	1,9	2	1,4	1,4	1,2	1,6	
3.8	Kalmenanteil	cal (v < 0,5 m/s)	%	12,7	16,9	6,2	10,1	2,5	18,3	33,5	26,1	65,4	34,6	
4.1	Baukörpereigenschaften	Hoftypus**	-	-	1	1	1	2	1	2	3	3	1	1
4.2		Dachneigung	-	Grad	22	18	27	45	43	38	50	44	50	48
4.3		Gesamtvolumen***	V _{ges}	m³	1500	1642	1443	1056	2489	1278	3570	1764	1775	427
4.4		Kubatur des Wohnbereiches	V _w	m³	367	590	258	651	579	864	698	289	508	138
4.5		Anzahl der Wohnstockwerke	-	-	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
4.6		Wohnnutzfläche	A	m²	150	226	91	208	169	292	176	67	172	46
4.7		Anzahl der dem Wohnbereich zugehörigen Räume	-	-	9	11	5	11	10	10	8	5	6	3
4.8		Mittlere Raumgröße	A	m²	16,7	20,5	18,2	18,9	16,9	29,2	22,0	13,4	28,7	15,3
4.9		Anzahl der Feuerstellen	-	-	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2
4.10		Wohnnutzfläche / Anzahl der Feuerstellen	-	m²	75	113	46	69	56	97	88	34	86	23
4.11		Wandbauweise****	-	-	1	1	3	1	1	1	2	2	2	2
4.12		Charakteristische Länge des Wohnbereiches	lc	m	1,03	1,24	0,85	1,29	1,32	1,43	1,22	0,88	0,9	0,71
4.13		Außenraumexposition	-	%	30	32	27	40	37	46	34	32	33	39
4.14		Σ Fensterfläche / Außenfassadenfläche (window-to-wall-ratio)	WWR	%	16,5	3,9	5,2	2	2,3	2,1	7	3	2,3	2,2
5.1	Energiekennzahlen	Ø Wärmetransmissionskoeffizient	U-Wert	W/m²K	0,9	0,99	1,26	1,05	0,92	0,94	1,85	1,48	0,87	0,97
5.2		Referenz-Heizwärmebedarf	HWB _{rk}	kWh/m²a	168,0	170,7	306,9	208,9	178,0	158,8	382,9	428,0	238,1	322,4
5.3		Standortklima-bezogener Heizwärmebedarf	HWB _{sk}	kWh/m²a	201,2	239,2	347,3	306,3	259,2	230,0	404,9	592,6	282,7	341,8
5.4		Standortklima-bezogener Heizwärmebedarf, bauteiloptimiert	HWB _{sk,opt}	kWh/m²a	142,4	168,9	0,0	0,0	190,7	0,0	319,8	460,6	228,4	261,9
5.5		Relative Heizwärmebedarfs-Reduktion durch Bauteiloptimierung	-	%	29	29	0	0	26	0	21	22	19	23
5.6		Errichtungszeitbezogener Heizwärmebedarf	HWB _{sk,hist}	kWh/m²a	218	246	361	325	277	243	431	610	289	369
5.7		Relative Abweichung des errichtungszeit-bezogenen Heizwärmebedarfs	-	%	8	3	4	6	7	6	7	3	2	8
5.8		Aktuell Heizwärmebedarfs-Anforderung	HWB _{rk,erf}	kWh/m²a	72,0	63,3	82,8	61,7	60,8	57,7	64,0	80,7	79,3	94,9
6.1	Fenster und Raumbelichtung	Anzahl der Fenster des Wohnbereiches	-	-	14	26	16	31	26	37	24	8	29	6
6.2		Σ Fensterfläche des Wohnbereiches	A	m²	12,37	5,9	4,41	4,29	3,9	5,93	13,88	3,01	4,36	1,73
6.3		Σ Fensterfläche / Wohnnutzfläche	-	%	8,0	2,6	4,9	2,1	2,3	2,0	7,9	4,4	2,5	3,7
6.4		Ø Fenstergröße der Wohnbereichsfenster	A	m²	0,88	0,22	0,28	0,14	0,15	0,17	0,58	0,38	0,15	0,29
6.5		Anzahl der Fenster / Raumanzahl des Wohnbereiches	-	-	1,5	2,4	3,2	3,4	2,6	3,5	3	1,6	4,8	2
6.6		Nutzfläche des Stubenbereiches (Hauptwohnraum)	A	m²	24,69	22,48	27,97	34,5	31,5	40,25	24,7	24,57	53,8	25,15
6.7		Anzahl der Fenster im Stubenbereich	-	-	5	6	6	8	10	10	5	4	9	4
6.8		Σ Fensterfläche des Stubenbereiches	A	m²	4,5	2,0	1,5	0,6	0,7	0,7	3,0	1,6	1,2	1,2
6.9		Σ Stubenfensterfläche / Stubennutzfläche	-	-	18,1	9,07	5,3	1,6	2,14	1,7	12,13	6,51	2,2	4,61
6.10		Ø Fenstergröße der Stubenfenster	A	m²	0,9	0,34	0,25	0,07	0,07	0,07	0,6	0,4	0,13	0,29
6.11		Ø Tageslichtquotient auf Nutzebene*****	TQ	%	1,05	0,56	0,68	0,11	0,11	0,07	0,97	0,51	0,18	0,27
6.12		Ø Beleuchtungsstärke auf Nutzebene*****	E	lx	139	75	91	14	14	12	127	69	24	36
6.13		Raumhöhe	h	m	1,9	2,13	2,14	2,82	2,85	2,63	2,48	2,48	2,61	2,47
6.14		Maximale Raumtiefe	t	m	4,90	4,63	5,41	6,52	5,80	6,75	5,62	5,60	7,30	5,30
6.15		Ø Oberflächenreflexion	ρ	%	15,5	21,03	23	7,6	7,8	7,8	37,6	46,5	7,8	60,8

* Differenz zwischen dem Temperaturmittelwert der Referenzperiode 1971 - 2000 und der Durchschnittstemperatur im Jahrhundert der Gebäudeerrichtung in Europa (nach Mauelshagen 2010)

** Einhof 1, Paarhof 2, Mehseithof 3

*** Volumen über Fußbodenniveau EG

**** Holzbauweise 1, Mauerbauweise 2, Gemischt 3

***** 85 cm über Fußbodenniveau

Abbildung 599: Matrix mit Vergleichsparametern der untersuchten Objekte in Bezug auf Errichtungszeit, klimatischen Standorteigenschaften, Baukörpergeometrien, Energiekennzahlen und belichtungsrelevante Gebäudecharakteristika

Auf Basis der durch Messungen, Berechnungen und Simulationen erhobenen und aufbereiteten Daten werden die bauklimatischen Potenziale und Charakteristika der untersuchten Gebäude quantifiziert und verglichen. Die Datenanalyse erfolgt dabei in drei Abschnitten:

Schritt 1	Vergleichende Gebäudeanalyse	Gegenüberstellung der quantifizierbaren geometrischen und bauklimatisch relevanten Gebäudeeigenschaften zur Hervorhebung von Gemeinsamkeiten und Unterschieden innerhalb des Untersuchungssamples
Schritt 2	Gegenüberstellung von Gebäude- und Klimacharakteristika	Analyse der an den Objektstandorten vorherrschenden Klimafaktoren und -elemente sowie Vergleiche und Gegenüberstellungen von bauklimatisch relevanten Gebäudecharakteristika im Kontext klimatischer Standortverhältnisse
Schritt 3	Gebäudebetrachtungen im Kontext des historischen Klimawandels	Untersuchungen von Objekteigenschaften im klimageschichtlichen Kontext ihrer jeweiligen Errichtungszeit.

Abbildung 600: Arbeitsschritte für die vergleichenden Objektanalyse

Vergleichende Gebäudeanalyse

Im Rahmen der vergleichenden Objektanalysen wird zunächst auf Baukörperdimensionen und Nutzflächenausdehnungen der Gebäude sowie auf Besonderheiten ihres Erscheinungsbildes wie den Dachformen und -neigungen Bezug genommen. Daran anschließend werden bauklimatisch relevante Eigenschaften wie die charakteristischen Längen l_c der Wohntrakte und deren Außenraumexpositionen untersucht. Analysen der Gebäudeenergieeffizienz stützen sich auf die Ergebnisse von Berechnungen der Heizwärmebedarfe und Wärmeschutzeigenschaften der Gebäudehüllen. Quantifizierungen und Vergleiche lichtrelevanter Raumeigenschaften erfolgen auf Basis der Ergebnisse von Lichteintrags- bzw. Tageslichtquotient-Berechnungen, Ermittlungen der Lichtreflexionseigenschaften von Raumbooberflächen sowie den Arten der Raumbefensterung und Dimensionierungen von Fassadenöffnungen.

Volumina und Flächen

Mit einem Gesamtvolumen von 3570 m³ ist der Vierkanthof Schwarzmayr das größte Vergleichsobjekt und damit um das 8,3-Fache größer als das Berglerhaus, das mit einem umbauten Raum von 427 m³ kleinste der untersuchten Gebäude. Mit Kubaturen von 1443 m³ bis 1775 m³ weisen die Gehöfte Rauchhaus, Naglerhaus, Hanslerhof, Brachhuber und Großschrotter ähnliche Größen auf. Etwas kleiner sind die Wohnspeichergebäude des Laarerhofes und des Ringhofes Paule, deren separat stehende Wirtschaftstrakte jedoch nicht in die Gesamtvolumenermittlung einbezogen sind. Mit einem Volumen von 864 m³ weist der Laarerhof die größte, das Berglerhauses mit 138 m³ die kleinste Wohnbereichs-Kubatur auf. Eine ähnliche Reihung ergibt sich auch bei der Größe der Wohnnutzflächen. Diese erreicht im Laarerhof mit 292 m² einen Höchstwert, die geringste Quadratmeteranzahl von 46 m² ist beim Berglerhaus gegeben. Vergleichsweise ähnliche Nutzflächengrößen von 150 m² bis 176 m² lassen sich für die Objekte Naglerhaus, Säuerling, Großschrotter und Schwarzmayrhof ermitteln.

In folgender Scorecard werden die Gesamtvolumina der Gehöfte und die Kubaturgrößen ihrer Wohntrakte gereiht nach deren Größe gegenübergestellt. Diesen werden wiederum gemeinsam mit den jeweiligen Wohnnutzflächen diagrammhaft dargestellt.

Vergleichende bauklimatische Gebäudeanalysen

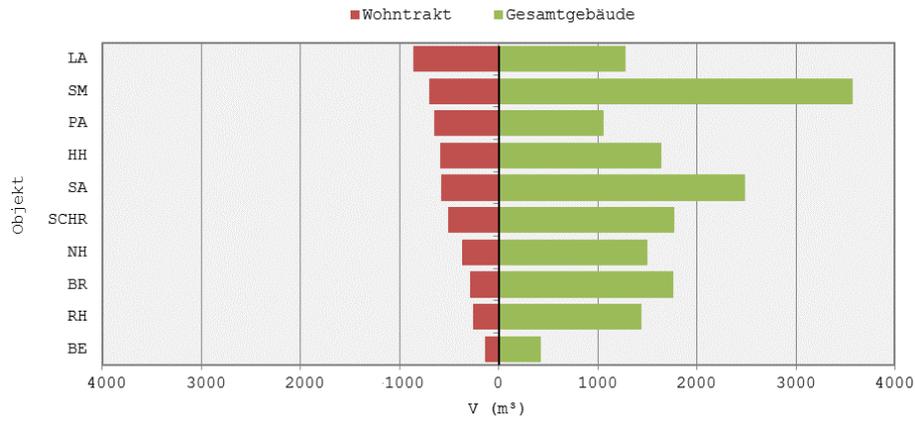


Abbildung 601: Gegenüberstellung der Gesamtgebäude- und Wohnbereichskubaturen, gereiht nach Größe des umbauten Wohnraumes

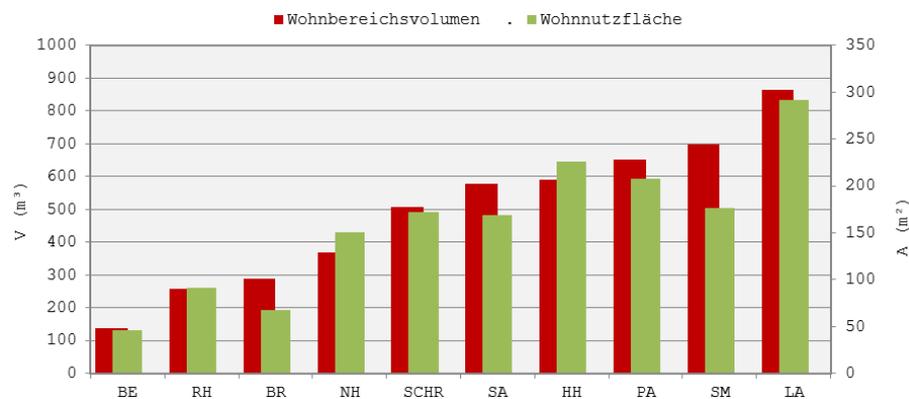


Abbildung 602: Größendarstellungen der Wohnbereichsvolumina und -nutzflächen, gereiht nach Größe des umbauten Wohnraumes

Dachformen

Die Satteldächer der drei westlich gelegenen Vergleichsobjekte Naglerhaus, Hanslerhof und Rauchhaus weisen Neigungswinkel von 18 Grad bis 26,5 Grad auf. Die östlich davon gelegenen Gebäude haben Schopf- bzw. Walmdächer mit Böschungswinkel zwischen 38 Grad und 50 Grad. Die steilsten Neigungswinkel treten an den Objekten Großschrotter und Schwarzmayrhof auf. Dachaufsteilungen von 30 Grad bis 36 Grad fehlen innerhalb des Gebäudesamples, wodurch die aus der Fachliteratur entnommenen Angaben in Bezug auf die Seltenheit dieser Art der Dachausbildung unterstrichen werden. (Siehe Kapitel 5.3.4)

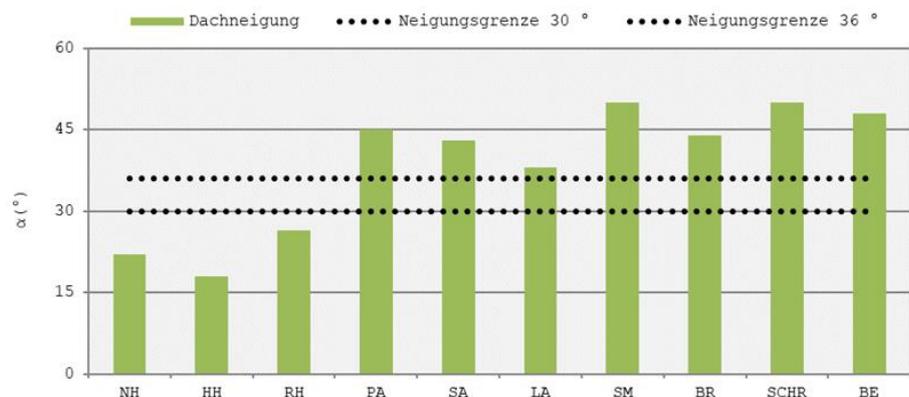


Abbildung 603: Dachflächen-Neigungswinkel, gereiht nach geographischer Objektlage von West nach Ost

Kompaktheit

Die Kompaktheit bzw. charakteristischen Längen der Wohnkubaturen betragen zwischen 0,71 m und 1,43 m. Das Berglerhaus weist dabei die geringste, das Wohnspeicherhaus des Laarerhofes die größte Kompaktheit auf. Die l_c -Werte verdoppeln sich demnach innerhalb der Objektauswahl, die Nutzflächen bzw. Wohnbereichs-Volumina vergrößern sich circa um den Faktor Sechs.

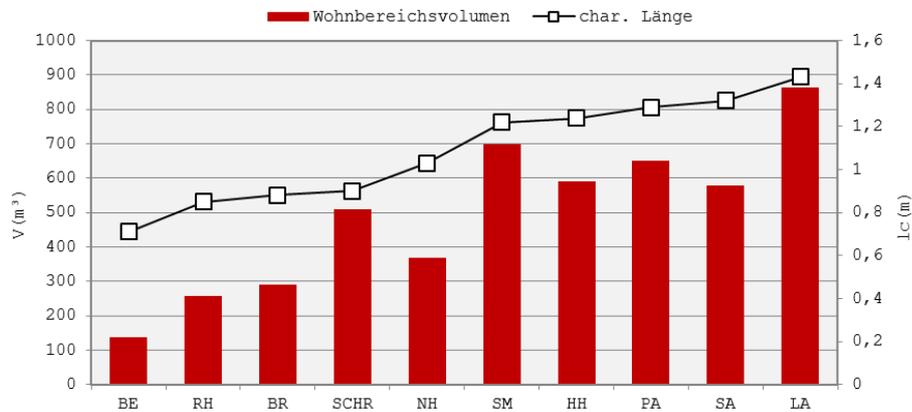


Abbildung 604: Gegenüberstellung von Kompaktheit bzw. charakteristischer Länge mit den Volumina der Wohnbereiche, gereiht nach ansteigenden l_c -Werten

Gebäudehülle

Der jeweilige Anteil der Fensterfläche an der Außenfassadenfläche variiert stark zwischen 2 % und 16,5 %. Der geringste Wert wird dabei im Wohnspeicherhaus des Gehöftes Paule, der mit Abstand größte im Naglerhaus erhoben. Ähnlich gereiht sind die Berechnungsergebnisse für die durchschnittlichen Fenstergrößen und die wohnnutzflächen-bezogenen Gesamt-Lichteintrittsflächen. Sie betragen im Gehöft Paule 0,14 m² und im Naglerhaus 0,88 m² bzw. liegen im Gehöft Paule bei 2,05 % und im Naglerhaus bei 8 %. Gleichzeitig erreicht die Fensteranzahl pro Wohnraum bei Gebäuden mit geringen Fassadenöffnungsanteilen die höchsten Werte: Sie liegt bei Rauchstübchenhäusern zwischen 4,8 (Großschrotter) und 2,6 (Säuerling), und beträgt im Naglerhaus 1,5. Die Erhöhung der Fensteranzahl ist eine belichtungsrelevante Maßnahme zur Kompensation der geringen Fenstergrößen. Die Dämmeigenschaften der Hüllflächen (U-Werte) der in Holzbauweise errichteten Gebäude liegen im vergleichsweise konstanten Größenordnungsbereich von 0,87 W/m²K (Großschrotter) bis 1,05 W/m²K (Paule). Höhere und stärker voneinander abweichende Werte von 1,26 W/m²K, 1,48 W/m²K und 1,85 W/m²K werden für die in Misch- und Steinbauweise errichteten Objekte Rauchhaus, Brachhuber und Schwarzmayrhof errechnet.

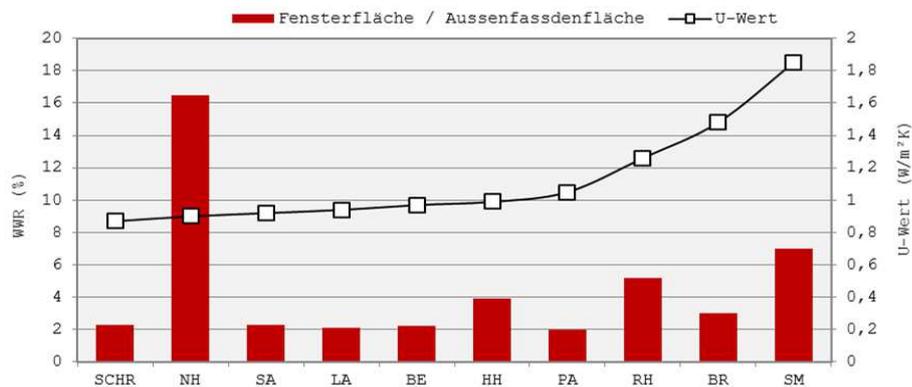


Abbildung 605: Gegenüberstellung der Dämmeigenschaften (U-Werte) und Fensterflächenanteilen der Außenfassaden (WWR), gereiht nach ansteigenden mittleren U-Werten

Errechnete Energiebedarfe

Die als zu konditionieren angenommenen Wohnbereiche der in Holz- und Mischbauweise errichteten Objekte weisen Referenz-Heizwärmebedarfe zwischen 158,8 kWh/m²a und 322 kWh/m²a auf. Demnach verdoppeln sich die innerhalb dieses Gebäudesamples errechneten Werte, wobei der höchste Heizwärmebedarf für das Berglerhaus, der geringste für den Laarer-Hof ermittelt wird. Die Referenz-Heizwärmebedarfe der in Steinbauweise errichteten Wohngebäude erreichen 382,9 kWh/m²a (Schwarzmayrhof) und 428 kWh/m²a (Brachhuber), und liegen damit deutlich über den Höchstwerten der Holzblockbauten.

Die nach geltender OIB-Richtlinie bei größeren Sanierungen erforderlichen Heizwärmebedarfs-Höchstwerte der Wohnbereiche liegen zwischen 57,7 kWh/m²a (Laarerhof) und 94,9 kWh/m²a (Berglerhaus). Die errechneten Referenz-Heizwärmebedarfe liegen durchschnittlich um das 3,5-Fache über diesen Anforderungen bzw. erreichen im Schwarzmayrhof den 6-fachen und im Naglerhaus den 2,3-fachen Wert.

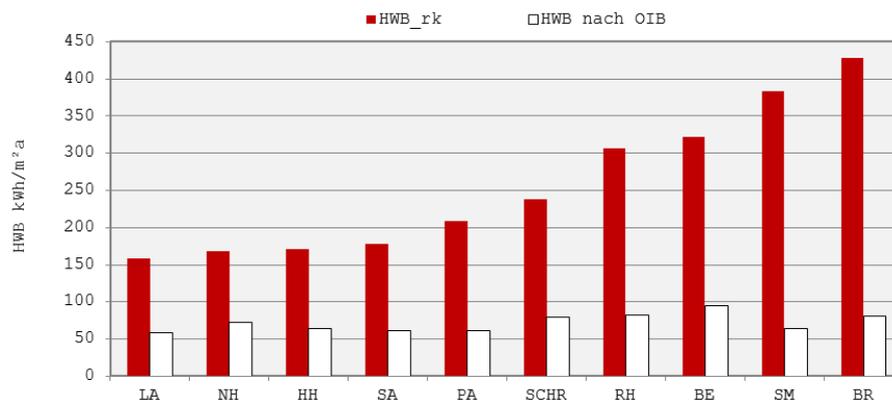


Abbildung 606: Errechnete Heizwärmebedarfe und jeweilige HWB-Mindestanforderung nach geltender OIB-Richtlinie bei größeren Sanierungen, gereiht nach ansteigenden Referenzklima-Heizwärmebedarfen

Die standortklima-bezogenen Heizwärmebedarfe HWB_{SK} der Vergleichsobjekte übertreffen die referenzklima-bezogenen um durchschnittliche 25 %. Höchstwerte von 404,9 kWh/m²a und 592,6 kWh/m²a werden für die in massiver Steinbauweise errichteten Wohnbereiche im Schwarzmayrhof und Brachhuber errechnet. Die Werte der in Holz- bzw. Mischbauweise errichteten Gebäude liegen zwischen 201,2 kWh/m²a (Naglerhaus) und 347 kWh/m²a (Rauchhaus).

Durch angenommene Heu- und Stroheinlagerungen in direkt an die Wohntrakte angrenzende Scheunen- und Dachbodenbereiche wird der Wärmedurchgang durch die trennenden Wand- und Deckenelemente reduziert. Die Heizwärmebedarfe der Wohnbereiche werden dadurch um durchschnittlich 24 % vermindert. Reduktionen um 29 % werden für die Objekte Naglerhaus und Hanslerhof errechnet, deren Wohntrakt-Oberflächen zudem eine vergleichsweise geringe Außenraumexposition von 30 % bzw. 32 % aufweisen. Die geringste Heizwärmebedarfsminderung von 19 % wird im Gehöft Großschrotter errechnet.

Vergleichende bauklimatische Gebäudeanalysen

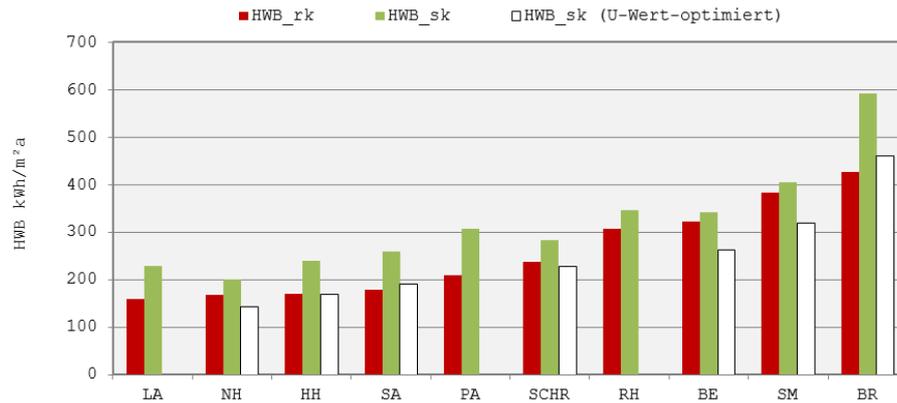


Abbildung 607: Referenz- und standortklima-bezogene Heizwärmebedarfe, reduzierte Heizwärmebedarfe durch angenommene Heu- und Stroheinlagerungen, gereiht nach ansteigenden HWB_{RK} -Werten

Lichteinträge

Die Tageslichtquotient-Werte in den Wohnstuben der Vergleichsobjekte liegen im Bereich von 0,07 % und 1,05 %, und erreichen im Laarerhof ihren Tiefst-, im Naglerhaus ihren Höchstwert. Gleichzeitig liegen die durchschnittlichen Beleuchtungsstärken bei Werten zwischen 12 lx und 139 lx. Die Gesamtgröße der Lichteintrittsflächen in den Stuben beträgt durchschnittlich 6,3 % der Bodenfläche. Der geringste Wert von 1,6 % wird dabei im Stubenbereich des Gehöftes Paule, der Höchstwert von 18,1 % im Naglerhaus ermittelt.

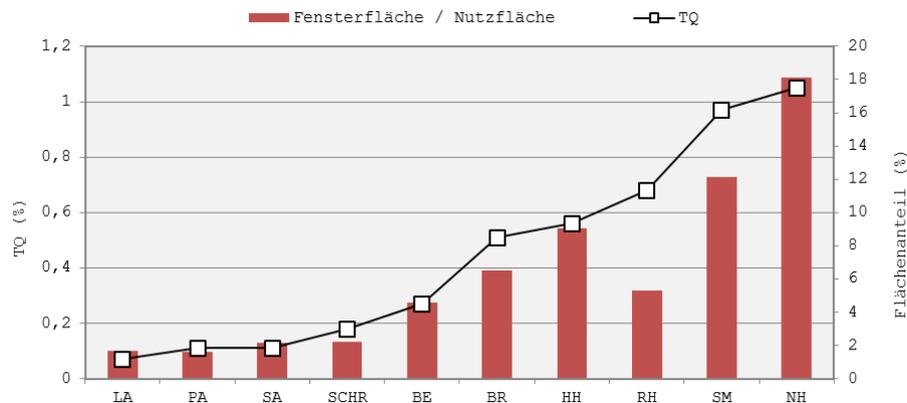


Abbildung 608: Tageslichtquotienten (TQ) und Verhältnisse von Gesamtfensterfläche zu Bodenfläche der Stubenbereiche, gereiht nach ansteigenden TQ-Werten

Die insgesamt vier untersuchten Rauchstuben weisen Größen von 40,2 m² bis 53,8 m² und Raumhöhen von 2,6 m bis 2,85 m auf. Ihre Fensteranzahl erreicht bis zu zehn Öffnungen, deren Gesamtflächen jeweils 1,7 % bis 2,2 % der Bodenflächen betragen. Die Sturzhöhen liegen 1,85 m bis 2,24 m über dem Fußbodenniveau. Der durchschnittliche Lichtreflexionswert der inneren Raumbooberflächen liegt unter 10 %. In den rauchfreien Innenräumen mit verputzten und geweißten Wand- und Deckenbereichen wie dem Berglerhaus erreichen die Raumbooberflächen durchschnittliche Reflexionswerte von bis zu 60,8 %. Die Oberflächen holzverkleideter Stuben wie im Naglerhaus und Hanslerhof weisen durchschnittliche Oberflächenreflexionen im Wertebereich von 15,5 % bis 21 % auf.

Die rauchfreien Stuben sind zwischen 22,5 m² und 28 m² groß, ihre Fensteranzahl liegt zwischen vier und sechs Öffnungen, deren jeweilige Gesamtfläche zwischen 4,6 % und 18,1 % der Bodennutzfläche beträgt. In nachfolgender Scorecard sind die Gesamtfensterflächen und die Bodenflächen der untersuchten Stubenbereiche gegenübergestellt.

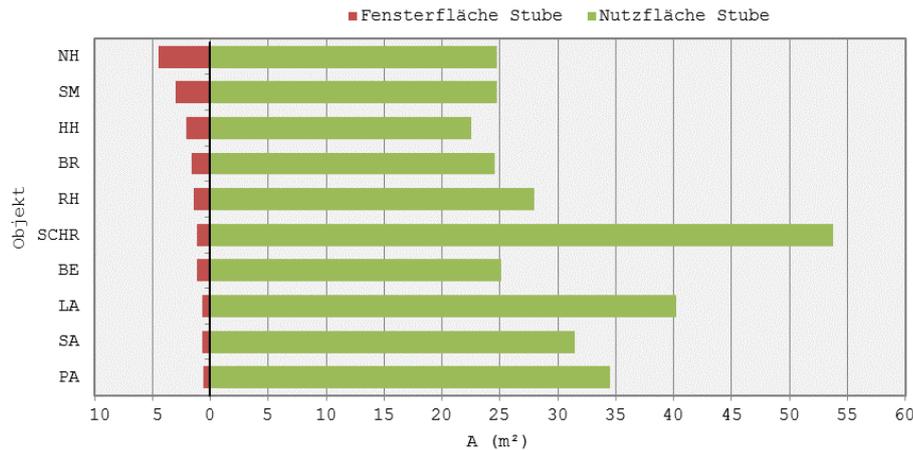


Abbildung 609: Gegenüberstellung von Gesamtfensterfläche und Bodenfläche in den Stubenbereichen, gereiht nach Größe der Fensterflächensummen

Gegenüberstellung von Gebäude- und Klimacharakteristika

Im Zuge der Analysen der klimatischen Eigenschaften der Objektstandorte werden zunächst die erhobenen Klimafaktoren und -elemente verglichen. Im Anschluss erfolgen Gegenüberstellungen von bauklimatisch relevanten Gebäudecharakteristika im Kontext klimatischer Umgebungsparameter.

Die untersuchten Objektstandorte liegen in Lagen von 300 m bis 1300 m Seehöhe. Der Laarerhof ist das einst höchstgelegene Vergleichsobjekt, der ursprüngliche Errichtungsort des Schwarzmayrhofes ist der tiefstgelegene. Die durchschnittlichen Jahrestemperaturen liegen im Wertebereich von 3,26 °C, gemessen an der dem Originalstandort des Gehöftes Paule nächstgelegenen Wetterstation Flattnitz auf 1380 m Seehöhe, und 9,12 °C in Fürstenfeld auf 273 m Seehöhe im Umfeld des einstigen Berglerhaus-Standortes. (Die Wertereihung der Heizgradtage erreicht am Messstandort Flattnitz mit 5518 einen Höchstwert, und weist am Standort Fürstenfeld mit 3327 einen Tiefstwert auf.)

An den vier höchstgelegenen Vergleichsstandorten (den ursprünglichen Lagen der Gehöfte Hanslerhof, Säuerling, Paule und Laarerhof) werden auch die höchsten Globalstrahlungssummen innerhalb des Auswahlsamples erreicht. Ihr Maximalwert von 1222 W/m²a am Standort Einach an der Mur bzw. des Gehöftes Säuerling liegt etwa 9,5 % über dem geringsten Globalstrahlungswert von 1116 W/m²a am Standort Wals Sizenheim bzw. des Rauchhauses.

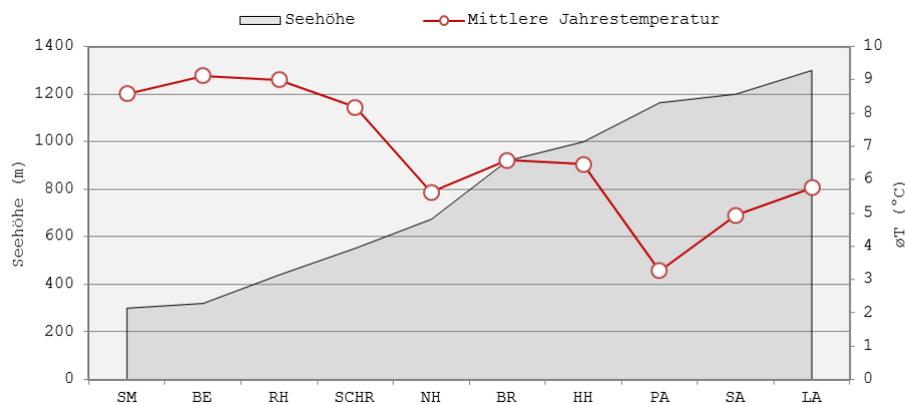


Abbildung 610: Standort-Seehöhen und durchschnittliche Jahrestemperaturen an den nächstgelegenen Messstationen, gereiht nach aufsteigender Objekt-Höhenlage

Vergleichende bauklimatische Gebäudeanalysen

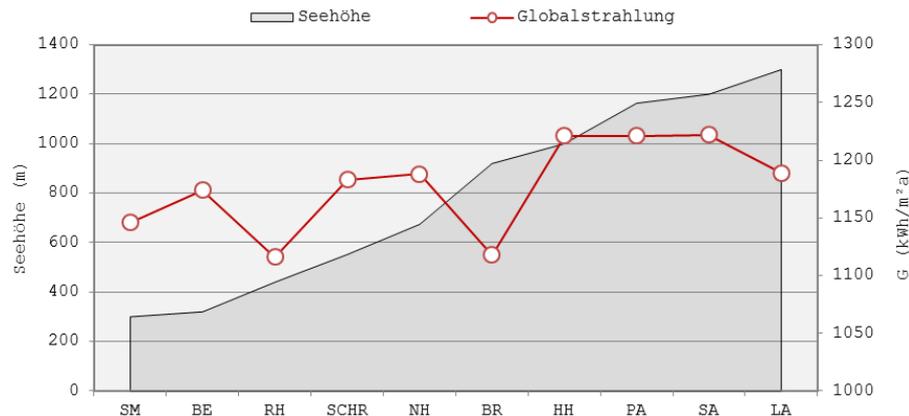


Abbildung 611: Seehöhe und Globalstrahlung an den Objektstandorten, gereiht nach aufsteigender Objekt-Höhenlage

Die Niederschlagswerte variieren zwischen 667 mm/m²a an der Messstation Zwettl im Umfeld des Errichtungsortes des Waldviertlerhofes Brachhuber und der fast dreifachen Menge von 1908 mm/m²a an der Messstation Schoppernau in Nähe des Naglerhaus-Standortes. Die drei östlichsten Mess- bzw. Gebäudestandorte weisen die vergleichsweise geringsten Niederschlagswerte auf. Höchstwerte sind für die westlich gelegenen Standorte dokumentiert. Die Maximalschneemengen erreichen im äußersten Westen und in Hochlagen an den Messstationsstandorten Schoppernau (Naglerhaus) und Flattnitz (Ringhof Paule) Höchstwerte. Ihr Maximum von 220 cm übertrifft den niedrigsten Wert von 47 cm an den Messstandorten Salzburg (Rauchhaus) und Zwettl (Brachhuber) um das 4,7-Fache. In den niederschlags- und schneereichen Regionen des Westens liegen mit dem Naglerhaus und dem Hanslerhof die Gebäude mit den geringsten Dachneigungen.

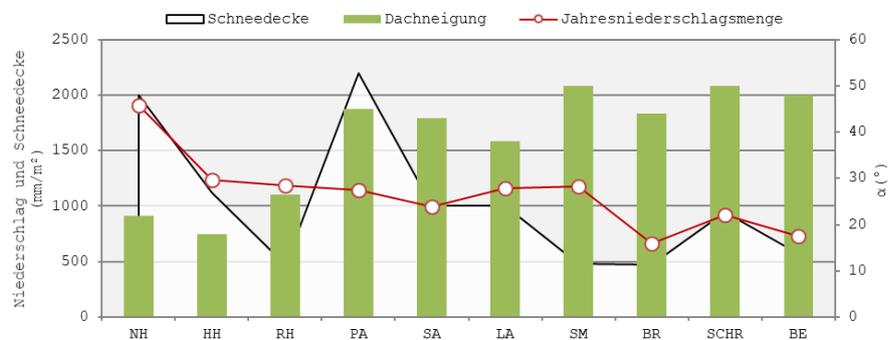


Abbildung 612: Gegenüberstellung von Jahresniederschlagsmengen und maximaler Schneedecke mit den Neigungswinkeln der Dachflächen, gereiht nach geographischer Objektlage von West nach Ost

Die Kubaturen und charakteristischen Längen der untersuchten und in Massivholzbauweise erstellten Wohntrakte nehmen mit steigenden Standortseehöhen zu, und liegen im Wertebereich von 0,71 m bis 1,43 m. Die Wärmetransmissionseigenschaften der Bauteilhüllen bleiben dagegen vergleichsweise konstant, und variieren zwischen mittleren U-Werten von 0,87 W/m²K und 1,05 W/m²K. (Die Mauerwerksbauten der Objekte Schwarzmayrthof und Brachhuber weisen mittlere U-Werte von 1,48 kWh/m²a und 1,85 kWh/m²a auf.)

Vergleichende bauklimatische Gebäudeanalysen

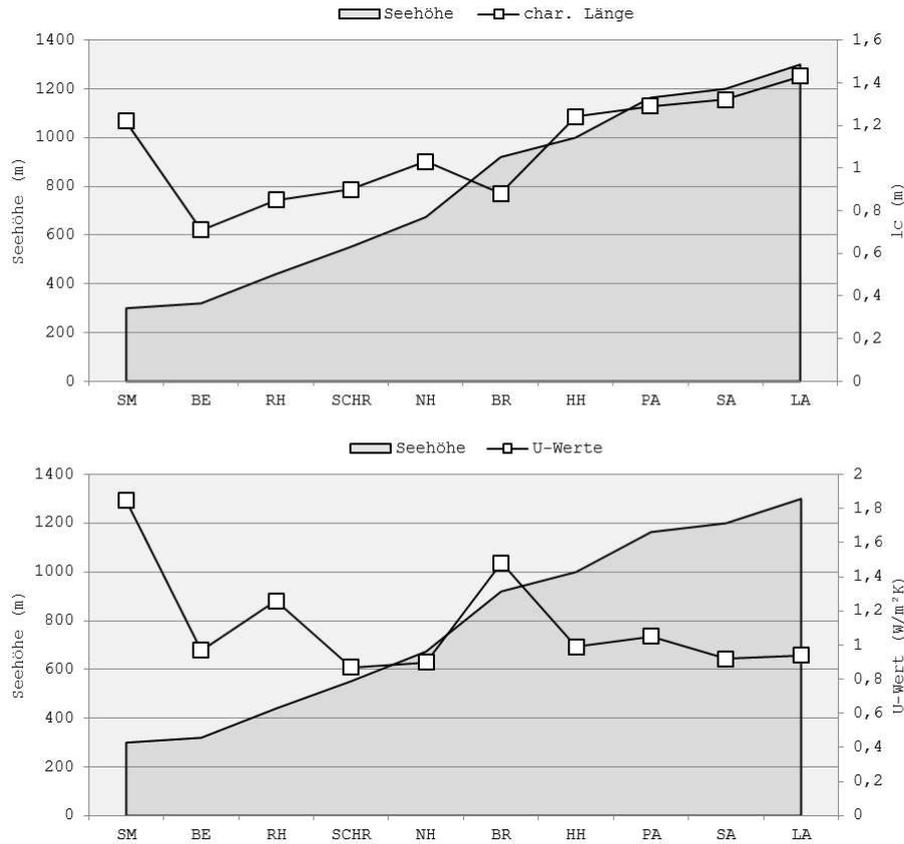


Abbildung 613: Wertegenüberstellung von Standortsehöhden mit charakteristischen Längen I_c (oben) und mittleren U-Werten den Bauteilhüllen (unten), gereiht nach aufsteigender Objekt-Höhenlage

Das Verhältnis von Gesamtfensterfläche zur Summe der Außenfassadenfläche liegt bei den höchstgelegenen Gebäuden Hanslerhof, Paule, Säuerling und Laarerhof im Minimalwertebereich von 2 % bis 3,9 %. (Der Höchstwert von 16,5 % wird im Naglerhaus erreicht.) Auch die durchschnittlichen Fenstergrößen dieser Objekte weisen die geringsten Dimensionen innerhalb der Objektauswahl auf, und liegen zwischen 0,15 m² und 0,22 m². Für deren Kompensation erreichen die Öffnungsanzahlen mit 26 bis 37 Fenstern Höchstwerte. Ähnlich gereiht wie die Verhältnisse der Gesamtfensterflächen zur Summe der Außenfassadenflächen der Gebäude ist auch das Verhältnis der Gesamtlichteintrittsflächen zu den Bodenflächen der Wohnstuben. Dieses liegt bei den höchstgelegenen Objekten im Wertebereich von 1,6 % bis 2,14 %.

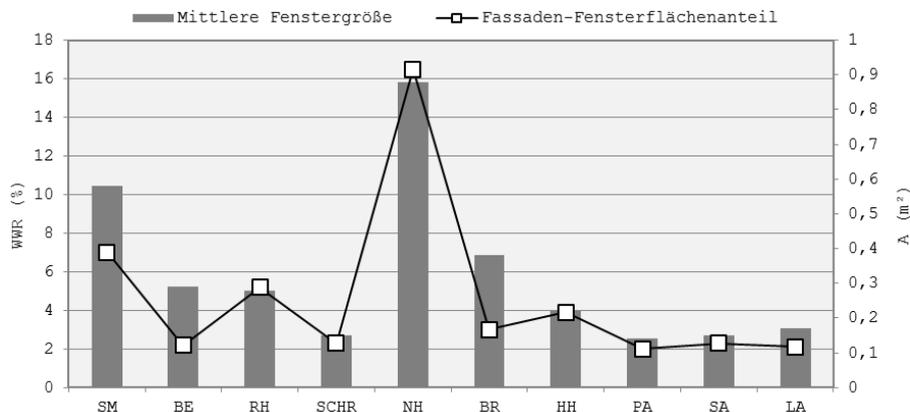


Abbildung 614: Durchschnittliche Fenstergrößen (A) und Fensterflächenanteile der Außenfassaden (WWR), gereiht nach Standortsehöhden

Die Referenz-Heizwärmebedarfe der Wohntrakte der vier höchstgelegenen und in Holzbauweise erstellten Vergleichsobjekte Hanslerhof, Paule, Säuerling und Laarerhof liegen im niedrigsten Wertebereich innerhalb des betrachteten Gebäudesamples. (Die berechneten Werte betragen 158,8 kWh/m²a bis 208,8 kWh/m²a.) Der aus diesen Objekten berechnete Durchschnittswert beträgt 179 kWh/m²a. Der Referenz-Heizwärmebedarf des tiefstgelegenen und in Steinbauweise errichteten Schwarzmayrhofs ist mit 382,9 kWh/m²a mehr als doppelt so hoch. Der Wohnbereich des Objektes Brachhuber weist mit 428 kWh/m²a einen Maximalwert auf. Die standortklima-bezogenen Heizwärmebedarfe liegen über den referenzklima-bezogenen Werten. (Die größten Unterschiede von 40 % bis 47 % werden für die hochgelegenen Gebäude Hanslerhof, Paule, Säuerling und Laarerhof mit vergleichsweise geringen Referenz-Heizwärmebedarfen berechnet. Bei Tiefgelegenen wie dem Berglerhaus und dem Schwarzmayrhof betragen die Abweichungen 6 %.) Aufgrund seiner vergleichsweise geringen Seehöhe weist der Wohnbereich des Naglerhauses mit 201,2 kWh/m²a den geringsten standort-bezogenen Heizwärmebedarf aller Vergleichsobjekte auf. Der Waldviertlerhof Brachhuber erreicht mit 592,6 kWh/m²a einen Höchstwert.



Abbildung 615: Referenz- und standortklima-bezogene Heizwärmebedarfe sowie HWB-Mindestanforderung nach OIB bei größeren Sanierungen, gereiht nach Standortseehöhen

Gebäudebetrachtung im Kontext historischer Klimaveränderungen

Die nachfolgenden Vergleichsanalysen der ermittelten Gebäudeparameter erfolgen beziehungsweise auf die Entstehungszeit der ausgewählten Untersuchungsobjekte. Dabei werden klimahistorisch nachgewiesene Temperaturabweichungen von der aktuellen Klimabetrachtungsperiode berücksichtigt.

Basierend auf den Ergebnissen dendrochronologischer Bauelementuntersuchungen werden die Errichtungsjahre der Vergleichsobjekte zwischen den Jahren 1582 und 1827 eingeordnet. Als ältestes Gebäude wird der Einhof Säuerling aus Einach an der Mur, als vergleichsweise jüngstes der Waldviertler Dreiseithof Brachhuber aus Arbesbach angesehen. Der Entstehungszeitraum aller Objekte des Gebäudesamples umfasst 245 Jahre, und erstreckt sich über das 16., 17., 18. und 19. Jahrhundert. Die für Europa berechneten negativen Temperaturabweichungen in diesen Abschnitten im Vergleich zu einer Betrachtungsperiode zwischen 1971 – 2000 werden von Mauelshagen mit 0,52 °C, 0,56 °C, 0,36 °C und 0,58 °C angegeben. Durch diese Temperaturminderungen ergeben sich Erhöhungen der standort-bezogenen Heizwärmebedarfe der untersuchten Wohnbereiche um durchschnittlich 5 %. Die größte Abweichung von 8 % wird für die im 19. bzw. 18. Jahrhundert entstandenen Gehöfte Naglerhaus und Berglerhaus eruiert. Die Geringste liegt bei 2 % und wird im Objekt Großschrotter aus dem 17. Jahrhundert erreicht.

Vergleichende bauklimatische Gebäudeanalysen

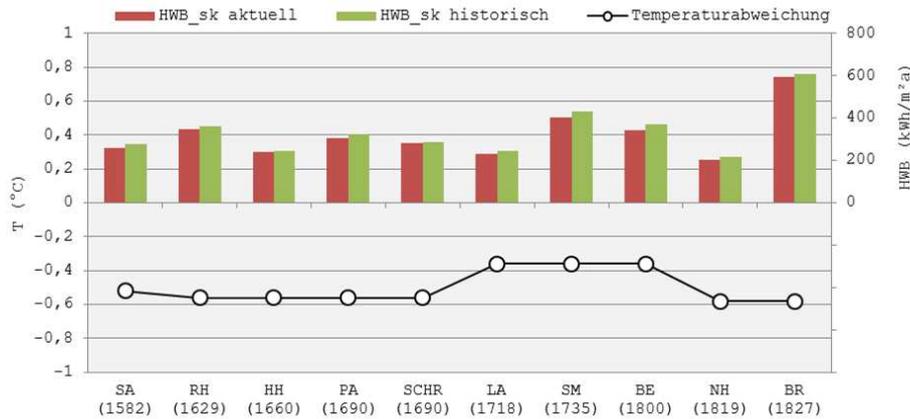


Abbildung 616: Heizwärmebedarfe mit zugrunde gelegten aktuellen und gemäß Klimarekonstruktionen veränderten Standortklimadaten, gereiht nach dem Alter der Vergleichsobjekte; zusätzlich dargestellt sind die Abweichungen der Durchschnittstemperaturen im jeweiligen Jahrhundert der Gebäudeerrichtung von der Klimabetrachtungsperiode 1971 - 2000

Die vier jüngsten Gebäude Schwarzmayrhof, Berglerhaus, Naglerhaus und Brachhuber und damit jene Objekte, die ab Mitte des 18. Jahrhunderts entstanden sind, weisen rauchfreie Wohnstuben mit näherungsweise einheitlichen Nutzflächengrößen von rund 25 m² auf. Gegenüber den alten Rauchstuben sind die Räume deutlich verkleinert. Unterschiede sind auch in Bezug auf belichtungsrelevante Raumparameter nachweisbar. So ist die Fensteranzahl in rauchfreien Stuben von vier bis fünf gegenüber den Rauchstuben mit bis zu zehn Öffnungen deutlich verringert. Die durchschnittlichen Fensterflächen in den rauchfreien Stuben erreichen den mehr als 5-fachen Wert der mittleren Öffnungsgrößen in den Rauchstuben. Gleichzeitig sind die Raumhöhen der rauchfreien Stuben mit 1,9 m bis 2,48 m gegenüber den Rauchstuben, deren Durchgangshöhen 2,61 m bis 2,85 m aufweisen, deutlich reduziert.

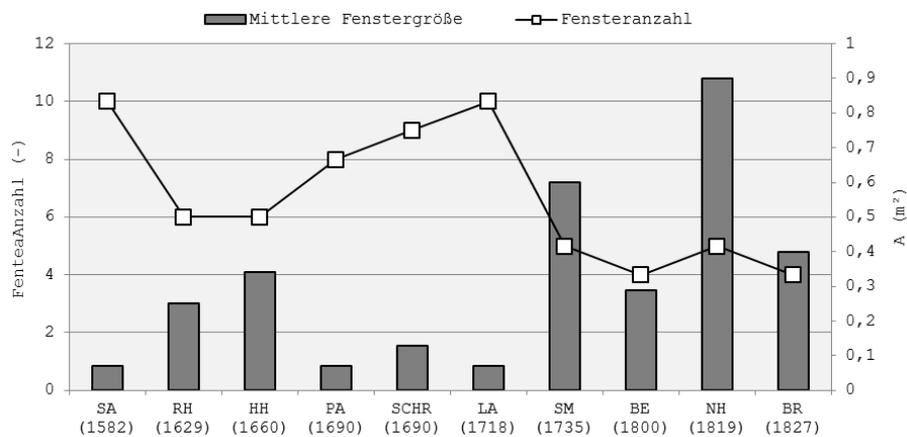


Abbildung 617: Mittlere Fenstergröße und Fensteranzahl der Stubenbereiche gereiht nach dem jeweils angenommenen Objekt-Errihtungsjahr

Durch die Rauchfreiheit der Stuben und der damit verbundenen Minderung von Rußablagerungen an den Wänden und Decken sind die Reflexionseigenschaften der Raumboflächen erhöht und die Tageslichtquotient-Verteilung gegenüber Rauchstuben begünstigt. In den Stubenbereichen der Objekte Schwarzmayrhof, Berglerhaus, Naglerhaus und Brachhuber liegen die mittleren Lichtreflexionsgrade der Raumboflächen bei circa 16 % bis 61 %, in den Rauchstuben bei 8 %. Die durchschnittlichen Tageslichtquotienten in den rauchfreien Wohnstuben liegen im Wertebereich von 0,27 % bis 1,05 %, in den Rauchstuben bei 0,07 % bis 0,18%.

Vergleichende bauklimatische Gebäudeanalysen

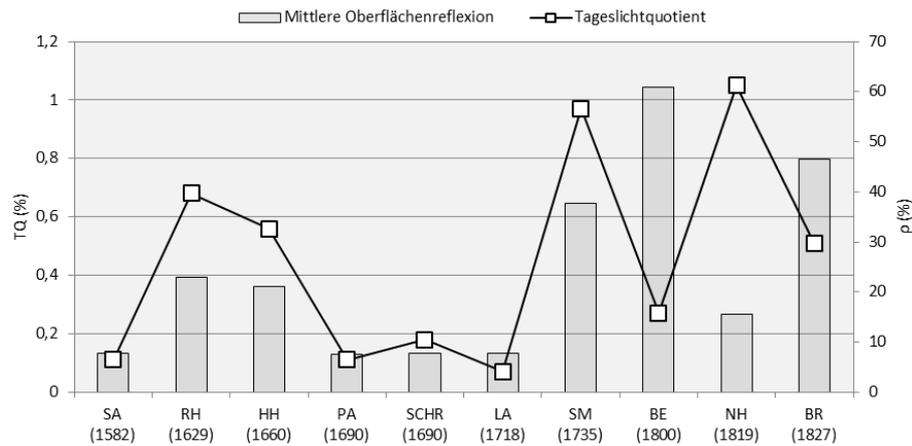


Abbildung 618: Durchschnittliche Tageslichtquotienten und Oberflächenreflexionen in den Stubenbereichen, gereiht nach dem jeweils angenommenen Objekt-Errichtungsjahr

6.3.4 Timeline

In einer synoptischen Darstellung, die den Betrachtungszeitraum der vergangenen 1000 Jahre umfasst, werden die untersuchten Gebäude in unterschiedlichen und im Rahmen dieser Arbeit thematisierten Kontexten dargestellt. Dafür werden die für Mitteleuropa rekonstruierten und in Kapitel 2.4 erläuterten Temperaturverläufe mit kurz- und längerfristigen Schwankungen (blaue und rote Linie) sowie die im Kapitel 1.2.3 dargelegten demographischen Entwicklungen (orange Linie) ergänzend zu den datierten Entstehungszeiten der analysierten Objekte (grau schraffierter Diagrammbereich) auf einer Zeitachse verdeutlicht. Parallel dazu werden theoretische Grundlagen in Bezug auf Methoden der Klimarekonstruktion (blaue Schrift), meteorologische und klimatologische Besonderheiten und Vorkommnisse (rote Schrift) sowie ausgewählte soziokulturelle und historisch bedeutsame Ereignisse (graue und schwarze Schrift) angegeben und in einen Zeitverlauf, der die Jahre von 1000 n. Chr. bis 2000 n. Chr. umfasst, eingereiht.

6.4 Beantwortung der Forschungsfragen

Die Beantwortung der übergeordneten Frage „Wie klimagerecht war das österreichische Bauerhaus?“ erfolgt auf Basis der einleitend gestellten und eingangs dieses Kapitels wiederholten Forschungsfragen. Sie werden im Kontext der in den vorangegangenen Arbeitsabschnitten verdeutlichten bauphysikalischen und bauklimatischen Grundlagen sowie den in Kapitel 4.1 aufgezeigten Eigenschaften klima-sensitiver Gebäudekonzepte erläutert. Die für die Erstellung der Gebäudeportraits und Matrix eruierten Daten aus zehn Vergleichsobjekt-Untersuchungen und die Ergebnisse der durchgeführten Messkampagnen werden dafür vergleichend zusammengefasst und interpretiert.

6.4.1 Fragekategorie 1: Gebäudebeschaffenheit und klimatische Rahmenbedingungen

Welche geometrischen und bauklimatisch relevanten Eigenschaften der ausgesuchten Objekte können den Gebäudeuntersuchungen (Messungen, Berechnungen und Simulationen) zugrunde gelegt werden?

Als maßgebliche geometrische und bauklimatisch relevante Eigenschaften der Vergleichsobjekte werden vor allem Gebädekubaturen, Zonierungen und Außenraumexpositionen von Wohnbereichen, deren charakteristische Längen, mittlere U-Werte der Hüllflächen sowie die Orientierung von Fenstern, und ihr Flächenanteil an den Außenfassaden und Wohnnutzflächen identifiziert und untersucht.

Die Wohnbereichskubaturen und -nutzflächen der Vergleichsobjekte liegen im Größenordnungsbereich von 138 m³ (Berglerhaus) bis 864 m³ (Laarerhof) und zwischen 46 m² (Berglerhaus) und 292 m² (Laarerhof). Die charakteristischen Längen betragen 0,71 m (Berglerhaus) bis 1,43 m (Laarerhof). Die beheizten Wohnstuben liegen in den ebenerdigen, südost- bis südwestorientierten Gebäudezonen, und haben an zumindest zwei Außenwänden Fensteröffnungen. Dieses Prinzip der Gebäudezonierung folgt einer geschoßweisen Staffelung, und entspricht einer Mischung aus solarorientierter und zwiebelförmiger Raumgliederung. (Siehe Kapitel 4.1.5) Ausnahmen bilden die Objekte Rauchhaus und Schwarzmayrhof, deren Wohntrakte in den nordausgerichteten Gebäudezonen untergebracht und deren Hauptwohnräume nord- und ost- bzw. nord- und westorientiert sind. Die Standorte selbst weisen im Winter effektiv mögliche Besonnungszeiten von mindestens fünf Stunden auf, an drei Errichtungsorten (Rauchhaus, Säuerling, Großschrotter) erfolgt direkter Strahlungseintrag ganztägig zwischen Sonnenauf- und -untergang.

Die mittleren U-Werte der Hüllflächen der Wohntrakte liegen im Bereich von 0,87 W/m²K (Großschrotter) bis 1,85 W/m²K (Schwarzmayrhof), wobei die Größenunterschiede vor allem durch die angewandten Bauweisen begründet sind. Das Rauchhaus, der Hanslerhof und das Naglerhaus sind jene Gebäude, deren Wohntrakte mit 27 % bis 32 % die geringste Außenraum-Exposition aufweisen. (Bis zu 73 % ihrer Hüllflächen grenzen an räumliche Pufferzonen bzw. sind erdberührend.) Der Anteil der außenraum-exponierten Flächen an der Gesamthülle ist im Wohnspeicherhaus des Laarerhofes mit 47 % am größten.

Der Fensterflächenanteil der Außenfassaden liegt bei neun von zehn Vergleichsobjekten im Wertebereich von 2 % (Paule) bis 5,2 % (Rauchhaus), das mit Abstand größte Verhältnis von Fenster- zu außenexponierter Fassadenfläche wird im Naglerhaus mit 16,5 % erreicht. (Aktuell werden bei entsprechender Verglasungsqualität und Sonnenschutz Fensterflächenanteile empfohlen, die je nach Orientierung 50 % bis 70 % und damit das 3- bis 25-Fache betragen können. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2012, S. 70)) Die Gesamtfensterfläche beträgt bei acht von zehn Objekten 2 % bis 4,9 % der

Wohnnutzfläche, ein deutlich höheres Verhältnis von 7,9 % bis 8 % wird für die Gebäude Schwarzmayrhof und Naglerhaus errechnet.

Welche klimatischen Rahmenbedingungen sind aktuell an den ursprünglichen Errichtungsorten der transferierten Vergleichsobjekte vorherrschend?

Nach der Köppen-Geiger'schen Klimaklassifikation ist in Österreich überwiegend immerfeuchtes, boreales Klima (Df) vorherrschend. Bei diesem liegt der kälteste Temperatur-Monatsmittelwert unter -3 °C, der wärmste über 10 °C. Alle Monate sind feucht. Der trockenste Monat weist einen Niederschlagswert von zumindest 60 mm/m² auf.

Die Originalstandorte der untersuchten Gebäude befinden sich auf Seehöhen zwischen 300 m (Schwarzmayrhof) und 1300 m (Laarerhof). Die durchschnittlichen Jahrestemperaturen liegen während der Klimabetrachtungsperiode 1971 - 2000 im Wertebereich von 3,26 °C (Paule) bis 9,12 °C (Berglerhaus), die Anzahl der Heizgradtage variiert zwischen 3327 (Berglerhaus) und 5518 (Paule). Die jährliche Globalstrahlung erreicht zwischen 1116 kWh/m² (Rauchhaus) und 1222 kWh/m² (Säuerling), die Gesamtniederschläge liegen bei 667 mm/m²a (Brachhuber) bis 1908 mm/m²a (Naglerhaus), der Jahresanteil windstillen Betrachtungszeiten (Windgeschwindigkeit < 0,5 m/s) liegt zwischen 6,2 % (Rauchhaus) und 65,4 % (Großschrotter).

Wann sind die Gebäude entstanden und welche Temperaturunterschiede sind für die jeweilige Errichtungszeit im Vergleich zur Klimabetrachtungsperiode 1971 - 2000 anzunehmen?

Die Errichtungsjahre der Vergleichsobjekte in ihrer heute zu besichtigenden Form kann anhand von dendrochronologischen und hauskundlichen Untersuchungen auf einen Zeitraum zwischen 1582 und 1827 datiert werden. Das älteste betrachtete Gebäude ist der Einhof Säuerling aus Einach an der Mur, das vergleichsweise jüngste der Waldviertler Dreiseithof Brachhuber aus Arbesbach. Das betrachtete Zeitfenster umfasst 245 Jahre, und erstreckt sich über das 16., 17., 18. und 19. Jahrhundert. Die Jahrestemperaturabweichungen in diesen Jahrhunderten werden im Vergleich zur Klimareferenzperiode 1971 - 2000 mit -0,52 °C, -0,56 °C, -0,36 °C und -0,58 °C angegeben. Die größten jahreszeitlichen Unterschiede werden für den Winter errechnet, und liegen im Wertebereich von -0,96 °C (16. Jahrhundert) und -1,12 °C (19. Jahrhundert). Im Sommer sind die Temperaturabweichungen vergleichsweise gering, und betragen zwischen 0,01 °C (18. Jahrhundert) und -0,21 °C (16. Jahrhundert). Während es im Winter im 16. bis 19. Jahrhundert im Schnitt also deutlich kühler war als im Referenzzeitraum am Ende des 20. Jahrhunderts, lagen die sommerlichen Temperaturen in einem ähnlichen Wertebereich.

Welche Größenordnungsannahmen können für die Energiebedarfe der Wohnbereiche getroffen werden?

Nach Österreichischem Baukulturreport 2011 liegen die Annahmen für Heizwärmebedarfe von Ein- und Zweifamilienhäusern, die in unterschiedlichen Zeitabschnitten des 20. Jahrhunderts errichtet wurden, bei 180 kWh/m²a (vor 1919), 190 kWh/m²a (1919 bis 1944), 220 kWh/m²a (1945 bis 1960), 180 kWh/m²a (1961 bis 1970), 150 kWh/m²a (1971 bis 1980), 130 kWh/m²a (1981 bis 1990) und 90 kWh/m²a (1991 bis 2000). Nach dem Jahr 2000 werden die Heizwärmebedarfe mit 50 kWh/m²a angenommen. (vgl. STEGER u. a., 2011, S. 152)

Der aus allen Untersuchungsobjekten errechnete mittlere Referenz-Heizwärmebedarf für die als zu konditionieren angenommenen Wohnbereiche beträgt 256,3 kWh/m²a, und liegt damit um rund 16 % über jenem Wert, der für zwischen 1945 und 1960 errichtete Ein- und Zweifamilienhäuser angenommen wird. Bei den in Holzbauweise erstellten Vergleichsgebäuden betragen die Referenz-Heizwärmebedarfe zwischen 158,8 kWh/m²a (Laarerhof) und 322 kWh/m²a (Berglerhaus), in Mauerbauweise errichtete Objekte weisen Werte von 382,9 kWh/m²a (Schwarzmayrhof) bis 428 kWh/m²a (Brachhuber) auf. Die

standortklima-bezogenen Heizwärmebedarfe HWB_{SK} liegen durchschnittlich 25 % über den Referenzwerten, und betragen bei Holzbauten zwischen 201,2 kWh/m²a (Naglerhaus) und 341,8 kWh/m²a (Berglerhaus), bei Misch- bzw. Steinbauweise zwischen 347,3 kWh/m²a (Rauchhaus) und 592,6 kWh/m²a (Brachhuber). Die Verbesserungen der Wärmeschutzeigenschaften der Trennbauteile zwischen Wohn- und Wirtschaftstrakt aufgrund von Heu- und Stroheinlagerungen, Stallnutzung etc. werden als äquivalent zu einer zusätzlich aufgetragenen Naturmaterial-Dämmschicht (20 cm Flachsdämmplatte) angenommen. Dadurch können die Heizwärmebedarfe der als zu konditionieren angenommenen Wohnzonen um 19 % bis 29 % herabgesetzt werden.

Zwischen zwei und drei Räume der Wohnbereiche der Vergleichsgebäude waren mit Öfen bzw. Feuerstellen zum Heizen, zur Speisenzubereitung und andere Zwecke ausgestattet. Die Raumgrößen der beheizten Hauptwohnräume betragen 22,5 m² bis 54 m², wobei die rauchfreien Wohnstuben mit 22,5 m² bis 28 m² vergleichsweise ähnliche Quadratmeteranzahlen aufweisen. (Bei Verwendung von weichem Scheitholz für die Raumheizung und Wärmeerzeugung zur Speisenzubereitung in den Rauch- und Kachelstuben der Gehöfte Großschrotter und Paule beträgt der hochgerechnete Brennmaterialverbrauch nach Grabner 1,4 Raummeter je Quadratmeter und Jahr (rm/m²a) bzw. 1,1 rm/m²a. (vgl. GRABNER, 2014, S. 22) Da der Heizvorgang jedoch nicht auf die Konstanthaltung einer angestrebten Zieltemperatur ausgerichtet werden kann und sich vor allem an der Belastbarkeit der Öfen orientiert, sind diese Brennholzverbräuche nur als Näherungswerte zu betrachten.)

Welche Energiebedarfsniveaus müssten nach aktuellen Gebäudeanforderungen im Fall von größeren Gebäudesanierungen eingehalten werden, und welche Abweichungen ergeben sich gegenüber den für die angenommene Beschaffenheit der Ausstellungsobjekte errechneten Kennzahlen?

Die Höchstwerte der Referenz-Heizwärmebedarfe, die gemäß geltender Richtlinie für Nachweise zur Einhaltung von Energieanforderungen für Wohngebäude bei größeren Renovierungen errechnet würden, liegen im Wertebereich von 57,7 kWh/m²a (Laarerhof) bis 94,9 kWh/m²a (Berglerhaus). (Siehe Kapitel 6.2.5) Die errechneten Referenz-Heizwärmebedarfe übertreffen diese Werte um das 2,3-Fache (Naglerhaus) bis 6-Fache (Schwarzmayrhof).

6.4.2 Fragekategorie 2: Innenraumklima

Welche thermischen Verhältnisse sind in den Wohnbereichen der ausgesuchten Untersuchungsobjekte zu verschiedenen Jahreszeiten vorherrschend?

Die Ergebnisse der durchgeführten Messkampagnen zur Ermittlung der Temperaturverhältnisse in den Wohnbereichen der Vergleichsgebäude werden nachfolgend bei Betrachtung von Tropentagen, kühlen Sommertagen und winterlichen Außentemperaturen beschrieben.

Die inneren Raumtemperaturen liegen **an Tropentagen** ($T_{max} \geq 30 \text{ °C}$) sowohl in Erd- als auch in Obergeschoßlagen innerhalb eines angenommenen thermischen Behaglichkeitsbereiches von 16 °C bis 26 °C und vielfach innerhalb eines zusätzlich eingegrenzten Temperaturbereichs zwischen 20 °C und 26 °C. In den Stubenbereichen betragen die Durchschnittstemperaturen zwischen 18,7 °C (Brachhuber) und 22,7 °C (Naglerhaus) bei Temperaturschwankungen von maximal 4,1 °C. Die Außentemperaturschwankungen erreichen bis zu 16 °C. Die relative Luftfeuchtigkeit liegt zwischen 79 % und 92 %. Die Differenzen zu den Temperaturen in Räumen auf gleicher Geschoßebene und mit unterschiedlicher Raumorientierung liegen im Wertebereich von 0,4 °C und damit innerhalb des Genauigkeitsbereiches der Messgeräte. In den Obergeschoßen liegen die Raumtemperaturen durchschnittlich 1,4 °C über den Temperaturniveaus in Erdgeschoßlagen, wobei aufgrund hoher Tagestemperatur-Schwankungen von bis zu 9,3 °C im Dachbodenbereich die oberer

Behaglichkeitsgrenze von 26 °C überschritten wird. Bei Raumtemperaturen von etwa 21 °C erreichen die durchschnittlichen Oberflächentemperaturen in den Stubenbereichen an einem Tropentag 20,5 °C bis 22,7 °C. Punktuell liegen die Werte bei bis zu 27 °C, gleichzeitig erreichen die äußeren Oberflächentemperaturen bei direkter solarer Bestrahlung bis zu 66,3 °C.

Zwischen 18 % und 91 % der an drei aufeinanderfolgenden **kühlen Sommertagen** ($T_{\min} \leq 10$ °C) in den Stubenbereichen gemessenen Raumtemperaturen liegen innerhalb des angenommenen Behaglichkeitsbereiches von 16 °C bis 26 °C. Die durchschnittlichen Werte für Luftfeuchtigkeit und Raumtemperaturen entsprechen in etwa den äußeren Bedingungen. Die mittleren Raumtemperaturen betragen zwischen 14,7 °C (Hanslerhof) und 17,1 °C (Brachhuber), die relative Luftfeuchtigkeit liegt zwischen 71 % und 76 %.

Bei **winterlichen Außentemperaturen** von durchschnittlich -0,2 °C liegen die mittleren Raumtemperaturen in den beheizten Stubenbereichen während der ausgesuchten 24-stündigen Betrachtungsperioden und nächtlichen Heizpausen zwischen 13,4 °C und 23,4 °C. Die Luftfeuchtigkeit beträgt durchschnittlich 25 % bis 47 %. (Für die Raumbeheizung wird keine bestimmte Zieltemperatur angestrebt, die Heizintensität wird vor allem an die Belastbarkeit der Ofenanlagen angepasst. (vgl. RAITH, 2016)) In der Kachelstube des Gehöftes Paule liegen 37 % der gemessenen Raumtemperaturen innerhalb des thermischen Behaglichkeitsbereiches von 16 °C bis 26 °C, im Wohnbereich des Schwarzmayrhof sind es 92 %. Die Temperaturschwankungen betragen zwischen 6,7 °C (Schwarzmayrhof) und 17 °C (Großschrotter), wobei partiell auch Temperaturen von über 26 °C erreicht werden. In den unconditionierten und an die beheizten Stuben angrenzenden Wohnbereichen wird die untere Behaglichkeitsgrenze von 16 °C zu keiner Zeit erreicht. Die mittleren Raumtemperaturen betragen dort zwischen 4,1 °C (Vorhaus Hanslerhof) und 8,5 °C (Hohe Stube Hanslerhof).

Bei Außentemperaturen um den Gefrierpunkt und Raumtemperaturen von 10,9 °C liegen die in den Aufenthaltsbereichen (Herrgottswinkel) thermographisch ermittelten Oberflächentemperaturen in Bodennähe zwischen -0,1 °C (Paule) und 2,7 °C (Großschrotter), auf mittleren und oberen Raumebenen in Rauchfreien Stuben bei 6,2 °C (Brachhuber) bis 13 °C (Rauchhaus).

An **Eistagen** ($T_{\max} \leq 0$ °C) und bei durchschnittlichen Außentemperaturen um -5 °C betragen die Innenraumtemperaturen in den unbeheizten Innenräumen -2,1 °C (Stube Säuerling) und 1,7 °C (Stube Schwarzmayrhof). In den Hohen Stuben liegen die Temperaturen um 0,9 °C unter den in ebenerdigen Raumbereichen erzielten Niveaus.

Bei Außentemperaturen um den Gefrierpunkt erfolgt ein vollständiger **Luftaustausch** in den beheizten Stuben innerhalb von circa zwei Stunden. (Der Zeitraum wurde durch Messung des Rückganges von bei dichter Raumbelastung erzielten CO₂-Spitzen von etwa 2000 ppm auf Werte von circa 450 ppm nach Verlassen der Innenräume ermittelt.) Die CO₂-Konzentrationen erreichen in den beheizten Rauchstuben Werte von über 5000 ppm, in den konditionierten rauchfreien Stuben liegen die Maxima bei rund 2200 ppm.

Wie können die ermittelten thermischen Gebäude- bzw. Raumeigenschaften im Kontext aktueller Komfort-Anforderungen interpretiert werden?

An heißen Sommertagen und bei Außenraumtemperaturen von bis zu 32 °C liegen die Raumtemperaturen in den ebenerdigen Wohnzonen und im ersten Obergeschoß zu allen Zeiten innerhalb des angenommenen Behaglichkeitsbereiches und großteils im eingegrenzten Temperaturbereich zwischen 20 °C und 26 °C. Raumüberhitzung ist zu keiner Zeit gegeben. Bei beheizter Feuerstelle erreichen die Innenraumtemperaturen in der Rauchstube des Gehöftes Großschrotter an Sommertagen ($T_{\max} \geq 25$ °C) Werte von über 30 °C. Die Luftfeuchtigkeit ist vergleichsweise hoch, wobei der obere Grenzwert von 75 % vielfach überschritten wird. (Dies ist auch in Zusammenhang mit der wandnahen Messgeräteposition und den dort verminderten

Oberflächentemperaturen zu sehen.) Die Temperaturen verlaufen in allen Objekten konstant, Schwankungen liegen bei maximal 4,1 °C. Die Oberflächentemperaturen entsprechen in etwa den Raumtemperaturen und weisen innerhalb der Raumbereiche nur geringe Temperaturdifferenzen und gleichmäßige Verteilungen auf. Behagliche Temperaturbedingungen sind an heißen Sommertagen bei normaler Bekleidung (Hemd, Hose, Pullover) und sitzender bis leichter Stehaktivität ohne Konditionierungsmaßnahmen gegeben. (Siehe Kapitel 3.3.1)

An kühlen Sommertagen und bei Tiefstwerten von bis zu 7,6 °C liegen die Raumtemperaturen in den ebenerdigen Wohnzonen und im ersten Obergeschoß häufig unterhalb des Behaglichkeitsbereiches, wobei innerhalb des Gebäudesamples sehr große Unterschiede auftreten und Mauerwerksbauten gegenüber den Massivholzbauwerken günstigere thermische Komfortbedingungen aufweisen. Die Temperaturschwankungen sind ausgeprägt, und erreichen bis zu 8,3 °C. Behagliche Temperaturbedingungen können an kühlen Tagen vielfach nur durch erhöhte Bekleidungsisolierung und Aktivität bzw. durch Wärmezufuhr erreicht werden.

Im Winter und an Tagen mit regelmäßigen Heizintervallen und Außentemperaturen knapp unter dem Gefrierpunkt streuen die Raumtemperaturen in den beheizten Stubenbereichen stark um Mittelwerte zwischen 13,4 °C und 23,4 °C. So liegen die Raumtemperaturen im Schwarzmayrhof vollständig über der unteren Behaglichkeitsgrenze, und übersteigen fallweise den oberen Grenzwert von 26 °C. In der Kachelstube des Gehöftes Paule liegen die Raumtemperaturen trotz Beheizung zu 63 % unterhalb von 16 °C. Die Temperaturschwankungen sind stark und teilweise extrem ausgeprägt, und betragen zwischen 6,7 °C (Schwarzmayrhof) und 17 °C (Großschrotter). Vergleichsweise gleichmäßige Temperaturverläufe ohne kurzfristige Schwankungen sind in den Gebäuden Schwarzmayrhof, Hanslerhof und Rauchhaus und damit in getäfelten bzw. verputzten Innenräumen erkennbar, die eine verbesserte Raumdichtheit aufweisen. In den Rauchstuben treten vielfach kurzfristige Schwankungen auf. (Die großen Temperaturunterschiede sind auch damit erklärbar, dass die Art der Raumbeheizung nicht auf eine Zieltemperatur ausgerichtet ist, sondern an die Belastbarkeit der teils schwer zu kontrollierenden Feuerstellen angepasst ist.)

Die Oberflächentemperaturen in Aufenthaltszonen (Herrgottswinkel) sind gegenüber den Raumtemperaturen vor allem in Bodennähe stark verringert. In fußnahen Bereichen wird der Gefrierpunkt teilweise unterschritten. Durch Holzvertäfelungen und Lamperien im Sitzbereich mit gegenüber Putzoberflächen verringerten Wärmeeindringkoeffizienten kann das thermische Temperaturempfinden durch den verringerten Wärmefluss aus dem Körper in das Oberflächenmaterial begünstigt werden. (Siehe Kapitel 3.1.1)

In an die beheizten Stuben angrenzenden Raumbereiche bleiben die Raumtemperaturen weit unter dem Behaglichkeitsniveau. Temperaturbedingungen innerhalb des angenommenen Behaglichkeitsbereiches können im Winter (bereits an moderat kalten Frosttagen, $T_{\min} < 0$ °C) nur in Wohnräumen mit Ofenausstattung erreicht werden, und sind dort teilweise aufgrund der Funktionsweise der Feuerstellen, der undichten Beschaffenheit der Bauteilhülle (etwa bei unverputzten und ungetäfelten Wandelementen bzw. im Bereich von Balken-Lagerfugen und Fensterrandabschlüssen in Rauchstuben) und stark asymmetrischer Oberflächentemperaturverteilungen schwer kontrollierbar. (Siehe Abbildung 593 und Abbildung 594)

Die gemessenen Raumtemperaturwerte verfehlen vielfach die aktuellen Anforderungen an thermische Komfortbedingungen, liegen jedoch vergleichsweise nahe an den Temperaturempfehlungen von ca. 15 °C, die in den Anfängen der Projektierung haustechnischer Anlagen im 19. Jahrhundert empfohlen wurden. (Siehe Kapitel 3.3.1)

Der durch die offenen Feuerstellen und durchlässige Bauelemente allgegenwärtige Rauch beeinträchtigt vor allem in Rauchstübchenhäusern die (nicht explizit untersuchte) Luftqualität in den

Innenräumen. Vor allem im Bereich der Rauchhimmel ist die Atemluft auf Kopfhöhe und für stehende Personen, deren Körpergröße in vergangener Zeit zwar im Vergleich zu heute als geringer angenommen werden kann (siehe Kapitel 1.2.3), augenscheinlich stark belastet. (Siehe Abbildung 130)

Welche natürlichen Raumbelichtungsverhältnisse sind in den Wohnbereichen der Untersuchungsobjekte gegeben?

Die Berechnungs- und Simulationsergebnisse zur Bewertung der natürlichen Lichteinträge und -verteilungen erfolgt unter Angabe von Tageslichtquotienten, Beleuchtungsstärken- und Leuchtdichteniveaus sowie Direktlichteinfall im Winter.

Die Tageslichtquotient-Werte zur Quantifizierung der natürlichen Lichteinträge liegen im Wertebereich von 0,07 % (Rauchstube Laarerhof) und 1,05 % (Naglerhaus). Die durchschnittlichen, mittäglichen Beleuchtungsstärken auf Höhe der Messebenen erreichen im Dezember 7 lx bis 69 lx, im März 11 lx bis 148 lx und im Juni 14 lx bis 200 lx. Vom Stubeneingang aus betrachtet weisen die inneren Raumbooberflächen der Aufenthaltszonen im Bereich der Herrgottswinkel Helligkeiten von 1 cd/m² bis maximal 50 cd/m² auf (errechnet für den 21. März und bei äußerer Himmelsleuchtdichte von 4100 cd/m²). Die Oberflächenhelligkeiten von trichterförmig gestalteten, weiß gekalkten Fensterleibungen liegen bei 200 cd/m² bis 250 cd/m². Im Bereich von verglasten Fensterelementen werden Leuchtdichten von über 4000 cd/m² erreicht. Aufgrund der Positionierung der Wohnstuben in den Eckbereichen der Gebäude und der damit doppelten Raumbelichtung konnten die Fensterebenen im Winter zumindest teilweise direkt bestrahlt werden. In überwiegend südorientierten Gebäuden wie dem Hanslerhof, dem Laarerhof und dem Berglerhaus erreichte die unter flachem Winkel einfallende Solarstrahlung auch fensterferne Raumbereiche. Der in der ehemals nordwestlichen Gebäudeecke des Schwarzmayrhofs liegende Wohnraum wurde hingegen nur durch die westorientierten Fenster am späten Nachmittag bei schleichendem Einfallswinkel direkt bestrahlt.

Wie können die ermittelten Lichtverhältnisse im Kontext aktueller Belichtungs-Anforderungen interpretiert werden?

Die aktuell baurechtlich erforderliche Gesamtgröße der Lichteintrittsflächen von 12 % der Bodenfläche wird in zwei von zehn Vergleichsobjekten erzielt: Im Naglerhaus erreichen die Fensterflächen 18,1 % und im Schwarzmayrhof 12,13 % der Bodenfläche der Wohnstuben. Die in diesen Gebäuden eruierten Tageslichtquotient-Werte 1,05 % und 0,97 % erreichen den für Wohnräume empfohlenen Richtwert von 0,9 % bzw. 1 %. In den übrigen Stubenbereichen wird dieser Wert deutlich verfehlt. Mit Durchschnittswerten von unter 100 lx werden vor allem im Winterhalbjahr die Empfehlungen für Beleuchtungsstärkeniveaus zur Erfüllung von Sehaufgaben weit unterschritten. (In Innenraumbereichen sind zum Beispiel 200 lx für Kantinen, Teeküchen und Räume für gröbere Handwerksarbeiten vorgesehen. (vgl. ÖNORM EN 12464 (idF. v. 2009) 5.3))

Eine winterliche Besonnungsdauer der Fensterflächen von zumindest einer Stunde kann aufgrund der doppelten Raumbelichtung der Stubenbereiche in allen Objekten erreicht werden. Mitte des 20. Jahrhunderts wurde die Meinung vertreten, wonach bei kleinen Öffnungsdimensionen die Fensterorientierung eine untergeordnete Rolle spiele. (vgl. HECKL, 1950, S. 36) Diese These wird durch den Vergleich von süd- und nordorientierten Stuben und deren unterschiedliche Besonnungszeiten und Direktbelichtung fensterferner Raumbereiche vor allem im Winter hinterfragt.

Die Unterkanten der durchsichtigen Verglasungen der Fenster liegen vielfach über dem zur ausreichende Sichtverbindung zwischen Innen- und Außenraum empfohlenen Maximalwert von 95 cm. Gleichzeitig begünstigen die erhöht liegenden Öffnungen den Lichteintrag auf die zur Fensterwand etwas distanziert liegenden Tischebenen und die Belichtung von Bereichen in größerer Raumtiefe.

Die Leuchtdichtenniveaus der Stubenoberflächen (beim Blick vom Stubeneingang in Richtung Herrgottswinkel) sind allgemein sehr gering. Durch die mesopischen Sehbedingungen kann die Farbwahrnehmung der Bewohner beeinflusst sein, ebenso wie circadianen Rhythmen aufgrund von geringen Beleuchtungsstärken, die auch bei hohem äußerem Lichtangebot (von bis zu 97 000 lx) in Innenräumen vielfach unter 3 lx liegen. Durch die trichterförmige Formgebung der innenliegenden Öffnungsleibungen in den Wohnbereichen der Gehöfte Schwarzmayrhof und Brachhuber sind die Helligkeiten von Oberflächen im unmittelbaren Fensterbereich erhöht. Der Übergang von niedrigen Innen- und hohen Außen-Leuchtdichten ist dadurch gemindert, wodurch stabilere Sehbedingungen durch Reduktion von Kontrastblendeffekten erreicht werden. Darüber hinaus begünstigt die Formgebung die Sicht von innen nach außen.

Menschen sind an die Sonne (in geringem Maße den Mond) als einzig maßgebliche Lichtquelle gewöhnt, die im Großteil des Tages schräg oder unter Umständen senkrecht von oben kommt. Aus einer Vertikalebene hervorspringende Objekte sind demnach oben heller als unten. (vgl. WITTING, 2014, S. 355) Diese natürliche Helligkeitsabfolge und Nachempfindung des Außenraumes ist vor allem in den Stubenbereichen der untersuchten Objekte Schwarzmayrhof, Brachhuber und Berglerhaus aufgrund der Reflexionseigenschaften ihrer raumumschließenden Oberflächen gegeben. Besonders deutlich tritt sie bei bis auf mittlere Raumhöhe reichende Holzvertäfelungen (Lamperien), die als Horizont gedeutet werden können, in Erscheinung. (Siehe Abbildung 598)

6.4.3 Fragekategorie 3: Koinzidenzen von Standort- und Gebäudeeigenschaften

Welche Korrelationen zwischen den eruierten Gebäudecharakteristika und den klimatischen Eigenschaften ihrer ehemaligen Standorte können festgehalten werden?

Die Kubaturen bzw. die charakteristischen Längen der in Holzbauweise errichteten Wohntrakte nehmen mit steigender Standortseehöhe kontinuierlich zu, wobei sich die l_c -Werte (0,71 m bis 1,43 m) bei Gebäudelagen zwischen 320 m und 1300 m Seehöhe verdoppeln. Die Wärmetransmissionskoeffizienten der Bauteilhüllen bleiben vergleichsweise konstant. Die mittleren U-Werte der Holzbauten variieren von 0,87 W/m²K bis 1,05 W/m²K, in Misch- und Mauerwerksbauweise errichtete Objekte weisen mittlere U-Werte zwischen 1,26 W/m²K und 1,85 W/m²K auf.

Das Verhältnis der Gesamtfensterfläche zur außenorientierten Fassadenfläche liegt bei den höchstgelegenen Gebäuden Hanslerhof, Paule, Säuerling und Laarerhof im Minimalwertebereich. (Die Anteile der Fenster- an den Außenfassadenflächen liegen bei 2 % bis 3,9 %.) Auch die durchschnittlichen Fenstergrößen dieser Objekte (sie betragen zwischen 0,15 m² und 0,22 m²) weisen die vergleichsweise geringsten Dimensionen innerhalb der Objektauswahl auf. Die Anzahl der Öffnungen erreicht hingegen mit 26 bis 37 Fenstern Höchstwerte.

Ähnlich gereiht ist auch das Verhältnis der Gesamlicheintrittsflächen zu den Bodenflächen der Wohnstuben. Dieses liegt bei den höchstgelegenen Objekten im Mindestwertebereich. (Die Licheintrittsflächen betragen zwischen 1,6 % und 2,14 % der Bodenflächen, der höchste bodenflächenbezogene Fensterflächenanteil liegt bei 18,1 %, und wird im Stubenbereich des Naglerhauses erreicht.)

Die Referenz-Heizwärmebedarfe der vier höchstgelegenen und in Holzbauweise erstellten Vergleichsobjekte Hanslerhof, Paule, Säuerling und Laarerhof sind die niedrigsten innerhalb des betrachteten Gebäudesamples. (Die Heizwärmebedarfe betragen zwischen 158,8 kWh/m²a und 208,8 kWh/m²a.) Ihr Durchschnittswert (179 kWh/m²a) erreicht etwa die Hälfte des Referenz-Heizwärmebedarfs des tiefstgelegenen und in Steinbauweise errichteten Gebäudes. (Der Wohnbereich des Schwarzmayrhofs erreicht einen Referenz-Heizwärmebedarf von 382,9 kWh/m²a.) Der niedrigste

standortklima-bezogene Heizwärmebedarf wird mit 201,2 kWh/m²a für das Naglerhaus errechnet, der Waldviertlerhof Brachhuber erreicht mit 592,6 kWh/m²a einen Höchstwert. Die standortklima-bezogenen Heizwärmebedarfe liegen durchschnittlich 25 % über den referenzklima-bezogenen Werten. Die größten Unterschiede von 40 % bis 47 % werden für hochgelegene Gebäude (Hanslerhof, Paule, Säuerling und Laarerhof) mit vergleichsweise geringen Referenz-Heizwärmebedarfen berechnet. Bei Tiefgelegenen wie dem Berglerhaus und dem Schwarzmayrhof betragen die Abweichungen 6 %.

Die Satteldächer der drei am weitesten im Westen gelegenen Vergleichsobjekte Naglerhaus, Hanslerhof und Rauchhaus weisen mit 18 Grad bis 26,5 Grad die geringsten Neigungswinkel innerhalb der Objektauswahl auf. Gleichzeitig erreichen ihre ehemaligen Errichtungsorte die höchsten Niederschlagswerte. Die untersuchten Standorte in Vorarlberg und Tirol sind zudem die schneereichsten. Hohe Schneedecken auf flach geneigten Dächern stellen in Abhängigkeit von ihrer Aufbauhöhe und Dichte eine Wärmedämmschicht dar, wobei insbesondere frisch gefallener, lockerer Schnee mit einer Dichte von weniger als 0,1 g/cm³ eine effektive, dämmende Wirkung entfalten kann. (Siehe Kapitel 2.1.2) Die Schopf- und Walmdächer der östlich gelegenen Gebäude sind deutlich steiler und zwischen 38 Grad und 50 Grad gebösch. Das Fehlen von Dachformen mit Neigungswinkeln zwischen 30 Grad und 35 Grad unterstreicht die in der Literatur festgehaltenen Angaben zur Dachgestaltung. (Siehe Kapitel 5.3.4)

Welche bauklimatisch relevanten Gebäudeeigenschaften stehen in möglicher Wechselbeziehung mit der Entstehungszeit der Vergleichsobjekte?

Auf Basis der für den Kernraum der sogenannten Kleinen Eiszeit, der in den Zeitraum zwischen dem 16. Und 19. Jahrhundert eingeordnet wird (siehe Kapitel 2.4.2), im Vergleich zur aktuellen Klimabetrachtungsperiode nachgewiesenen Temperaturabweichungen wird einen Anstieg an Heizgradtagen berechnet. Daraus wird eine Zunahme der standort-bezogenen Heizwärmebedarfe der untersuchten Wohnbereiche je nach Errichtungszeit von durchschnittlich 5 % abgeleitet. Eine Heizwärmebedarfs-Steigerung von 8 % gegenüber den aktuellen Klimabedingungen wird für die Gehöfte Naglerhaus und Berglerhaus eruiert, ein Anstieg von 2 % wir für das Objekt Großschrotter berechnet.

Die Gebäude Schwarzmayrhof, Berglerhaus, Naglerhaus und Brachhuber und damit jene Objekte, deren Entstehungszeiten am wenigsten weit in der Vergangenheit liegen, weisen rauchfreie Wohnstuben mit Nutzflächen im Größenordnungsbereich von etwa 25 m² auf. (Die ebenfalls rauchfreien Wohnräume der den Jahren 1629 und 1660 zugeordneten Objekten Rauchhaus und Hanslerhof haben mit 28 m² und 22,5 m² vergleichbare Größen.) Gegenüber den altartigen, 31,5 m² bis 53,8 m² großen Rauchstuben sind die Räume deutlich kleiner. Zudem sind die Raumlichten mit 1,9 m bis 2,48 m gegenüber den Durchgangshöhen der Rauchstuben von 2,61 m bis 2,85 m wesentlich verringert. (Die Niedrigkeit der Wohnräume wird durch die im Vergleich zu heute als geringer anzunehmenden Körpergröße der Bewohner (siehe Kapitel 1.2.3) etwas relativiert.)

Im Fall der jüngeren Objekte sind auch Veränderungen in Bezug auf die Raumbelichtung auffallend. So ist die Fensteranzahl von vier bis fünf bei rauchfreien Wohnräumen gegenüber den altartigen Rauchstuben mit bis zu zehn Öffnungen reduziert, gleichzeitig erreichen die durchschnittlichen Fensterdimensionen der jüngeren Wohnstuben den mehr als 5-fachen Wert gegenüber den Öffnungsgrößen der Rauchstuben. Die dadurch veränderten Tageslichtverhältnisse in den Innenräumen deuten auf eine Korrelation von erhöhten natürlichen Lichteinträgen mit Entwicklungsvorgängen in der Beleuchtungstechnik ab dem 18. Jahrhundert hin. (Siehe Kapitel 5.3.7)

Schlussbemerkung und Ausblick

Vordergründiges Ziel der Arbeit war es, die Adaptierung vernakulärer Architektur in Österreich an ihre klimatischen Standortbedingungen und ihre bauklimatischen Potenziale explorativ und auf Basis eines Sets an Fragestellungen durch empirisch erhobene (gemessenen, berechneten und simulierten) und vor allem vergleichbare Gebäudedaten zu erfassen und gegenüberzustellen. Durch den quantitativen Vergleich von Parametern im Kontext klimatischer Rahmenbedingungen werden Unterschiede und Parallelen zwischen Gebäudeformen aus verschiedenen Regionen und Hauslandschaften in Österreich verdeutlicht. Für ein tiefgehendes Verständnis der komplexen und untereinander wechselwirkenden Faktoren, die die Bildung vernakulärer Hausformen beeinflussen, ist es notwendig, neben den bautechnischen und baumorphologischen auch soziokulturelle, natur- und kulturräumliche Rahmenbedingungen und deren historische Entwicklungsvorgänge zu betrachten und diese mit den sich wandelnden Klimaverhältnissen der vergangenen Jahrhunderte in Bezug zu setzen. Lehrveranstaltungen, die während des Dissertationsstudiums besucht wurden, gaben den Anstoß, grundlegende, aus der Literatur recherchierte Informationen über Geologie und Bodenbeschaffenheit, Vegetation und Materialverfügbarkeit, Landerschließung und -besiedelung, Rechtsstellung einer großteils agrarischen Bevölkerung und landwirtschaftliche Entwicklungsvorgänge ebenso in die Arbeit zu integrieren, wie soziale Aspekte des ländlich-bäuerlichen Alltagslebens. Informationen zu diesen Einflussfaktoren bilden den erforderlichen Rahmen für die auf bau- und standortklimatische Betrachtungsaspekte fokussierenden Gebäudeanalysen.

Erweiterter Wissensstand

Vernakuläres Bauen wurde bereits vielfach als Wissensquelle für die Gebäudeentwicklung im Hinblick auf bevorstehende Klimaveränderungen identifiziert (siehe Einleitung). Durch die vorliegende Arbeit und die Auseinandersetzung mit der historischen Klimavariabilität werden Möglichkeiten aufgezeigt, den Wissensstand der Bauforschung über regional-traditionelle Gebäude zu erweitern.

Die durchgeführten Untersuchungen erfolgen im Kontext von negativen Abweichung der Durchschnittstemperaturen in Europa von etwa 0,5 °C im Zeitraum von 1601 bis 1900 im Vergleich zum Mittelwert der Vergleichsperiode 1971 – 2000. Die damit verbundenen Auswirkungen sind in den in Kapitel 2 zitierten historischen Aufarbeitungen klimabezogener Einflüsse auf die Lebensumstände der Menschen verdeutlicht. Sie können ergänzend zum Sonderbericht des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) von 2018, der unter anderem den wissenschaftlichen Kenntnisstand zu den Folgen von 1,5 °C Erwärmung gegenüber den vorindustriellen Bedingungen und zu Treibhausgasemissionen, die mit einer solchen Erwärmung konsistent sind, darstellt, zur Bewusstseinsbildung für klimawandelbedingte Konsequenzen beitragen.²⁴

Der Kenntnisstand über das Innenraumklima und die Behaglichkeitsverhältnisse in traditionellen Gebäuden wird durch auf reproduzierbaren Messdaten basierenden Informationen über Temperaturverteilungen und natürliche Raumbelichtung ausgedehnt. Die Rahmenbedingungen für das alltägliche Leben zur Zeit der Gebäudeentstehung und vielfach bis in jüngerer Vergangenheit (nach dem 2. Weltkrieg) können auf dieser Grundlage klarer dargestellt und mit heutigen Baustandards und aktuell geltenden Temperatur- und Belichtungserfordernissen verglichen werden.

Bauklimatische Analysen und Gegenüberstellungen von historischen (translozierten) Realobjekten, die auf dem Gelände von Freilichtmuseen und daher in unmittelbarer Nähe zueinander errichtet sind und so unter vergleichbaren Witterungsbedingungen betrachtet werden können, stellen eine neue

²⁴ <https://www.de-ipcc.de/256.php>, 30.5.2019

Untersuchungsmethode dar. Auf Basis parallel dazu gesammelter Klimadaten, solaren und lokal-augenscheinlichen Standortbeobachtungen in Bezug auf Geländetopographien, Exponiertheit und anderer Einflussfaktoren der ehemaligen Errichtungsorte, können die Gebäude im Kontext ihrer ursprünglichen Umgebungen analysiert werden.

Durch die Integration dendrochronologischer Bauforschung und ihrer resultierenden Erkenntnisse hinsichtlich des Alters der ausgewählten Fallbeispiele in den Untersuchungsprozess gelingt eine thematische Verschränkung von historischer Klimatologie mit bauklimatischen Gebäudeuntersuchungen. Folglich werden etwa quantifizierende Annahmen über die Energiebedarfe der Objekte auf Basis der für den Zeitraum ihrer Entstehung rekonstruierten Klimabedingungen ermöglicht.

Darüber hinaus können anhand von Realobjektanalysen Einflüsse von Raumausstattungen bzw. bautechnischen Neuerungen auf innenraumklimatische Eigenschaften im Vergleich zu altartigen Gebäudecharakteristika nicht nur qualitativ beurteilt, sondern auch quantitativ bewertet werden. So werden zum Beispiel die visuellen Raumeigenschaften von Rauchstuben, die durch eine hohe Anzahl an kleindimensionierten Öffnungen belichtet werden, mit den Tageslichteinträgen und -verteilungen in rauchfreien Wohnräumen mit größeren Fensterformaten und lichteintrags-begünstigenden Leibungsgeometrien verglichen und aktuellen Anforderungen an die natürlichen Lichteinträge gegenübergestellt. Zusätzlich werden gestalterische Elemente wie Wandvertäfelungen oder -verputze und ihre Wirkung auf thermische und visuelle Raumeigenschaften im Vergleich zu aus einfachen Blockbauelementen erstellten Räumen auf Grundlage numerischer Messparameter bewertet.

Durch das entwickelte Set aus Instrumentenmessungen, digitalen und analogen Berechnungsmethoden sowie Standort- und Lichtlaboranalysen können bauklimatische und -technische Schwachstellen an Bestandsgebäuden identifiziert und Entscheidungsgrundlagen für Maßnahmen zur baulichen Bestandsicherung und -optimierung geschaffen werden. Eine erste praktische Anwendung dieses Methodensets konnte im Rahmen des Projektes „The Influence of Daylight and Natural Airflow in the Architecture of the Museum Affandi, Yogyakarta“ im Jahr 2018 in einer Zusammenarbeit zwischen dem Department für Bauen und Umwelt der Donau-Universität Krems und dem Institut für Baugeschichte und Bauforschung der TU Wien bei Untersuchungen eines Galeriengebäudes in Indonesien durchgeführt werden. (ENGEL u. a., 2018) Die Analysen liefern die Grundlage für Maßnahmen zum Erhalt des Baubestandes und der darin präsentierten Kunstexponate. Als weiteres Einsatzgebiet sind vernakuläre Gebäude denkbar, die auch heute etwa in strukturschwächeren Regionen Europas als Wohnobjekte genutzt werden. Durch konstruktions- und materialgerechte Instandhaltungsmaßnahmen und adäquate technische Ausstattungen kann die zukunfts-gerichtete Nutzung und der Fortbestand dieser Gebäude unterstützt werden.



Abbildung 620: Galerie-Innenraum Museum Affandi, Yogyakarta (2018)

Abbildung 621: Thermographischen Untersuchungen des Galeriengebäudes

Abbildung 622: Regional-traditionelle und in Gebrauch stehende Wohngebäude in Letea, Rumänien (2019)

Ergänzend zu österreichischen Fallbeispiel-Untersuchungen werden in Kapitel 4 vernakuläre Gebäudetypen aus unterschiedlichen Erdteilen und ihre Adaption an weitere, teils extreme Klimaumgebungen vorgestellt. Die dort vorherrschenden Rahmenbedingungen werden anhand von Psychrometric Charts verdeutlicht, wodurch die klimatischen Ausgangslagen für ihre Entstehung gut verglichen werden können. Zudem werden in Kapitel 5 Gegenüberstellungen von historischen und aktuellen Fotoaufnahmen von bis zu 400 Jahre alten und bis zum heutigen Tag in Gebrauch befindlichen bäuerlich-ländlichen Gebäuden aus Österreich gezeigt. (Die Entstehungszeit des Pongauer Paarhofes in Wagrain in Abbildung 194 datiert aus dem Jahr 1619.) Der im Zuge von mehreren Exkursionen dokumentierte Zustand der Gehöfte verdeutlicht deren Robustheit gegenüber Umwelteinflüssen bei gleichzeitiger Flexibilität und Adaptierbarkeit an sich wandelnde Raumannsprüche.

Durch die Entwicklung einer Matrix, in die Informationen über Entstehungszeit und bauklimatisch relevante Eigenschaften von Beispielen vernakulärer Architektur sowie Klimafaktoren und -elemente ihrer Standorte eingearbeitet sind, ist eine Datenstruktur geschaffen, aus der Zusammenhänge zwischen Gebäuden und ihren lokal-klimatischen Rahmenbedingungen auf Basis numerischer Vergleichsdaten abgelesen werden können. Durch eine fortführende Anreicherung der Matrix mit weiteren Gebäude- und Standortinformationen und deren Zusammenschau können je nach Betrachtungsperspektive Parallelen und Unterschiede zwischen den Vergleichsobjekten sowie zeitbezogene Entwicklungsvorgänge und Maßnahmen zur baulichen Klimaadaptation abgelesen werden.

Durch das erstellte zwei- und dreidimensionale Planmaterial und die im 3D-Druckverfahren produzierten, maßstäblichen Modelle stehen zudem Gebäudeinformationen zur Verfügung, die für vergleichende Objekt-Veranschaulichungen sowie weiterführende Forschung und Instandhaltungen der Baubestände von Nutzen sind.

Diskussion der Untersuchungsmethoden

Die Untersuchung von in freier Landschaft vielfach untergegangenen bzw. gegenüber ihrem ursprünglichen Zustand stark veränderten Hausformen entspricht dem Gründungskonzept von Freilichtmuseen zur Schaffung von Nachschau-Möglichkeiten in Bezug auf technische und soziokulturelle Fragestellungen zum historischen Alltagsleben.

Vorteile

Durch die Anordnung von translozierten, regionaltypischen Gebäuden in räumlicher Nähe sind vergleichbare äußere Rahmenbedingungen für Gebäudeuntersuchungen zum Beispiel in Bezug auf die vorherrschenden Witterungsverhältnisse und kontrollierbare Abläufe von Nutzungs- und Heizvorgängen gegeben. Die Zugänglichkeit der Gebäude zur Erhebung notwendiger geometrischer Gebäudedaten, die Durchführung von Messkampagnen mit kalibrierten Messwerkzeugen und Monitorings des Gebäudeverhaltens über längere Betrachtungszeiträume sind durch koordinierende Absprachen mit der Museumsleitung gut organisierbar.

Die entstandenen digitalisierten Gebäudepläne und 3D-Modelle bilden die Grundlage für computerunterstützte Berechnungen, Simulationen und Lichtlaboruntersuchungen. Belichtungssituationen, die von objektspezifischen Parametern wie Raumausstattung (Vorhänge, Blumenschmuck, Zierelemente, etc.) und äußeren Umgebungseigenschaften (Nachbarbebauung, Vegetation, Oberflächen, etc.) maßgeblich beeinflusst sind, können anhand von virtuellen Modellen bei kontrollierbaren Rahmenbedingungen simuliert und vergleichend gegenübergestellt werden. Zusätzlich zu den Ermittlungen von Energiekennzahlen kann durch digitale Gebäudemodelle der Einfluss von veränderbaren baulichen Faktoren auf die Energiebedarfe der ausgewählten Objekte quantifiziert werden. Dazu werden zum Beispiel die Heizwärmebedarfs-Verbesserungspotenziale konditionierter Raumbereiche, die durch die Optimierung der Wärmetransmissionseigenschaften raumumschließender

Bauelemente aufgrund von Heueinlagerungen herbeigeführt werden können, durch Variation der Eingangsparameter von U-Werten in den Berechnungsprogrammen ermittelt.

Die durchgeführten Untersuchungen schließen an bereits bestehende Bauforschungsergebnisse an. Sie tragen dazu bei, den bautechnischen Kenntnisstand zu vernakulärer Architektur um bauklimatische und innenraum-analytische Aspekte zu erweitern. Die angewendeten Analysemethoden sind nachvollzieh- und reproduzierbar und auf weiterführende Projekte gut zu übertragen.

Limitierende Faktoren

Auch wenn die Wiedererrichtung der transferierten Gebäude durch Handwerker erfolgte, die mit traditionellen Bautechniken eng vertraut waren, sind die Beschaffenheiten der Ausstellungsobjekte vor allem im Fall von Mauerwerksbauten nicht identisch mit ihrem Zustand am Originalstandort, und weisen durch fallweise abweichenden Materialeinsatz und Verwendung veränderter Konstruktionselemente Unterschiede gegenüber dem Urzustand auf. Daher ist eine exakte Erfassung der bauphysikalischen Qualität der Bestandskonstruktionen nicht vollends gegeben. Die Eingangswerte für Wärmetransmissionseigenschaften der Gebäudehülle bei Energiebedarfsberechnungen beruhen jedoch auf begründeten Annahmen, die sich an in der Fachliteratur beschriebenen Abschätzungen der thermischen Qualitäten von Altbaukonstruktionen orientieren.

Die unzureichende Verfügbarkeit von digitalen Bestandsplänen und die Anwendung herkömmlicher Messmethoden zur Datensammlung für Plan- und Modellanfertigungen erforderten ein hohes Maß an Vorbereitungen für die eigentlichen bauklimatischen Messungen, Berechnungen und Simulationen. Aufgrund dieser hohen Aufwendungen ist der Umfang des untersuchten Gebäudesamples vergleichsweise klein. Es bedarf weiterer Fallbeispielanalysen und Einarbeitung ihrer Eigenschaften in die nun verfügbare Datenstruktur, um klimarelevante Besonderheiten regionaler Bautypen auf Basis einer größeren Anzahl an Vergleichsobjekten hervorzuheben und zu vergleichen. Für die effiziente Generierung von Plangrundlagen und 3D-Simulationsmodellen könnten zum Beispiel Werkzeuge zur digitalen Gebäudevermessung wie Photogrammetriekameras oder Laserscanner verwendet werden. Durch den Einsatz dieser Technologien würden zudem exakte, virtuelle Modelle entstehen, die dem Museum für die Verwaltung des Baubestandes zur Verfügung gestellt werden könnten.

Für die Durchführung von Messungen mit einer begrenzten Geräteanzahl und aufgrund von Witterungsabhängigkeiten während der Messperioden mussten die Gebäudemonitorings über einen langen Zeitraum auf mehrere Sommer- und Winterperioden aufgeteilt werden. Dabei waren Erfordernisse für den ungestörten Museumsbetrieb und von der Museumsleitung lange im Voraus festgelegte Termine, an denen die Gebäude beheizt wurden, bei der Planung von Messkampagnen zu beachten.

Fazit

Trotz dieser zur Kenntnis zu nehmenden und zu berücksichtigen Rahmenbedingungen und aufgrund des Bemühens um eine authentische Wiedergabe einstiger Wohn- und Lebensverhältnisse und ihrer Verpflichtung zur Erhaltung der historischen Bausubstanz ist die Nutzung von Freilichtmuseen als Eins-zu-eins-Labore eine geeignete Methode, die Eigenschaften vernakulärer Architektur aus bauklimatischer Sicht zu untersuchen und nachvollziehbar und realitätsnah darzustellen. Darüber hinaus bilden die Museen und die fachlichen Kenntnisse des Personals einen geeigneten Rahmen für den Wissenserwerb zum Gebrauch tradierter Techniken und Materialverwendungen.

Forschungsperspektiven

Die Erforschung raumklimatischer und energie-relevanter Gebäude- und Raumeigenschaften ergänzen die bautechnischen Untersuchungen vernakulärer Bauweisen und -strukturen. Zukünftige Analysen von ökonomischen und materialökologischen Aspekten können an den verfügbaren

Wissensstand anschließen. Dabei sind etwa die anfallenden und über den gesamten Lebenszyklus (von der Errichtung bis Entsorgung) betrachteten Kosten und Umweltwirkungen beim Einsatz traditioneller und moderner Bauweisen und Materialien (einschließlich ihrer Produktion- und Nutzungsphase, Wiederverwendbarkeit, Entsorgung sowie vor- und nachgeschaltete Prozesse zur Herstellung von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen) zu quantifizieren und gegenüberzustellen. Die dafür notwendigen Berechnungsmethoden und Datengrundlagen können durch den Wissensaustausch zwischen Forschern und auf traditionelle Bauweisen spezialisierte Handwerkern und anderen Experten entwickelt und erhoben werden.

Klimatisch relevante Bauentscheidungen einschließlich der Auswahl des Standortes wurden von den meist ungenannten Errichtern vernakulärer Gebäude ohne Anwendung moderner Analyse- und Berechnungswerkzeuge getroffen und umgesetzt. Auch die Instandhaltung der Bauwerke und ihrer Ausstattung erfolgte großteils auf Basis lokal verfügbarer Mittel und Materialien. Auf welchen theoretischen und praktischen Grundlagen wie etwa überlieferten Wissensbeständen oder Techniken die Bau- und Erhaltungsmaßnahmen erfolgten, kann im Rahmen weiterführender Forschung ebenfalls systematisch untersucht und aufbereitet werden.

In den Beschlüssen der 20. Generalversammlung der Vertragsstaaten des Welterbeübereinkommens wird angeregt, das inhärente Potenzial von Welterbegütern als Ressource zur Entwicklung von Klimaanpassungsstrategien sowie dahingehende traditionelle Kenntnisse und Praktiken anzuerkennen und zu fördern. Dies erfordert den Aufbau der notwendigen Kapazitäten zwischen Praktikern, Institutionen, betroffenen Gemeinschaften und Netzwerken über ein breites interdisziplinäres und intersektorales Spektrum hinweg, und schließt die Bewusstseinsbildung und Sensibilisierung der Öffentlichkeit, Ausbildung und Bildung mit ein. (UNESCO, 2015) Als „Archive unter freiem Himmel“ (Anm.: Begriff von Egbert Pöttler) bieten Freilichtmuseen dafür eine geeignete Lernumgebung für ein vielschichtiges Publikum.

Quellenverzeichnis

Literatur

- AICHER, FLORIAN ; KAUFMANN, HERMANN: *Belebte Substanz: umgebaute Bauernhäuser im Bregenzerwald*. 1. Auflage. München : Deutsche Verlags-Anstalt, 2015 — ISBN 978-3-421-04002-2
- AIGNER, ANITA: Das Vernakulare als Berufungsinstanz für die moderne Avantgarde. In: AIGNER, A. (Hrsg.): *Vernakulare Moderne*. Bielefeld : transcript, 2010
- ALHEIM, HANNA: Die Kunst des Schlafens. Serie. 3.12. Wien : Ö1 der Kultursender, Radiokolleg; Regie: Nikolaus Scholz, 2018
- ANDERL, MICHAEL ; BURGSTALLER, JOHANNES ; GUGELE, BERND ; GÖSSL, MICHAEL ; HAIDER, SIMONE ; HELLER, CHRISTIAN ; NIKOLAUS, IBESICH ; KAMPEL, ELISABETH ; U. A. ; UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.): *Klimaschutzbericht 2018*. 2. Auflage. Wien : Umweltbundesamt, 2018
- AUER, GERHARD: Dunkler Wohnen. In: CORRODI, M. ; SPECHTENHAUSER, K. (Hrsg.): *LichtEinfall: Tageslicht im Wohnbau*. Zürich; Basel [etc.] : ETH, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich ; Birkhäuser, 2008 — ISBN 978-3-7643-8634-4
- AUER, INGEBORG ; BÖHM, REINHARD ; MOHNL, REINHARD ; POTZMANN, ROLAND ; SCHÖNER, WOLFGANG ; SKOMOROWSKI, PAUL: *Öklim, Österreichisches Klima, Elemente, Karten, Stationen*. Wien : ZAMG, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, 2001
- BARTENBACH, CHRISTIAN: *Handbuch für Lichtgestaltung: lichttechnische und wahrnehmungspsychologische Grundlagen*. Wien : Springer, 2009 — ISBN 978-3-211-75779-6
- BÄTZING, WERNER: *Die Alpen: Geschichte und Zukunft einer europäischen Kulturlandschaft*. 4., völlig überarbeitete und erweiterte Auflage. München : Verlag C.H. Beck, 2015 — ISBN 978-3-406-67339-9
- BECKEL, INGE: *Online-Zeitschriftenartikel: Fortschrittliche «Rückständigkeit» : swiss-architects Profiles of Selected Architects*, http://www.swiss-architects.com/pages/hauptbeitrag/37_13_Learning_from_Vernacular, 2013
- BEHLING, SOPHIA ; BEHLING, STEFAN ; BERKOWITZ, NINA ; HIMMELBERG, WOLFGANG: *Sol power: die Evolution der solaren Architektur ; eine READ-Publikation (Renewable Energies in Architecture and Design) ; [auf der Grundlage eines Forschungsberichts für Sir Norman Foster & Partners und die Europäische Kommission, Abteilung für Erneuerbare Energien DG XII, Generaldirektion für Wissenschaft, Forschung und Entwicklung]*. München; New York : Prestel, 1996 — ISBN 3-7913-1651-6
- BEHRINGER, WOLFGANG: *Kulturgeschichte des Klimas: von der Eiszeit bis zur globalen Erwärmung, dtv*. 3. Aufl., ungekürzte Ausg. 2011. München : Dt. Taschenbuch-Verl, 2012 — ISBN 978-3-423-34652-8
- BEHRINGER, WOLFGANG: *Tambora und das Jahr ohne Sommer: wie ein Vulkan die Welt in die Krise stürzte*. 2. Aufl. München : Beck, 2016 — ISBN 978-3-406-67615-4
- BEITL, KLAUS: Das Montafonerhaus. In: *Haus und Hof in Österreichs Landschaft, Notring Jahrbuch*. Wien : Notring der wissenschaftlichen Gesellschaft Österreichs, 1973

- BENDIX, JÖRG: *Geländeklimatologie: mit 15 Tabellen, Studienbücher der Geographie*. Berlin : Borntraeger, 2004 — ISBN 3-443-07139-2
- BIRTALAN, AGNES ; AICHELE-PLATEN, A. ; BÖHME-WILK, C. ; CHRISTIANSEN, J. ; KEßLER, N. (Übers.): *Jurten und Zelte in der Inneren Mongolei*. In: PIESIK, S. (Hrsg.): *Habitat: traditionelle Bauweisen für den globalen Wandel, Edition Detail*. Deutsche Erstausgabe, erste Auflage. München : DETAIL Business Information GmbH, 2017 — ISBN 978-3-95553-393-9
- BLOM, PHILIPP: *Die Welt aus den Angeln: eine Geschichte der Kleinen Eiszeit von 1570 bis 1700 sowie der Entstehung der modernen Welt, verbunden mit einigen Überlegungen zum Klima der Gegenwart*. München : Carl Hanser Verlag, 2017 — ISBN 978-3-446-25458-9
- BOCKHORN, OLAF: *Das Bauernhaus im Burgenland*. In: *Haus und Hof in Österreichs Landschaft, Notring Jahrbuch*. Wien : Notring der wissenschaftlichen Gesellschaft Österreichs, 1973
- BOGUSCH, NORBERT ; DUZIA, THOMAS: *Basiswissen Bauphysik: [Grundlagen des Wärme- und Feuchteschutzes]*. 1. Auflage. Stuttgart : Fraunhofer IRB-Verl., 2012 — ISBN 3-8167-8613-8
- BOZSING, SUSANNE: *Das österreichische Bauernhaus untersucht nach genderspezifischen und hierarchischen Verhältnissen im Vergleich zur internationalen vernakulären Architektur*. Wien, Technische Universität Wien, Diplomarbeit, 2017
- BRANDI, ULRIKE ; AUGUSTESEN, CHRISTINA ; ULRIKE BRANDI LICHT GMBH (HAMBURG): *Tageslicht, Kunstlicht Grundlagen ; Ausführung ; Beispiele*. München : Inst. für Internationale Architektur-Dokumentation, 2005 — ISBN 3-920034-12-0
- BREUSS, SUSANNE: *Der Stoff*. In: *Kleider und Leute, Vorarlberger Landesausstellung*. Bregenz : Amt der Vorarlberger Landesregierung, 1991
- BRUNNER-GAUREK, MONIKA: *Freilichtmuseen in Österreich*. In: *Denkmalpflege in Niederösterreich, Museumsdörfer*. Bd. 48. St. Pölten : Amt der NÖ Landesregierung, 2013
- BUNDESDENKMALAMT: *Herzbrett und Hirnholz Bretterböden, Dielung und Holzstöckpflaster, Ausstellung* (Informationstafel). Kartause Mauerbach : Bundesdenkmalamt, 2018
- CONRAD, KURT: *Die bäuerlichen Hauslandschaften Salzburgs*. In: SPIELHOFER, H. ; FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR WOHNEN, BAUEN UND PLANEN (Hrsg.): *In alten Bauernhäusern leben*. 2. Auflage. Graz : Leopold Stocker Verlag, 1981
- COOK, JEFFREY: *Climate*. In: OLIVER, P. (Hrsg.): *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*. Bd. 1, Theories and Principles v. 3. 1. Aufl. Cambridge : Cambridge University Press, 1997 — ISBN 0-521-56422-0
- CORRODI, MICHELLE ; SPECHTENHAUSER, KLAUS: *LichtEinfall: Tageslicht im Wohnbau*. Zürich; Basel [etc.] : ETH, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich ; Birkhäuser, 2008 — ISBN 978-3-7643-8634-4
- CZYSZ, WOLFGANG: *Ohne Mehl ist nichts gebacken! Das Mühlenwesen in Mittelalter und Neuzeit*. In: ETZLSTORFER, H. ; PFAFFENBICHLER, M. ; RAPP, C. ; REGNER, F. (Hrsg.): *Brot und Wein, Ausstellungskatalog zur Niederösterreichischen Landesausstellung 2013*. 1. Auflage. Schallaburg : Kultur Niederösterreich, 2013
- DACHLER, ANTON: *Anlage, Herstellung und Zierformen des Bauernhauses*. In: *Das Bauernhaus in Österreich Ungarn, Österreichische Ingenieur und Architekten-Verein*. Bd. 2. Teil Textband. Hannover : Curt R. Vincentz Verlag, 1906

- DANGSCHAT, JENS: Vorlesung: Wohnen im gesellschaftlichen Wandel, LVA 280.256, TU Wien 2016, TU Wien (2016)
- DANIEL, MAGDALENA: *Haustechnik im 19. Jahrhunderte Das Beispiel der Heizungs- und Ventilationstechnik im Krankenhausbau*. Zürich, Dissertation ETH Zürich, 2015
- DIMT, GUNTER: Die Hauslandschaften Oberösterreichs. In: SPIELHOFER, H. ; FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR WOHNEN, BAUEN UND PLANEN (Hrsg.): *In alten Bauernhäusern leben*. 2. Auflage. Graz : Leopold Stocker Verlag, 1981
- DIMT, GUNTER: *Bauernhöfe: historische Gehöfte in Oberösterreich, Studien zur Kulturgeschichte von Oberösterreich*. Weitra : Verl. publication PNo1, Bibliothek der Provinz, 2009 — ISBN 978-3-85252-854-0
- DIN 5031 3: Strahlungsphysik im optischen Bereich, Größen, Formelzeichen und Einheiten der Lichttechnik, 1982
- DIN 5034-1: Tageslicht in Innenräumen, allgemeine Anforderungen, ICS 91.160.10, 2011
- DIN 5034-2: Tageslicht in Innenräumen, Grundlagen, 1985
- DIN EN 410: DIN EN 410, Glas im Bauwesen - Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen, 2011
- DIN EN 15251: DIN EN 15251, Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik; Deutsche Fassung EN 15251:2007 (2007)
- DURRER, MARKUS: Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik. In: BACHMANN, P. ; LANGE, M. (Hrsg.): *Mit Sicherheit gesund Bauen*. 2. Auflage. Wiesbaden : Springer Vieweg, 2013
- DUZIA, THOMAS ; BOGUSCH, NORBERT: *Basiswissen Bauphysik: Grundlagen des Wärme- und Feuchteschutzes*. 2., aktualisierte Aufl. Stuttgart : Fraunhofer-IRB-Verl, 2014 — ISBN 978-3-8167-9135-5
- DWORSKY, ALFONS: Weg, Grenze, Bereich. Ein Essay über Bedeutung, Funktion und Form dreier archaischer Gliederungselemente in der anonymen ländlichen Architektur, Technisch Universität Wien, Inst. Hochbau für Architekten, Abt. für ländliches Bauwesen (undatiert)
- DWORSKY, ALFONS: *Entwicklung und Typologie der Salzburger Bauernhöfe*. Wien, Technische Universität Wien, Dissertation, 1984
- DWORSKY, ALFONS: Europäische Bauernhausforschung - Ein kurzer historischer Abriss. In: *Denkma[i]l, Gefährdete historische Bauernhöfe*. Nr. 17. Wien, 2014, S. 6–7
- DWORSKY, ALFONS: Vorlesung: Interventionen im Ländliche Raum, Vorlesungsmanuskript: Gregor Radinger, LVA 260.372, TU Wien 2017.
- DWORSKY, ALFONS: *Architektur als soziales Ereignis, Landschaft Lesen*. Bd. Heft 1. Wien : Landluft in Kooperation mit dem Fachbereich Städtebau, Institut für Städtebau, Landschaftsarchitektur und Entwerfen Technische Universität Wien, 2018a — ISBN 978-3-9504600-0-1
- DWORSKY, ALFONS: *Vortrag: Landschaften Lesen*. Wien : <http://dworsky.landluft.at/aktuelles.html>, 2018b

- DWORSKY, ALFONS ; LEITNER, JUDITH: *Überlegungen zum Bauen am Land, Landschaft Lesen*. Bd. Heft 2. Wien : Landluft in Kooperation mit dem Fachbereich Städtebau, Institut für Städtebau, Landschaftsarchitektur und Entwerfen Technische Universität Wien, 2019 — ISBN 978-3-9504600-1-8
- EDER, ALEXANDER: *Baulicher Holzschutz: Informationsheft für Baufachleute, Stolz auf Holz*. 1. Aufl. Klosterneuburg : Österreichischer Agrarverl, 1997 — ISBN 978-3-7040-1366-8
- EIGL, J.: *Das Salzburger Gebirgshaus (Pinzgauer Typus)*. Wien : AD Lehmann, 1894
- ENGEL, PATRICIA ; HERBIG, ULRIKE ; RADINGER, GREGOR ; STUMPF, WOLFGANG ; STYHLER-AYDIN, GUDRUN ; ADI SURYABRATA, JATMIKA: Endbericht: The Influence of Daylight and Natural Airflow in the Architecture of the Museum Affandi, Yogyakarta. In: . Wien : ASEA Uninet, 2018
- FEIST, WOLFGANG: Heizsysteme und Behaglichkeit: Ist Behaglichkeit messbar? In: *Temperaturdifferenzierung in der Wohnung, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser*. Darmstadt : Passiv Haus Institut, 2004
- FLIEGE, THOMAS: *Bauernfamilien zwischen Tradition und Moderne: eine Ethnographie bäuerlicher Lebensstile, Campus Forschung*. Frankfurt/Main New York : Campus-Verl, 1998 — ISBN 978-3-593-35946-5
- FREY, SIMONE: *Parameterstudie Kühlenergiebedarf von mehrgeschossigen Wohngebäuden: Wechselwirkungen zwischen Bebauungsstrukturen und Kühlenergiebedarf von Gebäuden*. Wien, Fachhochschule Technikum Wien, Master Thesis zur Erlangung des akademischen Grades „Master of Science in Engineering“ im Masterstudiengang Erneuerbare Urbane Energiesysteme, 2014
- FÜRST, JOSEF ; HAFNER, NIKOLAI: Bodendeckung in Österreich. In: HOFMANN, T. ; SCHÖNLAUB, H. P. (Hrsg.): *Geo-Atlas Österreich*. Wien : Böhlau, 2007
- GLASER, RÜDIGER: *Klimageschichte Mitteleuropas*. Darmstadt : Primus Verlag, 2001 — ISBN 3-89678-405-6
- GNAIGER, ROLAND: *Vortrag: Basehabitat - Ziele und Programmatik*. Wien : <http://www.landluft.at/?p=4324>, 2015
- GRABNER, MICHAEL: *Wald-Holz-Werkstoff, Sparkling Science > Wissenschaft ruft Schule, Schule ruft Wissenschaft* (Abschlussbericht Nr. SPA04/188). Wien : Universität für Bodenkultur, 2014
- GRABNER, MICHAEL: Expertenbefragung zu dendrochronologischen Untersuchungen; Notizen und Aufzeichnungen: Gregor Radinger, Tulln 2017.
- GRIESER, GEORG: *Bauernleben: vom bäuerlichen Leben und Arbeiten in vergangener Zeit*. 1. Aufl. Gräfelfing : Kommunikationskontor, 1992 — ISBN 978-3-929577-00-6
- GRUNWALD, MARTIN: *Homo hapticus: warum wir ohne Tastsinn nicht leben können*. München : Droemer, 2017 — ISBN 978-3-426-27706-5
- GSCHWEND, MAX: Alpine. In: OLIVER, P. (Hrsg.): *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*. Bd. 2, Cultures and Habitats v. 3. 1. Aufl. Cambridge : Cambridge University Press, 1997 — ISBN 0-521-56422-0
- HAAS, JOHANNES ; FECHNER, JOHANNES ; KUCHAR, FRANZ: *Handbuch für Energieberatung*, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (2016)

- HAAS-ARNDT, DORIS ; RANFT, FRED: *Tageslichttechnik in Gebäuden*. Heidelberg : Müller, 2007 — ISBN 978-3-7880-7790-7
- HABERLANDT, M. ; DACHLER, ANTON: *Das Bauernhaus in Österreich-Ungarn und seinen Grenzgebieten*. Dresden : Verlag des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins in Wien und von Gerhard Kührtmann, 1906
- HABERLANDT, M. ; DACHLER, ANTON: *Das Bauernhaus in Österreich Ungarn*. Bd. Atlas. 1905 : Österreichischer Ingenieur- und Architektenverein
- HÄCKEL, HANS: *Meteorologie*. Stuttgart; Stuttgart : UTB ; Ulmer, E, 2012 — ISBN 978-3-8252-3700-4
- HAMMER, RENATE ; HOLZER, PETER: *Qualität und Quantität des Tageslichtangebots im Innenraum*, Wien, Dissertation TU Wien, 2009
- HAMMER, RENATE ; RADINGER, GREGOR: Belichtung und Beleuchtung von Innenräumen. In: BACHMANN, P. ; LANGE, M. (Hrsg.): *Mit Sicherheit gesund bauen: Fakten, Argumente und Strategien für das gesunde Bauen, Modernisieren und Wohnen*. 2. Aufl. Wiesbaden : Springer Vieweg, 2013 — ISBN 978-3-8348-2522-3
- HARLFINGER, REINHOLD: Die bäuerliche Baukunst im Burgenland. In: SPIELHOFER, H. ; FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR WOHNEN, BAUEN UND PLANEN (Hrsg.): *In alten Bauernhäusern leben*. 2. Auflage. Graz : Leopold Stocker Verlag, 1981
- HAUSLADEN, GERHARD ; HAUSLADEN, GERHARD ; SALDANHA, MICHAEL DE ; LIEDL, PETRA ; KAUFMANN, HERMANN: *ClimaSkin: Konzepte für Gebäudehüllen, die mit weniger Energie mehr leisten*. München : Callwey, 2006 — ISBN 978-3-7667-1677-4
- HAUSLADEN, GERHARD. ; LIEDL, PETRA ; SALDANHA, MIKE DE ; LIEDL, PETRA ; LIEDL, PETRA ; SALDANHA, MIKE DE ; SALDANHA, MIKE DE: *Klimagerecht Bauen: ein Handbuch*. Basel : Birkhäuser, 2012 — ISBN 978-3-0346-0727-8
- HAYWARD, RICHARD: Cooking and Heating. In: OLIVER, P. (Hrsg.): *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*. Bd. 1, Theories and Principles v. 3. 1. Aufl. Cambridge : Cambridge University Press, 1997 — ISBN 0-521-56422-0
- HECKL, RUDOLF: *Die Grundformen des ländlichen Bauens*. Salzburg : O. Müller, 1949
- HECKL, RUDOLF: *Leitfaden für das landwirtschaftliche Bauwesen*. Bd. 163. Wien : Scholl Verlag, 1950
- HEGGER, MANFRED ; HARTWIG, JOST ; KELLER, MICHAEL ; REICHEL, A. ; SCHULTZ, K. (Hrsg.): *Wärmen und Kühlen: Energiekonzepte, Prinzipien, Anlagen*. Basel : Birkhäuser, 2012 — ISBN 978-3-0346-0511-3
- HERZOG, THOMAS: *Fassaden Atlas*. 1. Basel ; Boston : Birkhauser-Publishers for Architecture, 2004 — ISBN 3-7643-7109-9
- HOCHBERG, ANETTE ; HAFKE, JAN-HENRIK ; RAAB, JOACHIM: *Öffnen und Schliessen: Fenster, Türen, Tore, Loggien, Filter*. Basel; Boston, Mass; Berlin : Birkhäuser, 2010 — ISBN 978-3-7643-9960-3
- HOCHMEISTER: Mondseer Rauchhaus. In: DWORSKY, A. (Hrsg.): *Ländliches Bauwesen, Studienblattsammlung*. Wien : Technische Universität Wien, Institut für Hochbau für Architekten, Hochbau 2, 1984

- HOFMANN, THOMAS ; SCHÖNLAUB, HANS P.: Geo-Atlas Österreich: die Vielfalt des geologischen Untergrundes. Wien : Böhlau, 2007 — ISBN 978-3-205-77726-7
- HÖLZL, SEBASTIAN: Hof und Familiengeschicht des Hansler (Hausler). In: *Der „Hanslerhof“ aus Alpbach im Österreichischen Freilichtmuseum, Schriften und Führer des Österreichischen Freilichtmuseums*. Stübing : Selbstverlag des österreichischen Freilichtmuseums Stübing, 1992
- HÖNGER, CHRISTAN ; BRUNNER, ROMAN ; MENTI, URS-PETER ; WIESER, CHRISTOPH ; CAMINADA, GION ; RAHM, PHILIPPE ; ROESLER, SASCHA: Klima und Architektur. In: UNRUH, T. (Hrsg.): *Das Klima als Entwurfsfaktor*. Bd. 1. Band. Luzern : Quart Verlag Luzern, Heinz Wirz, 2013
- HUEBER, FRIEDEMUND: Die bäuerlichen Anwesen. In: *BauArt Ausseerland, Schriftenreihe des Kammerhofmuseums Bad Aussee*. Bd. 31. Bad Aussee : Arbeitsgemeinschaft Ausseer Kammerhofmuseum, 2015 — ISBN 9783901370315
- HUMPHREY, M.A.: Field studies of comfort compared and applied, Build. Serv. Eng. 44 (1976)
- ILG, KARL: Der Bregenzerwälderhof. In: *Haus und Hof in Österreichs Landschaft, Notring Jahrbuch*. Wien : Notring der wissenschaftlichen Gesellschaft Österreichs, 1973a
- ILG, KARL: Die alemannischen Baugewohnheiten im Vorarlberger Rheintal. In: *Haus und Hof in Österreichs Landschaft, Notring Jahrbuch*. Wien : Notring der wissenschaftlichen Gesellschaft Österreichs, 1973b
- ILG, KARL: Die Tiroler Bäuerlichen Haus- und Hofformen. In: *Haus und Hof in Österreichs Landschaft, Notring Jahrbuch*. Wien : Notring der wissenschaftlichen Gesellschaft Österreichs, 1973c
- ILG, KARL: Haus und Hof der Walser. In: *Haus und Hof in Österreichs Landschaft, Notring Jahrbuch*. Wien : Notring der wissenschaftlichen Gesellschaft Österreichs, 1973d
- ILG, KARL: Die Haus- und Hofformen in Tirol. In: SPIELHOFER, H. ; FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR WOHNEN, BAUEN UND PLANEN (Hrsg.): *In alten Bauernhäusern leben*. 2. Auflage. Graz : Leopold Stocker Verlag, 1981
- JÄGER-KLEIN, CAROLINE ; RADINGER, GREGOR ; STUMPF, WOLFGANG ; STYHLER-AYDIN, GUDRUN: *Vortrag: The Interrelation of Structure, Natural Ventilation and Daylight Input in the Historical Architecture of Jeddah, Saudi Arabia, 5th International Congress on Construction History*. Chicago, 2015a
- JÄGER-KLEIN, CAROLINE ; STYHLER-AYDIN, GUDRUN ; RADINGER, GREGOR ; STUMPF, WOLFGANG: Untersuchungen zur Sonneneinstrahlung und natürlichen Lüftung an einem typischen historischen Wohnhaus in der Altstadt von Dschiddah. In: *Bauphysik Wärme Feuchte Schall Brand Licht Energie*. Bd. Heft 6 (2015b), Nr. Bauphysik 37, S. 345–354
- KENNTNER, GEORG: *Die Veränderungen der Körpergröße des Menschen*. Karlsruhe, Universität des Saarlandes, Philosophische Fakultät, Dissertation, 1963
- KIRCHHEIM, JOHANN: Das Bauernhaus des Walgaues und der Walserischen Bergtäler Vorarlbergs. In: DWORSKY, A. (Hrsg.): *Ländliches Bauwesen, Studienblattsammlung*. Wien : Technische Universität Wien, Institut für Hochbau für Architekten, Hochbau 2, 1980
- KLAAR, ADALBERT ; BERGLANDABTEILUNG DES REICHSMINISTERIUMS FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT IN BERLIN (Hrsg.): *Siedlungsformenkarte der Reichsgaue Wien, Kärnten*,

Niederdonau, Oberdonau, Salzburg, Steiermark und Tirol und Vorarlberg : Druck und Kommissionsweiser Verlag der Staatsdruckerei Wien, 1942

- KLAAR, ADALBERT: Oberösterreich. In: *Haus und Hof in Österreichs Landschaft, Notring Jahrbuch*. Wien : Notring der wissenschaftlichen Gesellschaft Österreichs, 1973
- KLAAR, ADALBERT: Haus- und Hofforschung in Niederösterreich. In: SPIELHOFER, H. ; FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR WOHNEN, BAUEN UND PLANEN (Hrsg.): *In alten Bauernhäusern leben*. 2. Auflage. Graz : Leopold Stocker Verlag, 1981
- KLAAR, ADALBERT: Bauaufnahmen Bauernhäuser
- KOEPF, HANS ; BINDING, GÜNTHER: *Bildwörterbuch der Architektur*. Stuttgart : Kröner, 2005 — ISBN 3-520-19404-X
- KOTHMAIER, CHRISTOPH: *Die gefühlte Temperatur als Parameter für bioklimatische Vergleiche in der Steiermark*. Graz, Karl-Franzens-Universität, Masterarbeit, 2017
- KREC ; BOINTNER ; BEDNAR ; EIKEMEIER ; GHAEMI ; HAAS ; HARREITHER ; HUBER-FAULAND ; U. A.: Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung, Bundesministerium für Verkehr Innovation und Technologie (2012)
- KRENMAYER, HANS G.: Geologische Übersichtskarte der Republik Österreich. In: HOFMANN, T. ; SCHÖNLAUB, H. P. (Hrsg.): *Geo-Atlas Österreich*. Wien : Böhlau, 2007
- KRETSCHMER, INGRID ; TOMASI, ELISABETH: Historische Gehöftformen. In: *Österreichischer Volkskundeatlas*. Bd. 6. Lieferung v. Blatt 96. Graz-Wien-Köln : H. Böhlau Nachf., 1977
- KROMP-KOLB, HELGA ; FORMAYER, HERBERT: *Plus zwei Grad: warum wir uns für die rettung der welt erwärmen sollten* : Molden, 2018 — ISBN 978-3-99040-494-2
- KUNDEGRABER, MARIA: Das „Erzherzog-Johann-Haus“. In: *Haus und Hof in Österreichs Landschaft, Notring Jahrbuch*. Wien : Notring der wissenschaftlichen Gesellschaft Österreichs, 1973
- LECHNER, NORBERT: *Heating, cooling, lighting: sustainable design methods for architects*. 3rd ed. Hoboken, N.J : John Wiley & Sons, 2009 — ISBN 978-0-470-04809-2
- LEHNER, ERICH: *Roots of architecture: building traditions in non-European cultures*. Vienna : IVA-ICRA publishing for Institute for Comparative Architecture, 2016a — ISBN 978-3-900265-36-6
- LEHNER, ERICH: Vernakuläre Architektur, Vorlesungsmitschrift: Gregor Radinger, LVA 251.012, TU Wien, 2016.
- LEHNER, ERICH: *Vortrag: Aspekte der Identitätsbildung in der vernakulären Architektur; Wissenstransfer im FFG-Projekt Gebäudesoftskills*. Donau Universität Krems, 2018
- LIPP, BERNHARD: *Vortrag: Thermische Behaglichkeit; Wissenstransfer im FFG-Projekt Gebäudesoftskills*. Donau Universität Krems, 2017
- LUDWIG, KARL-HEINZ: *Eine kurze Geschichte des Klimas: von der Entstehung der Erde bis heute, Beck'sche Reihe*. Orig.-Ausg., 2., durchges. Aufl. München : Beck, 2007 — ISBN 978-3-406-56557-1
- MÄRTIN, RALF-PETER ; RANSMAYR, CHRISTOPH: *Die Alpen in der Antike: Von Ötzi bis zur Völkerwanderung*. Frankfurt am Main : S. Fischer, 2017 — ISBN 978-3-10-002539-5

- MARTISCHNIG, MICHAEL: Grundlagen moderner Gehöftplanung. In: *Haus und Hof in Österreichs Landschaft, Notring Jahrbuch*. Wien : Notring der wissenschaftlichen Gesellschaft Österreichs, 1973
- MAUELSHAGEN, FRANZ: *Klimageschichte der Neuzeit 1500-1900, Geschichte kompakt*. Darmstadt : Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 2010 — ISBN 978-3-534-21024-4
- MILAN, WOLFGANG ; SCHICKHOFER, G.: *Bauernhäuser in Österreich: Umbaubeispiele, praktische Tips*. Graz : Stocker, 1992 — ISBN 978-3-7020-0640-2
- MITROVITS, MARKUS: *Elementare Bauweisen im Vergleich*. Wien, Technische Universität Wien, Diplomarbeit, 2014
- MITTERAUER, MICHAEL: Formen ländlicher Familienwirtschaft. Historische Ökotypen und familiäre Arbeitsorganisation im österreichischen Raum. In: EHMER, J. (Hrsg.): *Familienstruktur und Arbeitsorganisation in ländlichen Gesellschaften*. Wien Graz : Böhlau, 1986
- MITTERAUER, MICHAEL: Roggen, Reis und Zuckerrohr Drei Agrarrevolutionen des Mittelalters im Vergleich. In: CERMAN, M. ; STEFFELBAUER, I. ; TOST, S. (Hrsg.): *Agrarrevolutionen: Verhältnisse in der Landwirtschaft vom Neolithikum zur Globalisierung, Querschnitte*. Innsbruck : Studien Verlag Verein für Geschichte und Sozialkunde (VGS), 2008 — ISBN 978-3-7065-4638-6
- MITTERECKER, THOMAS: Climatic and topographic influences. In: DOUBRAWA, I. ; LEHNER, E. ; RIEGER-JANDL, A. (Hrsg.): *Village Architecture in Sumatra*. Wien : IVA-ICRA Publishers, Vienna, Austria, 2016
- MITTERMÜLLER, FRANZ: Zur Zeitgeschichte des Vulgo „Säuerling“. In: *Der „Säuerling“ aus Einach an der Mur im Österreichischen Freilichtmuseum in Stübing, Schriften und Führer des Österreichischen Freilichtmuseums*. Stübing : Selbstverlag des österreichischen Freilichtmuseums Stübing, 2001 — ISBN 3-9500651-6-4
- MOSER, OSKAR: Im Bewegungsfeld der Kärntner Hauslandschaft. In: SPIELHOFER, H. ; FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR WOHNEN, BAUEN UND PLANEN (Hrsg.): *In alten Bauernhäusern leben*. 2. Auflage. Graz : Leopold Stocker Verlag, 1981
- MOSER, OSKAR: *Handbuch für das Kärntner Freilichtmuseum*. Klagenfurt : Selbstverlag des Kärntner Freilichtmuseums, 1985
- NAGL, HUBERT: Klimageographie, Hochschülerschaft an der Universität Wien, Wirtschaftsbetriebsgesellschaft m.b.H (1983). — 3. Auflage, Verlags-Nr.: SGRU 072 155
- N.N: NCD RISK FACTOR COLLABORATION (NCD-RISC): *A century of trends in adult human height, Epidemiology and Global Health* (2015)
- NICOLAI, ANDREAS: *Bäuerliches Erbrecht in rechtshistorischer und vergleichender Sicht*. Graz, Karl-Franzens-Universität, Diplomarbeit, 2010
- OIB - 6: OIB Richtlinie 6, Energieeinsparung und Wärmeschutz, OIB-330.6-009/15, 2015
- OIB - 3: OIB Richtlinie 3, Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz, OIB-330.3-009/15, 2015
- ÖNORM 8110-3: ÖNORM 8110-3, Wärmeschutz im Hochbau, Wärmespeicherung und Sonneneinflüsse, 1999

- ÖNORM 8110-1: ÖNORM 8110-1, Wärmeschutz im Hochbau, Anforderungen an den Wärmeschutz und Deklaration des Wärmeschutzes von Gebäuden/Gebäudeteilen, Heizwärmebedarf und Kühlbedarf, 2008
- ÖNORM 8110-5: ÖNORM 8110-5, Wärmeschutz im Hochbau, Klimamodell und Nutzungsprofile, 2007
- ÖNORM EN 12464: ÖNorm EN 12464, Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten, Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen, 2009
- ÖNORM EN ISO 7730: ÖNorm EN ISO 7730, Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PDD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit, 2006
- OSTERHAUS, WERNER: *Vortrag: Tageslicht: Gesundheit, Behaglichkeit - Vorläufige EU-Norm 17037, Wien 2017; Veranstaltung: Klima-aktiv Round Table „Gebäude Qualitäten im Gespräch“.* Wien, 2017
- PARKES, EDMUND: *A Manual of Practical Hygiene.* 6. Aufl. New York : William Wood & Company, 1883
- PETICZKA, ROBERT ; HUBER, SIGBERT ; BAUMGARTEN, ANDREAS: Böden in Österreich. In: HOFMANN, T. ; SCHÖNLAUB, H. P. (Hrsg.): *Geo-Atlas Österreich.* Wien : Böhlau, 2007
- PFÄFFENBICHLER, MATTHIAS: Revolution und Krise, Entwicklung der Landwirtschaft im Hochmittelalter und in der frühen Neuzeit. In: ETZLSTORFER, H. ; PFÄFFENBICHLER, M. ; RAPP, C. ; REGNER, F. (Hrsg.): *Brot und Wein, Ausstellungskatalog zur Niederösterreichischen Landesausstellung 2013.* 1. Auflage. Schallaburg : Kultur Niederösterreich, 2013
- PFISTER, CHRISTIAN ; LUTERBACHER, JÜRIG ; WANNER, HEINZ: *Wetternachhersage: 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen (1496-1995).* Bern : P. Haupt, 1999 — ISBN 978-3-258-05696-8
- PICKL, OTHMAR: Zur Geschichte des „Groß-Schrotter“-Hofes. In: *Der Gross-Schrotter im Österreichischen Freilichtmuseum, Schriften und Führer des Österreichischen Freilichtmuseums.* Stübing : Selbstverlag des österreichischen Freilichtmuseums Stübing, 1978
- PIESIK, SANDRA ; AICHELE-PLATEN, A. ; BÖHME-WILK, C. ; CHRISTIANSEN, J. ; KEßLER, N. (Übers.): Einleitung. In: PIESIK, S. (Hrsg.): *Habitat: traditionelle Bauweisen für den globalen Wandel, Edition Detail.* Deutsche Erstausgabe, erste Auflage. München : DETAIL Business Information GmbH, 2017 — ISBN 978-3-95553-393-9
- PLÖCKINGER-WALENTA, VERONIKA: *Vortrag: Freilichtmuseen im Spannungsfeld von Hausforschung und Living History; Vortragsmanuskript: Gregor Radinger, TU Wien, 2018.* TU Wien, 2018
- POSCH, THOMAS ; FREYHOFF, ANJA ; UHLMANN, THOMAS: *Das Ende der Nacht: die globale Lichtverschmutzung und ihre Folgen.* Weinheim : Wiley-VCH, 2010 — ISBN 978-3-527-40946-4
- PÖTTLER, EGBERT: Expertenbefragung: Das Freilichtmuseum aus Sicht des Museumsdirektors, Gesprächsprotokoll (siehe Anhang): Gregor Radinger, Stübing 2017.
- PÖTTLER, VIKTOR: Das Bauernhaus in der Steiermark. In: *Haus und Hof in Österreichs Landschaft, Notring Jahrbuch.* Wien : Notring der wissenschaftlichen Gesellschaft Österreichs, 1973

- PÖTTLER, VIKTOR: *Der Gross-Schrotter im Österreichischen Freilichtmuseum, Schriften und Führer des Österreichischen Freilichtmuseums*. Stübing : Selbstverlag des österreichischen Freilichtmuseums Stübing, 1978
- PÖTTLER, VIKTOR: *Das Rauchstubenhaus „Laarer“, Schriften und Führer des Österreichischen Freilichtmuseums*. Stübing : Selbstverlag des österreichischen Freilichtmuseums Stübing, 1981a
- PÖTTLER, VIKTOR: Haus und Hof in der Steiermark. In: SPIELHOFER, H. ; FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR WOHNEN, BAUEN UND PLANEN (Hrsg.): *In alten Bauernhäusern leben*. 2. Auflage. Graz : Leopold Stocker Verlag, 1981b
- PÖTTLER, VIKTOR: *Vorarlberg im Österreichischen Freilichtmuseum, Schriften und Führer des Österreichischen Freilichtmuseums*. Stübing : Selbstverlag des österreichischen Freilichtmuseums Stübing, 1984
- PÖTTLER, VIKTOR: *Der „Hanslerhof“ aus Alpbach im Österreichischen Freilichtmuseum, Schriften und Führer des Österreichischen Freilichtmuseums*. Stübing : Selbstverlag des österreichischen Freilichtmuseums Stübing, 1992a
- PÖTTLER, VIKTOR: *Das „Berglerhaus“ aus Neustift bei Güssing im Österreichischen Freilichtmuseum, Schriften und Führer des Österreichischen Freilichtmuseums*. Stübing : Selbstverlag des österreichischen Freilichtmuseums Stübing, 1994
- PÖTTLER, VIKTOR: *Der „Vierkanthof“ aus St. Ulrich bei Steyr im Österreichischen Freilichtmuseum in Stübing, Schriften und Führer des Österreichischen Freilichtmuseums*. Stübing : Selbstverlag des österreichischen Freilichtmuseums Stübing, 2000
- PÖTTLER, VIKTOR: *Der „Säuerling“ aus Einach an der Mur im Österreichischen Freilichtmuseum in Stübing, Schriften und Führer des Österreichischen Freilichtmuseums*. Stübing : Selbstverlag des österreichischen Freilichtmuseums Stübing, 2001 — ISBN 3-9500651-6-4
- PÖTTLER, VIKTOR HERBERT: *Österreichisches Freilichtmuseum*. 2. Auflage. Stübing : Selbstverlag des österreichischen Freilichtmuseums Stübing, 1972
- PÖTTLER, VIKTOR HERBERT: *Geschichte und Realisierung der Idee des Freilichtmuseums in Österreich, Schriften und Führer* : Selbstverlag des Österreichischen Freilichtmuseums Stübing, 1991
- PÖTTLER, VIKTOR HERBERT: *Erlebte Baukultur*. 3. Auflage. Stübing : Selbstverlag des österreichischen Freilichtmuseums Stübing, 1992b
- PÖTTLER, VIKTOR HERBERT ; SPIELHOFER, HERRALD: Historische Bauernhäuser und deren Revitalisierung. In: FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR WOHNEN, BAUEN UND PLANEN (Hrsg.): *In alten Bauernhäusern leben*. 2. Auflage. Graz : Leopold Stocker Verlag, 1981
- PRANKE, SILVIA: Der Mittertennhof. In: DWORSKY, A. (Hrsg.): *Ländliches Bauwesen, Studienblattsammlung*. Wien : Technische Universität Wien, Institut für Hochbau für Architekten, Hochbau 2, 1986
- PRODINGER, FRIEDERIKE: Das Rauchhaus in Siezenheim. In: KLEIN, H. (Hrsg.): *Mitteilung der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde*. Bd. v. 92. Vereinsjahr. Salzburg : Selbstverlag der Gesellschaft, 1952

- RADINGER, GREGOR: In: QUIST, W. ; WTA NEDERLAND-VLAANDEREN ; WTA INTERNATIONAL SYMPOSIUM (Hrsg.): *Proceedings of the 4th WTA international PhD symposium: 13-16 September 2017, Delft, the Netherlands*. Delft, 2017 — ISBN 978-90-79216-19-2
- RAITH, HELMUT: Expertenbefragung: Das Freilichtmuseum aus Sicht des Zimmermanns, Gesprächsprotokoll (siehe Anhang): Gregor Radinger, Stübing 2016.
- READ, GRAY ; MARENCO, LARISA ; AICHELE-PLATEN, A. ; BÖHME-WILK, C. ; CHRISTIANSEN, J. ; KEBLER, N. (Übers.): Chickees, Charkston und Shotgun Houses im Süden der USA. In: PIESIK, S. (Hrsg.): *Habitat: traditionelle Bauweisen für den globalen Wandel, Edition Detail*. Deutsche Erstausgabe, erste Auflage. München : DETAIL Business Information GmbH, 2017 — ISBN 978-3-95553-393-9
- REINHARDT, GREGORY ; AICHELE-PLATEN, A. ; BÖHME-WILK, C. ; CHRISTIANSEN, J. ; KEBLER, N. (Übers.): Isolierung und Ideenreichtum arktischer Behausungen. In: PIESIK, S. (Hrsg.): *Habitat: traditionelle Bauweisen für den globalen Wandel, Edition Detail*. Deutsche Erstausgabe, erste Auflage. München : DETAIL Business Information GmbH, 2017 — ISBN 978-3-95553-393-9
- REINISCH, JOHANNA ; BRUNNER, MARIA: *Alles zu seiner Zeit: bäuerlicher Alltag im Jahreskreis*. Wien : Böhlau, 2008 — ISBN 978-3-205-77711-3
- REINTHALER, ALOIS: Das Jahr. In: BAUER, K. (Hrsg.): *Bauernleben: vom alten Leben auf dem Land*. 4., durchges. Aufl. Wien Köln Weimar : Böhlau, 2014 — ISBN 978-3-205-79568-1
- ROESLER, SASCHA: Klima und Kultur. In: UNRUH, T. (Hrsg.): *Das Klima als Entwurfsmoment*. Bd. 1. Band. Luzern : Quart Verlag Luzern, Heinz Wirz, 2013
- ROLOFF, JÜRGEN: *Die Geschichte der Bauklimatik*. URL https://nanopdf.com/download/die-geschichte-der-bauklimatik_pdf. — Nanopdf.com
- RÖSENER, WERNER: *Die Bauern in der europäischen Geschichte, Europa bauen*. München : C.H. Beck, 1993 — ISBN 3-406-37652-5
- RÖSENER, WERNER: *Einführung in die Agrargeschichte*. Darmstadt : Primus Verlag, 1997 — ISBN 3-89678-310-6
- RUDOLFSKY, BERNARD ; HASLINGER, REGINA ; RUDOLFSKY, BERTA.: *Architektur ohne Architekten: eine Einführung in die anonyme Architektur*. Salzburg [etc.] : Residenz, 1989 — ISBN 3-7017-0565-8
- RUECKLINGER, ELISABETH: *Die bäuerliche Hofform des Vierkanters*. Wien, Technische Universität Wien, Diplomarbeit, 2017
- RÜRUP, REINHARD: *Deutschland im 19. Jahrhundert 1815 - 1871*. 2. Auflage. : Vandenhoeck & Ruprecht in Göttingen, 1992 — ISBN ISBN 3-525335849
- SCHICHT, PATRICK: Das Skansen in Stockholm - ein Freilichtmuseum mit Geschichte. In: *Denkmalpflege in Niederösterreich, Museumsdörfer*. Bd. 48. St. Pölten : Amt der NÖ Landesregierung, 2013
- SCHICKHOFER, G. ; GAISRUCKER, H. ; SCHÖBERWALTER, I. ; SCHWARZ, W. ; NEUWIRTH, W. ; MAREK, F.: *Umgebaute Bauernhäuser: Durchführung von Um- und Ausbauten erhaltenswürdiger landwirtschaftlicher Wohnhaustypen in Kärnten und Tirol*. Wien : Österr. Kuratorium f. Landtechnik, 1985 — ISBN 978-3-900534-03-5

- SCHICKHOFER, G ; KAUFMANN, F. ; KIRLINGER, CHR. ; TRITTHART, M. ; RAPPOLT, ING. ; FISCHER, H. ; DOPPELHOFER, A. ; HOFFMANN, H.: *Umgebaute Bauernhäuser Durchführung von Um- und Ausbauten in der Steiermark und im Burgenland*. Bd. Band 4. Wien : Österreichisches Kuratorium für Landtechnik, 1984
- SCHICKHOFER, G. ; LÖFFELBERGER, F.: *Umgebaute Bauernhäuser Durchführung von Um- und Ausbauten erhaltenswürdiger landwirtschaftlicher Wohnhaustypen in Vorarlberg und Salzburg*. Bd. Band 1. Wien : ÖKL, 1973
- SCHICKHOFER, GÜNTHER ; GAISRUCKER, HORST ; WÜRZEL, HEINRICH ; WIESENER, BARBARA ; RETTER, WERNER ; ASCHENBRENNER, FRITZ: *Umgebaute Bauernhäuser Durchführung von Um- und Ausbauten erhaltenswürdiger landwirtschaftlicher Wohnhaustypen in Oberösterreich und Niederösterreich*. Bd. Band 2. Wien : Österreichisches Kuratorium für Landtechnik, 1978
- SCHIVELBUSCH, WOLFGANG: *Lichtblicke: zur Geschichte der künstlichen Helligkeit im 19. Jahrhundert*, Fischer. Frankfurt am Main : Fischer-Taschenbuch-Verl, 2004 — ISBN 978-3-596-16180-5
- SCHMIDT, LEOPOLD: Haus und Hof in Österreich. In: *Haus und Hof in Österreichs Landschaft, Notring Jahrbuch*. Wien : Notring der wissenschaftlichen Gesellschaft Österreichs, 1973
- SCHÖNBURG, KURT: *Holzoberflächen am Bauwerk: Eigenschaften, Bearbeitung, Gestaltung, Praxis*. 1. Aufl. Stuttgart : Fraunhofer IRB Verl, 2009 — ISBN 978-3-410-16828-7
- SCHUBERT, GERHARD: Niederschlag in Österreich. In: HOFMANN, T. ; SCHÖNLAUB, H. P. (Hrsg.): *Geo-Atlas Österreich*. Wien : Böhlau, 2007
- SCHWERTNER, JOHANN: Die Hauslandschaften im Alpe Adria Raum. In: : Landesmuseum für Kärnten, http://www.landmuseum.at/pdf_frei_remote/Rudolfinum_2000_0223-0232.pdf, 2000
- SEIDL, ERNST: *Lexikon der Bautypen Funktionen und Formen der Architektur*. Stuttgart : Reclam, 2012 — ISBN 978-3-15-018972-6
- SMADJA, JOELLE ; TOFFIN, GERARD ; AICHELE-PLATEN, A. ; BÖHME-WILK, C. ; CHRISTIANSEN, J. ; KEßLER, N. (Übers.): Traditionelle Vielfalt im Himalaya. In: PIESIK, S. (Hrsg.): *Habitat: traditionelle Bauweisen für den globalen Wandel, Edition Detail*. Deutsche Erstausgabe, erste Auflage. München : DETAIL Business Information GmbH, 2017 — ISBN 978-3-95553-393-9
- SPIELHOFER, HERRAD: *In alten Bauernhäusern leben!: Sanierungs- und Umbaubeispiele, Monographie / Forschungsgesellschaft für Wohnen, Bauen und Planen*. 2., mit ausführlichem Bildteil ergänzte Sonderaufl. Graz : Stocker, 1981 — ISBN 978-3-7020-0300-5
- STEGER, BERNHARD ; DIENST, VOLKER ; FELLER, BARBARA ; GRUBER, ROLAND ; HAMMER, RENATE ; HOLZER, PETER ; KÜHN, CHRISTIAN ; SEIß, REINHARD ; U. A. ; BUNDESKANZLERAMT ÖSTERREICH (Hrsg.): *Österreichischer Baukulturreport 2011*. Wien : plattform baukultur, 2011
- STEINACKER, REINHOLD: Atmosphärische Strahlung, EMET_2015_4 Vorlesungsskriptum Einführung in die Meteorologie und Klimakunde, Universität Wien (2015a)
- STEINACKER, REINHOLD: Vorelesungunterlagen Meteorologie und Klimatologie, Vorlesungunterlagen Universität Wien (2015b)

- STRÖMMER, ELISABETH: *Klima-Geschichte: Methoden der Rekonstruktion und historische Perspektive ; Ostösterreich 1700 bis 1830, Forschungen und Beiträge zur Wiener Stadtgeschichte*. Wien : Deuticke, 2003 — ISBN 978-3-7005-4675-7
- SVEHLA, HEINZ: *Quantität und Qualität des Tageslichtangebotes*. Krems, Donau-Universität Krems, Master Thesis, 2014
- TASCHWER, KLAUS: Zwei Wiener Wegbereiter der Klimaforschung. In: *Der Standard*, 8.8.2015. Wien (2015)
- TAUT, BRUNO ; HEINISCH, T. ; PÖSCHKEN, G. (Hrsg.): *Architekturlehre - Grundlagen, Theorie und Kritik aus Sicht eines sozialistischen Architekten, Beziehungen zu den anderen Künsten und zur Gesellschaft*. 1. Aufl. Istanbul / Hamburg : VSA, 1937
- TOMASI, ELISABETH: *Österreichischer Volkskundeatlas, Historische Flurformen*. Bd. 6. Lieferung, Bl. 94, 95. Wien, 1977a
- TOMASI, ELISABETH: *Österreichischer Volkskundeatlas, Historische ländliche Ortsformen*. Bd. 6. Lieferung Bl. 92, 93. Wien, 1977b
- TOMASI, ELISABETH: *Österreichischer Volkskundeatlas, Historische Gehöftformen*. Bd. 6. Lieferung Bl. 96, 97, 98. Wien, 1977c
- TOMASI, ELISABETH: *Die traditionellen Gehöftformen in Niederösterreich, Wissenschaftliche Schriftenreihe Niederösterreich*. 1. Aufl. St. Pölten : Niederösterreichisches Pressehaus, 1984 — ISBN 3-85326-554-5
- TREBERSPURG, MARTIN ; DJALILI, MARIAM ; ERTL-BALGA, ULLA ; HOFBAUER, WILHELM: *Sommertauglichkeit im Gebäudebestand* (Gefördert aus Mitteln der Wohnbauforschung des Bundesministeriums für Wirtschaft , Familie und Jugend). Wien : Arbeitsgruppe Ressourcenorientiertes Bauen, Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, Universität für Bodenkultur Wien, 2011
- UNESCO: *Twentieth session of the General Asselmbly of State Parties on the Convention concerning the protection of the World Cultural and Natural Heritage*. Paris : UNESCO, 2015
- VAREKA, JOSEF: *Cooking and Heating*. In: OLIVER, P. (Hrsg.): *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*. Bd. 1, Theories and Principples v. 3. 1. Aufl. Cambridge : Cambridge University Press, 1997 — ISBN 0-521-56422-0
- VARGA, MÁRTON ; GERSTMANN, JOHANNES ; KUH, CHRISTOPH ; HOFER, GERHARD: MA20 Sonneschutz! voraus - leitfaden-sonneschutz.pdf, Hrg. Magistratasabeteiligung 20 (2013)
- VITOVEC, ULIRKE: *Zur Idee der Freilichtmuseen*. In: *Denkmalpflege in Niederösterreich, Museumsdörfer*. Bd. 48. St. Pölten, 2013
- VITRUVIUS ; REBER, FRANZ VON: *Zehn Bücher über Architektur*. Wiesbaden : Marixverl., 2009 — ISBN 978-3-86539-212-1
- VOCELKA, KARL: *Geschichte der Neuzeit 1500-1918, TUB Geschichte*. Wien : Böhlau, 2010 — ISBN 978-3-205-78421-0
- WACHA, ROBERT: *Dreckiger Kalk, der Donaukieselbrand von Prandegg*. Krems, Donau-Universität Krems, Master Thesis, 2010

- WALTJEN, TOBIAS: Wärmeansprüche des Menschen, Physikalische, physiologische, psychologische und soziale Bedingungen für thermische Behaglichkeit, IBO Verlag IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie (2003)
- WANASUNDERA, RAJIV ; AICHELE-PLATEN, A. ; BÖHME-WILK, C. ; CHRISTIANSEN, J. ; KEBLER, N. (Übers.): Einheimische und koloniale Bauten auf Sri Lanka. In: PIESIK, S. (Hrsg.): *Habitat: traditionelle Bauweisen für den globalen Wandel, Edition Detail*. Deutsche Erstausgabe, erste Auflage. München : DETAIL Business Information GmbH, 2017 — ISBN 978-3-95553-393-9
- WELLER, BERNHARD ; FAHRION, MARC-STEFFEN ; JAKUBETZ, SVEN: *Denkmal Und Energie*. 1. Auflage. Wiesbaden : Vieweg + Teubner Verlag, 2012 — ISBN 978-3-8348-1619-1
- WILBERTZ, GEORG: Das Bauernnhaus im frühmodernen Wiener Architekturdiskurs. In: AIGNER, A. (Hrsg.): *Vernakulare Moderne*. Bielefeld : transcript, 2010
- WINKELBAUER, THOMAS: Senses gegen Kanonen. Serie. 27.3. - 31.3. Wien : Ö1 der Kultursender, Betrifft Geschichte; Regie: Martin Adel, 2017
- WITTING, WALTER: *Licht, Sehen, Gestalten: lichttechnische und wahrnehmungspsychologische Grundlagen für Architekten und Lichtdesigner*. Basel : Birkhäuser, 2014 — ISBN 978-3-99043-658-5
- WRBAKA, THOMAS ; REITER, KARL ; PAAR, MONIKA ; SZERENCSITS, ERICH ; STOCKER-KISS, ANDREA ; FUSSENEGGER: Die Landschaften Österreichs und ihre Bedeutung für die biologische Vielfalt, Umweltbundesamt, Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie (2005)
- WRBKA, THOMAS ; REITER, KARL ; PAAR MONIKA ; SZERENCSITS, ERICH ; STOCKER-KISS, ANDREA ; FUSSENEGGER, KLAUS: *Die Landschaften Österreichs und ihre Bedeutung für die Biologischer Vielfalt*. Wien : Umweltbundesamt, 2005

Internetdatenbanken

- VOGIS: VORARLBERGER GEOGRAPHISCHES INFORMATIONSSYSTEM;
http://vogis.cnv.at/atlas/init.aspx?karte=adressen_u_ortsplan (letzter Zugriff am 13.6.2019)
- TIRIS: TIROLER RAUMINFORMATIONSSYSTEM; <https://www.tirol.gv.at/statistik-budget/tiris/> (letzter Zugriff am 13.6.2019)
- SAGIS: SALZBURGER GEOGRAPHISCHES INFORMATIONSSYSTEM; <https://www.salzburg.gv.at/sagis> (letzter Zugriff am 13.6.2019)
- DORIS: DIGITALES OBERÖSTERREICHISCHES RAUMINFORMATIONSSYSTEM;
<https://www.doris.at/Karten/karten.aspx> (letzter Zugriff am 13.6.2019)
- NIEDERÖSTERREICHATLAS:
[https://atlas.noe.gv.at/webgisatlas/\(S\(y4txdaogz25izvswglhiwz24\)\)/init.aspx?karte=atlas_gst](https://atlas.noe.gv.at/webgisatlas/(S(y4txdaogz25izvswglhiwz24))/init.aspx?karte=atlas_gst) (letzter Zugriff am 13.6.2019)
- GEODATEN BURGENLAND: <https://geodaten.bgld.gv.at/de/home.html> (letzter Zugriff am 13.6.2019)
- LAND STEIERMARK: <http://www.landesentwicklung.steiermark.at/cms/ziel/141976122/DE/> (letzter Zugriff am 13.6.2019)

Quellenverzeichnis

KAGIS: GEOINFORMATION LAND KÄRNTEN; <http://www.kagis.ktn.gv.at/> (letzter Zugriff am 13.6.2019)

ZAMG: KLIMADATEN VON ÖSTERREICH 1971 – 2000; http://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/klimadaten_oesterreich_1971_frame1.htm (letzter Zugriff am 18.3.2019)

STRAHLUNGSDATENRECHNER:

<https://www.bmdw.gv.at/EnergieUndBergbau/klimadatenrechner/Seiten/ZurBerechnung.aspx>
(letzter Zugriff am 30.5.2018)

U-WERTBERECHNUNG FENSTERKONSTRUKTIONEN: www.fiw-muenchen.de/media/xls/uw-wert-fenster.xls (letzter Zugriff am 6.12.2018)

U-WERTBERECHNUNG OPAKE BAUELEMENTE: <https://www.baubook.info/BTR/> (letzter Zugriff am 17.4.2019)

Abbildungen

GR-gekennzeichnete Abbildungen, Bildmontagen, Diagramme und Tabellen: Gregor Radinger

Einleitung

Abbildung 1: GR.....	19
----------------------	----

1 Rahmenbedingung für die Bildung von Hausformen, Siedlungen und Flurgefüge

Abbildung 2: Geo-Atlas Österreich, S.24	24
Abbildung 3: Wrbaka et.al., 2005, S.21	25
Abbildung 4: GR.....	28
Abbildung 5: Yarham, 2005, S. 108.....	28
Abbildung 6: Dworsky, 1984, S. 20.....	29
Abbildung 7: Dworsky, 1984, S. 20.....	30
Abbildung 8: MÄRTIN & RANSMAYR, 2017, S. 127	31
Abbildung 9: Google Earth; Kretschmer und Tomasi, 1977, Blatt 93	36
Abbildung 10: Klaar, 1942, Bildmontage: GR.....	37
Abbildung 11: Rösener, 1993, S. 48	38
Abbildung 12: Rösener, 1993, S. 173	38
Abbildung 13: Rösener, 1993, S. 131	44
Abbildung 14: Dworsky, 1984, S. 58.....	46
Abbildung 15: Bozsing, 2017, S. 30, nach Mitterauer, 1986	48
Abbildung 16: Rösener, 1993, S. 59	50
Abbildung 17: Archiv ÖFLM Stübing, 1966	52
Abbildung 18: Archiv ÖFLM Stübing, 1966	52
Abbildung 19: Archiv ÖFLM Stübing, 1964	52

2 Klima

Abbildung 20: SVEHLA, 2014, S. 13	57
Abbildung 21: Häckel, 2012, S. 183	58
Abbildung 22: GR.....	58
Abbildung 23: Roberts, 2009, S. 41	59
Abbildung 24: Bendix, 2004, S. 50.....	60
Abbildung 25: Hausladen, 2012, S.13.....	62
Abbildung 26: Bendix, 2004, S. 89.....	63
Abbildung 27: Weller, 2012, S.190.....	64
Abbildung 28: Bendix, 2004, S. 138.....	64
Abbildung 29: Bendix, 2004, S. 155	66
Abbildung 30: Steinacker, 2015.....	67
Abbildung 31: Auer, 2001.....	68
Abbildung 32: Auer, 2001.....	69
Abbildung 33: Auer, 2001.....	69
Abbildung 34: Auer, 2001.....	70
Abbildung 35: Glaser, 2001, S. 23	73
Abbildung 36: Glaser 2001, S. 39	75
Abbildung 37: GR.....	77
Abbildung 38: GR.....	77

Abbildung 39: Mauelshagen, 2010, S. 77 nach Robertson	78
Abbildung 40: Pfister, 1999, S. 155	80
Abbildung 41: Mauelshagen, 2010, S. 56	82
Abbildung 42: Behringer, 2012, S. 104 nach Glaser.....	82
Abbildung 43: Grafik: GR, Datenquelle: Mauelshagen, 2010, S. 67f	88
Abbildung 44: Grafik: GR, Datenquelle: Mauelshagen, 2010, S. 67f	88

3 Bauklimatik

Abbildung 45: GR	92
Abbildung 46: GR	94
Abbildung 47: GR	94
Abbildung 48: GR	97
Abbildung 49: GR	97
Abbildung 50: GR	98
Abbildung 51: GR	99
Abbildung 52: ISO 7730, 2006, Kap.5.....	101
Abbildung 53: Waltjen, 2003 S. 5 nach ISO 7730.....	103
Abbildung 54: Lipp, 2017, S.13	104
Abbildung 55: Hegger, 2012, S. 47.....	105
Abbildung 56: Hegger, 2012, S. 47.....	105
Abbildung 57: Lipp, 2017, S.10 nach ISO 7730.....	106
Abbildung 58: Daniel, 2015, S. 67	109
Abbildung 59: Witting, 2014, S. 168, 169	110
Abbildung 60: GR	111
Abbildung 61: GR	111
Abbildung 62: GR	111
Abbildung 63: Posch, 2010, S. 138.....	112
Abbildung 64: DIN 5034, 2011, Kap. 4.2.....	114
Abbildung 65: GR nach Brandi, 2005, S. 20.....	115
Abbildung 66: GR nach Haas-Arndt, 2007, S. 44.....	115

4 Klimagerechtes Bauen

Abbildung 67: GR (Tabellenaufbereitung nach P. Holzer).....	118
Abbildung 68: Herzog, 2004, S. 20.....	119
Abbildung 69: Hausladen, 2006, S. 41.....	119
Abbildung 70: Heckl, 1950, S. 148.....	120
Abbildung 71: Hochberg, 2010, S. 84.....	122
Abbildung 72: Hegger, 2012, S. 70.....	124
Abbildung 73: Hegger, 2012, S. 70.....	124
Abbildung 74: Hegger, 2012, S. 70.....	124
Abbildung 75: Lechner, 2009, S. 270	125
Abbildung 76: Lechner, 2009, S. 274	125
Abbildung 77: Bildbearbeitung: GR nach Behling, 1996, S. 64	125
Abbildung 78: GR.....	127
Abbildung 79: Behling, 1996, S. 46.....	127
Abbildung 80: Reinhardt, 2017, S. 419.....	127

Abbildung 81: GR.....	128
Abbildung 82: Smadja & Toffin, 2017, S. 333.....	128
Abbildung 83: GR.....	129
Abbildung 84: Lehner, 2018.....	129
Abbildung 85: GR.....	129
Abbildung 86: Rudovsky, 1989, S. 16.....	129
Abbildung 87: GR.....	131
Abbildung 88: Brown, 2018, S. 410.....	131
Abbildung 89: GR.....	132
Abbildung 90: GR.....	132
Abbildung 91: GR.....	132
Abbildung 92: GR.....	133
Abbildung 93: Read & Marenco, 2017, S. 306.....	133
Abbildung 94: GR.....	134
Abbildung 95: GR.....	134
Abbildung 96: Wanasundera, 2017, S. 118.....	134
Abbildung 97: GR.....	136
Abbildung 98: GR.....	136
Abbildung 99: Lehner, 2018 nach Krämer.....	136
Abbildung 100: GR.....	138
Abbildung 101: Lehner, 2016, S. 153.....	138
Abbildung 102: GR.....	138
Abbildung 103: Fotoarchiv Jäger-Klein, 2015.....	138
Abbildung 104: Fotoarchiv Jäger-Klein, 2015.....	138
Abbildung 105: GR.....	138
Abbildung 106: Behling, 1996, S. 49.....	138
Abbildung 107: Lehner, 2018.....	138

5 Vernakuläre, rurale Architektur in Österreich

Abbildung 108: Dimt, 2009, S. 18.....	141
Abbildung 109: Dimt, 2009, S. 16.....	141
Abbildung 110: Dimt, 2009, S. 32.....	143
Abbildung 111: Dimt, 2009, S. 32.....	143
Abbildung 112: Dimt, 2009, S. 32.....	143
Abbildung 113: Dimt, 2009, S. 40.....	143
Abbildung 114: Dimt, 2009, S. 40.....	143
Abbildung 115: Dimt, 2009, S. 20.....	145
Abbildung 116: Dimt, 2009, S. 20.....	145
Abbildung 117: Dimt, 2009, S. 20.....	145
Abbildung 118: Heckel, 1950, S. 138.....	145
Abbildung 119: Klaar, Bauaufnahmen.....	147
Abbildung 120: Klaar, Bauaufnahmen.....	147
Abbildung 121: Klaar, Bauaufnahmen.....	147
Abbildung 122: Aicher & Kaufmann, 2015, S. 168.....	148
Abbildung 123: Dachler, 1906, S. 133.....	149
Abbildung 124: Dachler, 1906, S. 126.....	149

Quellenverzeichnis

Abbildung 125: GR.....	149
Abbildung 126: GR.....	149
Abbildung 127: Dachler, 1906, S. 123.....	150
Abbildung 128: Dachler, 1906, S. 139.....	150
Abbildung 129: Dachler, 1906, S. 140.....	150
Abbildung 130: GR.....	151
Abbildung 131: GR.....	151
Abbildung 132: GR.....	151
Abbildung 133: GR.....	151
Abbildung 134: GR.....	151
Abbildung 135: Pöttler, 1992b, S. 292.....	152
Abbildung 136: Archiv ÖFLM, 1966	153
Abbildung 137: HABERLANDT & DACHLER, 1905	153
Abbildung 138: GR.....	153
Abbildung 139: HABERLANDT & DACHLER, 1905	155
Abbildung 140: Eigl, 1894, S. 17.....	155
Abbildung 141: Weller, 2012, S. 150.....	155
Abbildung 142: Haberlandt & Dachler, 1905	156
Abbildung 143: Haberlandt & Dachler, 1905	156
Abbildung 144: EIGL, 1894, S. 11.....	157
Abbildung 145: Dachler, 1906, S. 98.....	157
Abbildung 146: EIGL, 1894, S. 13.....	157
Abbildung 147: GR.....	158
Abbildung 148: GR.....	158
Abbildung 149: Archiv ÖFLM Stübing, 1969.....	158
Abbildung 150: GR nach Schönburg, 2009, S. 41	159
Abbildung 151: GR.....	160
Abbildung 152: Eder, 1997, S. 26.....	160
Abbildung 153: GR.....	162
Abbildung 154: GR.....	162
Abbildung 155: GR.....	162
Abbildung 156: GR.....	162
Abbildung 157: Tomasi, 1977, S. 23 und Pöttler, 1992, S. 30.....	163
Abbildung 158: Tomasi, 1977, S. 23 und Pöttler, 2001, S. 60.....	163
Abbildung 159: Tomasi, 1977, S. 23 und Pöttler, 1992b, S. 237.....	163
Abbildung 160: Lehner, 2018	165
Abbildung 161: GR.....	166
Abbildung 162: GR.....	166
Abbildung 163: GR.....	166
Abbildung 164: GR.....	168
Abbildung 165: GR.....	168
Abbildung 166: GR.....	168
Abbildung 167: GR.....	169
Abbildung 168: Spielhofer, 1981, S. 126.....	169
Abbildung 169: GR.....	169
Abbildung 170: Tomasi, 1977, S. 10	170

Abbildung 171: GR.....	170
Abbildung 172: HABERLANDT & DACHLER, 1905	170
Abbildung 173: HABERLANDT & DACHLER, 1905	170
Abbildung 174: Haberlandt & Dachler, 1905	171
Abbildung 175: Haberlandt & Dachler, 1905	171
Abbildung 176: GR.....	171
Abbildung 177: Dachler, 1906, S. 117.....	172
Abbildung 178: GR.....	172
Abbildung 179: GR.....	172
Abbildung 180: GR.....	172
Abbildung 181: Dachler, 1906, S. 150.....	173
Abbildung 182: Dachler, 1906, S. 147.....	173
Abbildung 183: Schivelbusch, 2004, S. 20	174
Abbildung 184: Kretschmer und Tomasi, 1977, Blatt 96	175
Abbildung 185: Screenshot Google Earth, 14.9.2018.....	175
Abbildung 186: Spielhofer, 1981, S. 16 und GR	178
Abbildung 187: Spielhofer, 1981, S. 18 und GR	178
Abbildung 188: Spielhofer, 1981, S. 20 und GR	178
Abbildung 189: Spielhofer, 1981, S. 34 und GR	181
Abbildung 190: Spielhofer, 1981, S. 38 und GR	181
Abbildung 191: Spielhofer, 1981, S. 42 und GR	181
Abbildung 192: Spielhofer, 1981, S. 48 und GR	184
Abbildung 193: Spielhofer, 1981, S. 51 und GR	184
Abbildung 194: Spielhofer, 1981, S. 58 und GR	184
Abbildung 195: Spielhofer, 1981, S. 76 und GR	186
Abbildung 196: Spielhofer, 1981, S. 79 und GR	186
Abbildung 197: Spielhofer, 1981, S. 70 und GR	186
Abbildung 198: Spielhofer, 1981, S. 102 und GR	188
Abbildung 199: Spielhofer, 1981, S. 95 und GR	188
Abbildung 200: Spielhofer, 1981, S. 110 und GR	188
Abbildung 201: GR.....	190
Abbildung 202: GR.....	190
Abbildung 203: GR.....	190
Abbildung 204: Spielhofer, 1981, S. 143 und GR	193
Abbildung 205: Spielhofer, 1981, S. 156 und GR	193
Abbildung 206: Spielhofer, 1981, S. 158 und GR	193
Abbildung 207: Spielhofer, 1981, S. 178 und GR	196
Abbildung 208: Spielhofer, 1981, S. 176 und GR	196
Abbildung 209: Spielhofer, 1981, S. 171 und GR	196
Abbildung 210: Pöttler, 1992, Titelbild	198
Abbildung 211: Screenshot Google Earth, 14.9.2018.....	199

6 Vergleichende bauklimatische Gebäudeanalyse

Abbildung 212: GR.....	203
Abbildung 213: Screenshot Google Earth, 14.9.2018.....	204
Abbildung 214: GR.....	205

Quellenverzeichnis

Abbildung 215: Fotoarchiv Wien Museum.....	206
Abbildung 216: GR.....	206
Abbildung 217: GR.....	206
Abbildung 218: GR.....	207
Abbildung 219: GR.....	209
Abbildung 220: GR.....	209
Abbildung 221: GR.....	210
Abbildung 222: GR.....	211
Abbildung 223: GR.....	213
Abbildung 224: GR.....	216
Abbildung 225: GR.....	216
Abbildung 226: GR.....	217
Abbildung 227: GR.....	218
Abbildung 228: GR.....	218
Abbildung 229: Screenshot Google Earth, 14.9.2018.....	220
Abbildung 230: GR.....	221
Abbildung 231: Pöttler, 1992b, S. 306.....	221
Abbildung 232: Klaar, 1942.....	222
Abbildung 233: Google Earth, Screenshot 6.4.2018.....	222
Abbildung 234: Gemeinde Schwarzenberg 2016.....	222
Abbildung 235: GR.....	222
Abbildung 236: Google Earth, Screenshot 14.9.2018.....	222
Abbildung 237: GR nach ZAMG-Klimadaten.....	223
Abbildung 238: GR.....	225
Abbildung 239: GR.....	225
Abbildung 240: Pöttler, 1984, S. 48.....	226
Abbildung 241: Archiv ÖFLM Stübing, 1964.....	226
Abbildung 242: Archiv ÖFLM Stübing, 1965.....	226
Abbildung 243: GR.....	226
Abbildung 244: GR.....	226
Abbildung 245: GR.....	227
Abbildung 246: Google Earth Screenshotmontage, 18.5.2018.....	228
Abbildung 247: GR.....	229
Abbildung 248: GR.....	229
Abbildung 249: GR.....	230
Abbildung 250: GR.....	230
Abbildung 251: GR.....	230
Abbildung 252: GR.....	231
Abbildung 253: Pöttler, 1984, S.46; GR.....	231
Abbildung 254: GR.....	231
Abbildung 255: GR.....	231
Abbildung 256: GR.....	231
Abbildung 257: Archiv ÖFLM Stübing, 1964.....	232
Abbildung 258: Archiv ÖFLM Stübing, 1964.....	232
Abbildung 259: GR.....	232
Abbildung 260: GR.....	232

Abbildung 261: Datenblatt Naglerhaus (Pöttler, 1984, S. 6; Gemeinde Schwarzenberg, 2016; Wrбка u.a., 2005, S. 29).....	233
Abbildung 262: GR.....	234
Abbildung 263: Pöttler, 1992a, S. 29.....	234
Abbildung 264: Klaar, 1942.....	235
Abbildung 265: Google Earth, Screenshot 12.12.2017.....	235
Abbildung 266: Pöttler, 1992a, S. 30.....	235
Abbildung 267: GR.....	235
Abbildung 268: Google Earth, Screenshot 14.9.2018.....	235
Abbildung 269: GR nach ZAMG-Klimadaten.....	236
Abbildung 270: GR.....	238
Abbildung 271: GR.....	238
Abbildung 272: Pöttler, 1992a, S. 36.....	239
Abbildung 273: Pöttler, 1992a, S. 37.....	239
Abbildung 274: Archiv ÖFLM Stübing, 1968.....	239
Abbildung 275: GR.....	239
Abbildung 276: GR.....	239
Abbildung 277: GR.....	240
Abbildung 278: GR.....	241
Abbildung 279: GR.....	242
Abbildung 280: GR.....	242
Abbildung 281: GR.....	243
Abbildung 282: GR.....	243
Abbildung 283: GR.....	244
Abbildung 284: Pöttler, 1992a, S. 33; GR.....	244
Abbildung 285: GR.....	244
Abbildung 286: GR.....	244
Abbildung 287: GR.....	244
Abbildung 288: GR.....	245
Abbildung 289: GR.....	245
Abbildung 290: GR.....	245
Abbildung 291: GR.....	245
Abbildung 292: Datenblatt Hanslerhof (Pöttler, 1992a, S. 29; Pöttler, 1992a S. 50; Wrбка u.a., 2005, S. 29).....	246
Abbildung 293: GR.....	247
Abbildung 294: Archiv ÖFLM Stübing, 1967.....	247
Abbildung 295: Klaar, 1942.....	248
Abbildung 296: Google Earth, Screenshot 14.6.2017.....	248
Abbildung 297: Sagis Online, Befliegung 1952 – 54, Screenshot 15.4.2016.....	248
Abbildung 298: GR.....	248
Abbildung 299: Google Earth, Screenshot 14.9.2018.....	248
Abbildung 300: GR nach ZAMG-Klimadaten.....	249
Abbildung 301: GR.....	251
Abbildung 302: GR.....	251
Abbildung 303: Pöttler, 1992b, S. 296.....	252
Abbildung 304: Pöttler, 1992b, S. 296.....	252

Quellenverzeichnis

Abbildung 305: Pötter, 1992b, 2. 288	253
Abbildung 306: Archiv ÖFLM Stübing, 1967	253
Abbildung 307: GR	253
Abbildung 308: GR	254
Abbildung 309: GR	254
Abbildung 310: GR	255
Abbildung 311: GR	255
Abbildung 312: GR	256
Abbildung 313: GR	256
Abbildung 314: GR	256
Abbildung 315: GR	257
Abbildung 316: Pöttler, 1992b, S. 296; GR	257
Abbildung 317: GR	257
Abbildung 318: GR	257
Abbildung 319: GR	257
Abbildung 320: GR	258
Abbildung 321: GR	258
Abbildung 322: GR	258
Abbildung 323: GR	258
Abbildung 324: Datenblatt Rauchhaus (Pöttler, 1992b, S. 288; Sagis Online, Befliegung 1952 – 54, Screenshot 15.4.2016; Wrbka u.a., 2005, S. 31)	259
Abbildung 325: GR	260
Abbildung 326: Archiv ÖFLM Stübing, 1967	260
Abbildung 327: Klaar, 1942	261
Abbildung 328: Google Earth, Screenshot 14.12.2017	261
Abbildung 329: Pöttler, 1992b, S. 208	261
Abbildung 330: GR	261
Abbildung 331: Google Earth, Screenshot 14.9.2018	261
Abbildung 332: GR nach ZAMG-Klimadaten	263
Abbildung 333: GR	265
Abbildung 334: GR	265
Abbildung 335: Archiv ÖFLM Stübing, 1968	266
Abbildung 336: GR	266
Abbildung 337: GR	266
Abbildung 338: Archiv ÖFLM Stübing, 1968	266
Abbildung 339: Archiv ÖFLM Stübing, 1970	266
Abbildung 340: Archiv ÖFLM Stübing, 1970	266
Abbildung 341: GR	267
Abbildung 342: GR	268
Abbildung 343: GR	269
Abbildung 344: GR	269
Abbildung 345: GR	270
Abbildung 346: GR	270
Abbildung 347: Pöttler, 1992b, S. 211; GR	271
Abbildung 348: GR	271
Abbildung 349: GR	271

Quellenverzeichnis

Abbildung 350: GR.....	271
Abbildung 351: GR.....	271
Abbildung 352: Pöttler, 1992b, S. 212.....	272
Abbildung 353: GR.....	272
Abbildung 354: GR.....	272
Abbildung 355: GR.....	272
Abbildung 356: Datenblatt Wohnspeicherhaus Paule (Pöttler, 1992, S. 208; GR; Wrbka u.a., 2005, S. 29).....	273
Abbildung 357: GR.....	274
Abbildung 358: Archiv ÖFLM Stübing, 1963.....	274
Abbildung 359: Klaar, 1942.....	275
Abbildung 360: Google Earth, Screenshot 12.7.2016.....	275
Abbildung 361: Pöttler, 2001 S. 6.....	275
Abbildung 362: GR.....	275
Abbildung 363: Google Earth, Screenshot 14.9.2018.....	275
Abbildung 364: GR nach ZAMG-Klimadaten.....	277
Abbildung 365: GR.....	279
Abbildung 366: GR.....	279
Abbildung 367: Pöttler, 2001, S. 21.....	280
Abbildung 368: Pöttler, 2001, S. 51.....	280
Abbildung 369: GR.....	280
Abbildung 370: GR.....	280
Abbildung 371: GR.....	280
Abbildung 372: GR.....	281
Abbildung 373: GR.....	282
Abbildung 374: GR.....	283
Abbildung 375: GR.....	283
Abbildung 376: GR.....	284
Abbildung 377: GR.....	284
Abbildung 378: GR.....	284
Abbildung 379: GR.....	284
Abbildung 380: Pöttler, 2001, S. 51; GR.....	284
Abbildung 381: GR.....	285
Abbildung 382: GR.....	285
Abbildung 383: GR.....	285
Abbildung 384: Pöttler, 2001, S. 38.....	286
Abbildung 385: GR.....	286
Abbildung 386: GR.....	286
Abbildung 387: GR.....	286
Abbildung 388: Datenblatt Säuerling (Pöttler, 1992b, S. 132; Gemeinde Stadl Predlitz, 2016; Wrbka u.a., 2005, S. 29).....	287
Abbildung 389: GR.....	288
Abbildung 390: Pöttler, 1981a, S. 4.....	288
Abbildung 391: Klaar, 1942.....	289
Abbildung 392: Google Earth, Screenshot 14.12.2018.....	289
Abbildung 393: Pöttler, 1981a, S. 5.....	289

Quellenverzeichnis

Abbildung 394: GR.....	289
Abbildung 395: Google Earth, Screenshot 14.9.2018.....	289
Abbildung 396: GR nach ZAMG-Klimadaten.....	290
Abbildung 397: GR.....	292
Abbildung 398: GR.....	292
Abbildung 399: Pöttler, 1981a, S. 25.....	293
Abbildung 400: Pöttler, 1981a, S. 26.....	293
Abbildung 401: Pöttler, 1981a, S. 5.....	293
Abbildung 402: GR.....	293
Abbildung 403: GR.....	293
Abbildung 404: GR.....	294
Abbildung 405: GR.....	295
Abbildung 406: GR.....	296
Abbildung 407: GR.....	296
Abbildung 408: GR.....	297
Abbildung 409: GR.....	297
Abbildung 410: GR.....	297
Abbildung 411: Pöttler, 1981, S. 22; GR.....	298
Abbildung 412: GR.....	298
Abbildung 413: GR.....	298
Abbildung 414: GR.....	298
Abbildung 415: GR.....	298
Abbildung 416: Pöttler, 1981a, S. 11.....	299
Abbildung 417: GR.....	299
Abbildung 418: GR.....	299
Abbildung 419: GR.....	299
Abbildung 420: Datenblatt Laarerhof (Pöttler, 1981a, S. 4; Land Steiermark, Screenshot 14.12.2018; Wrbka u.a., 2005, S. 29).....	300
Abbildung 421: GR.....	301
Abbildung 422: Archiv ÖFLM Stübing, 1966.....	301
Abbildung 423: Klaar, 1942.....	302
Abbildung 424: Google Earth, Screenshot 12.12.2017.....	302
Abbildung 425: Pöttler, 2000, S. 18.....	302
Abbildung 426: GR.....	302
Abbildung 427: Google Earth, Screenshot 14.9.2018.....	302
Abbildung 428: GR nach ZAMG-Klimadaten.....	303
Abbildung 429: GR.....	305
Abbildung 430: GR.....	305
Abbildung 431: Pöttler, 2000, S. 38.....	306
Abbildung 432: Pöttler, 2000, S. 39.....	306
Abbildung 433: Pöttler, 2000, S. 19.....	307
Abbildung 434: Pöttler, 2000, S. 22.....	307
Abbildung 435: GR.....	307
Abbildung 436: GR.....	308
Abbildung 437: GR.....	308
Abbildung 438: GR.....	310

Quellenverzeichnis

Abbildung 439: GR.....	310
Abbildung 440: GR.....	311
Abbildung 441: GR.....	311
Abbildung 442: GR.....	311
Abbildung 443: Pöttler, 2000, S. 26; GR.....	312
Abbildung 444: GR.....	312
Abbildung 445: GR.....	312
Abbildung 446: GR.....	312
Abbildung 447: GR.....	312
Abbildung 448: Pöttler, 2000, S. 49.....	313
Abbildung 449: GR.....	313
Abbildung 450: GR.....	313
Abbildung 451: Datenblatt Schwarzmayrhof (Archiv ÖFLM, 1966; Doris, 29.4.2016; Wrbka u.a., 2005, S. 26).....	314
Abbildung 452: GR.....	315
Abbildung 453: Archiv ÖFLM Stübing, 1971.....	315
Abbildung 454: Klaar, 1942.....	316
Abbildung 455: Gemeinde Arbesbach.....	316
Abbildung 456: Niederösterreich-Atlas, Screenshot 15.5.2016.....	316
Abbildung 457: Archiv ÖFLM Stübing, 1971.....	316
Abbildung 458: Google Earth, Screenshot 14.9.2018.....	316
Abbildung 459: GR nach ZAMG-Klimadaten.....	317
Abbildung 460: GR.....	319
Abbildung 461: GR.....	319
Abbildung 462: Pöttler, 1992b, S. 238.....	320
Abbildung 463: Pöttler, 1992b, S. 237.....	320
Abbildung 464: Archiv ÖFLM Stübing, 1971.....	320
Abbildung 465: Pöttler, 1992b, S. 239.....	320
Abbildung 466: Archiv ÖFLM Stübing, 1973.....	320
Abbildung 467: GR.....	321
Abbildung 468: GR.....	321
Abbildung 469: GR.....	322
Abbildung 470: GR.....	322
Abbildung 471: GR.....	323
Abbildung 472: GR.....	323
Abbildung 473: GR.....	323
Abbildung 474: Pöttler, 1992b, S. 238; GR.....	324
Abbildung 475: GR.....	324
Abbildung 476: GR.....	324
Abbildung 477: GR.....	324
Abbildung 478: GR.....	324
Abbildung 479: GR.....	325
Abbildung 480: GR.....	325
Abbildung 481: GR.....	325
Abbildung 482: GR.....	325
Abbildung 483: Datenblatt Brachhuber (Archiv ÖFLM, 1971; Gemeinde Arbesbach, 2016;	

Wrbka u.a., 2005, S. 32).....	326
Abbildung 484: GR.....	327
Abbildung 485: Archiv ÖFLM Stübing, 1971.....	327
Abbildung 486: Klaar, 1942.....	328
Abbildung 487: Google Earth, Screenshot 15.5.2016.....	328
Abbildung 488: GR.....	328
Abbildung 489: Pöttler, 1978, S. 55.....	328
Abbildung 490: Google Earth, Screenshot 14.9.2018.....	328
Abbildung 491: GR nach ZAMG-Klimadaten.....	329
Abbildung 492: GR.....	331
Abbildung 493: GR.....	331
Abbildung 494: Pöttler, 1978, S. 44.....	332
Abbildung 495: Pöttler, 1978, S. 44.....	332
Abbildung 496: GR.....	332
Abbildung 497: GR.....	332
Abbildung 498: GR.....	332
Abbildung 499: GR.....	333
Abbildung 500: GR.....	334
Abbildung 501: GR.....	335
Abbildung 502: GR.....	335
Abbildung 503: GR.....	336
Abbildung 504: GR.....	336
Abbildung 505: GR.....	336
Abbildung 506: GR.....	337
Abbildung 507: Pöttler, 1978, S. 40; GR.....	337
Abbildung 508: GR.....	337
Abbildung 509: GR.....	337
Abbildung 510: GR.....	337
Abbildung 511: GR.....	338
Abbildung 512: GR.....	338
Abbildung 513: GR.....	338
Abbildung 514: GR.....	338
Abbildung 515: Datenblatt Großschrotter (Pöttler, 1992b, S. 147; Pickl, 1978, S. 55; Wrbka u.a., 2005, S. 29).....	339
Abbildung 516: GR.....	340
Abbildung 517: Archiv ÖFLM Stübing, 1967.....	340
Abbildung 518: Klaar, 1942.....	341
Abbildung 519: Google Earth, Screenshot 4.10.2017.....	341
Abbildung 520: GR.....	341
Abbildung 521: GR.....	341
Abbildung 522: Google Earth, Screenshot 14.9.2018.....	341
Abbildung 523: GR nach ZAMG-Klimadaten.....	342
Abbildung 524: GR.....	343
Abbildung 525: GR.....	343
Abbildung 526: Pöttler, 1994, S. 27.....	344
Abbildung 527: Pöttler, 1994, S. 29.....	344

Quellenverzeichnis

Abbildung 528: Archiv ÖFLM Stübing, 1967	344
Abbildung 529: Archiv ÖFLM Stübing, 1969	344
Abbildung 530: GR	344
Abbildung 531: GR	345
Abbildung 532: GR	346
Abbildung 533: GR	346
Abbildung 534: GR	346
Abbildung 535: GR	347
Abbildung 536: GR	347
Abbildung 537: GR	347
Abbildung 538: Pöttler, 1994, S. 27; GR	348
Abbildung 539: GR	348
Abbildung 540: GR	348
Abbildung 541: GR	348
Abbildung 542: GR	348
Abbildung 543: GR	349
Abbildung 544: GR	349
Abbildung 545: Pöttler, 1994, S. 29	349
Abbildung 546: GR	349
Abbildung 547: Datenblatt Berglerhaus (Pöttler, 1992b, S. 87; GR; Wrbka u.a. S. 34)	350
Abbildung 548: GR	351
Abbildung 549: GR	351
Abbildung 550: GR	352
Abbildung 551: GR	352
Abbildung 552: GR	353
Abbildung 553: GR	354
Abbildung 554: GR	354
Abbildung 555: GR	354
Abbildung 556: GR	355
Abbildung 557: GR	355
Abbildung 558: GR	355
Abbildung 559: GR	356
Abbildung 560: GR	357
Abbildung 561: GR	358
Abbildung 562: GR	358
Abbildung 563: GR	358
Abbildung 564: GR	359
Abbildung 565: GR	359
Abbildung 566: GR	359
Abbildung 567: GR	360
Abbildung 568: GR	360
Abbildung 569: GR	361
Abbildung 570: GR	361
Abbildung 571: GR	361
Abbildung 572: GR	362
Abbildung 573: GR	363

Quellenverzeichnis

Abbildung 574: GR.....	363
Abbildung 575: GR.....	364
Abbildung 576: GR.....	364
Abbildung 577: GR.....	364
Abbildung 578: GR.....	365
Abbildung 579: GR.....	366
Abbildung 580: GR.....	367
Abbildung 581: GR.....	367
Abbildung 582: GR.....	368
Abbildung 583: GR.....	368
Abbildung 584: GR.....	369
Abbildung 585: GR.....	369
Abbildung 586: GR.....	370
Abbildung 587: GR.....	370
Abbildung 588: GR.....	371
Abbildung 589: GR.....	372
Abbildung 590: GR.....	373
Abbildung 591: GR.....	373
Abbildung 592: GR.....	374
Abbildung 593: GR.....	375
Abbildung 594: GR.....	376
Abbildung 595: GR.....	377
Abbildung 596: GR.....	377
Abbildung 597: GR.....	378
Abbildung 598: GR.....	380
Abbildung 599: GR.....	382
Abbildung 600: GR.....	383
Abbildung 601: GR.....	384
Abbildung 602: GR.....	384
Abbildung 603: GR.....	384
Abbildung 604: GR.....	385
Abbildung 605: GR.....	385
Abbildung 606: GR.....	386
Abbildung 607: GR.....	387
Abbildung 608: GR.....	387
Abbildung 609: GR.....	388
Abbildung 610: GR.....	388
Abbildung 611: GR.....	389
Abbildung 612: GR.....	389
Abbildung 613: GR.....	390
Abbildung 614: GR.....	390
Abbildung 615: GR.....	391
Abbildung 616: GR.....	392
Abbildung 617: GR.....	392
Abbildung 618: GR.....	393
Abbildung 619: GR und Dworsky, 1984, S. 32	394

Schlussbemerkung und Ausblick

Abbildung 620: GR..... 404
Abbildung 621: GR und W. Stumpf..... 404
Abbildung 622: GR..... 404

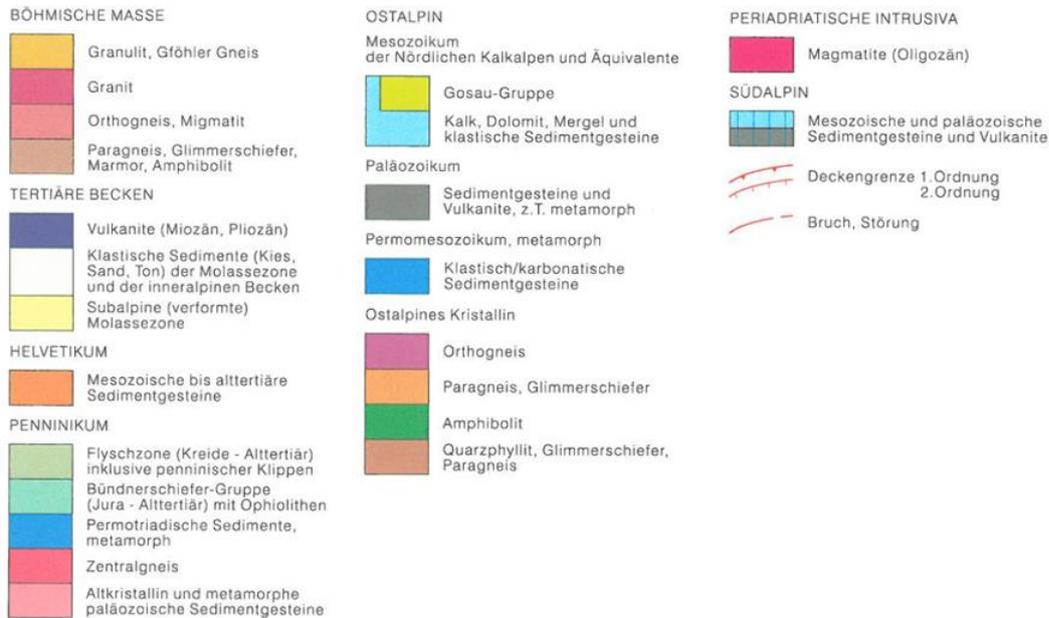
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Dissertation ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this doctoral thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Anhänge

Vergrößerte Darstellungen

Die nachfolgenden Kartenlegenden und Darstellungen dienen der besseren Lesbarkeit und dem Verständnis der in den Kapiteln 1 und 6 gezeigten Übersichtskarten und Illustrationen.



Anhang-Abbildung 1: Legende der geologischen Übersichtskarte des österreichischen Bundesgebietes (aus Abbildung 2)

Legende:

- Alpine Fels- und Eisregion
- Almen, Bergmähder und Naturrasen der Subalpinen und Alpinen Stufe
- Bandförmig ausgedehnte Waldlandschaften
- Inseltörmige Waldlandschaften
- Grünlandgeprägte Kulturlandschaften des Berglandes
- Grünlanddominierte Kulturlandschaften glazial geformter Becken, Talböden und Hügelländer
- Grünlandgeprägte Kulturlandschaften außeralpiner Becken, Täler und Hügelländer
- Kulturlandschaften mit ausgeprägtem Futterbau
- Kulturlandschaften mit dominantem Getreidebau
- Weinbaudominierte Kulturlandschaften
- Komplexlandschaften mit Obst- und Weinbau
- Siedlungs- und Industriegebiete

Anhang-Abbildung 2: Legende der Kartendarstellung von Typenreihen der österreichischen Kulturlandschaften (aus Abbildung 3)

Ortsformen:

Weiler (Kleinort)

- Kleinweiler (3 bis 5 Gehöfte)
- Tiroler Sonderformen
- ◊ Großweiler (6 bis 9 Gehöfte) **unplanmäßige Form**
- Großweiler planmäßige Form **als Zeilen-, Gassen-, Angerweiler**
- Kirchweiler
- ⊕ jüngerer Kirchweiler (Vikariat)
- GO Gutsweiler
- WO Werkweiler

Dörfer:

- ◆ Haufendorf
- × Gassengruppendorf (haufendorfartig)
- ↑ Gassendorf
- ⊥ Kirchensiedlung
- ⊥ Straßendorf
- ⊕ Mehrstraßendorf (planmäßige Form)
- ▭ Breitstraßendorf
- ▭ Grabendorf
- ▭ Bachuferdorf (Schuttkegel- Schwemmkegelsiedlung i. d. Alpen)
- ⊥ Straßendorf mit Straßengabel (Frühangerform)
- ▭ Angerdorf mit unklarer Angerform
- ▭ Straßenangerdorf (Übergangsform)
- ▭ Längsangerdorf
- ◐ Linsenangerdorf
- ▭ Breitangerdorf
- ◑ Rundangerdorf
- ▲ Dreieckangerdorf
- ▼ längsförmiger Dreieckanger
- Platzdorf
- ⊕ planmäßiger Kirchort
- ⋯ Zeilendorf
- ⋯ Doppel- oder Mehrzeilendorf
- ⋯ Reihendorf
- ⋯ Doppel- oder Mehrreihendorf
- 3 Kettendorf

Anhang-Abbildung 4: Legende zu den in der Klaar'schen Siedlungsformenkarte dargestellten Ortsformen (aus Abbildung 10)

Flurformen:

- Blockfluren:**
- Blockflur
 - unregelmäßig-kleinfeldrige Blockflur
 - planmäßig-regelmäßige Blockflur
 - streifige Hangblockflur
 - blockartige Streifenflur
 - neuzeitliche und jüngste Blockfluren (Neurisse)
- Gewannflur:**
- Gewinnflur (große Feldteilung)
 - Blockgewanne (mehrere Kleingewanne)
 - Hof- auch Hausackerflur mit Gewinnen („Gelängeflur“)
 - gewannartige Streifenflur
 - ganz ungeordnete parallele Streifen
 - neuzeitliche und jüngste Gewinnfelder (Neurisse)
- Weingartenflur:**
- Gewanne
 - Blockgewanne
 - Blöcke bis Streifen
 - als Blöcke oder Streifen in die Einödfur eingebunden
- Waldhufenflur:**
- Einödfur:**
- Einöd-Blockflur
 - Einöd-Streifenflur
 - Einöd-Haussatzflur (verkümmerte Waldhufen)
 - neuzeitliche und jüngste Einödblockflur
 - Gutsblockflur
 - Gutsflur in einer anderen Flurform eingebunden
- Waldland
 - Almen
 - Au-Wiesen oder Sumpfland
 - Ödflächen

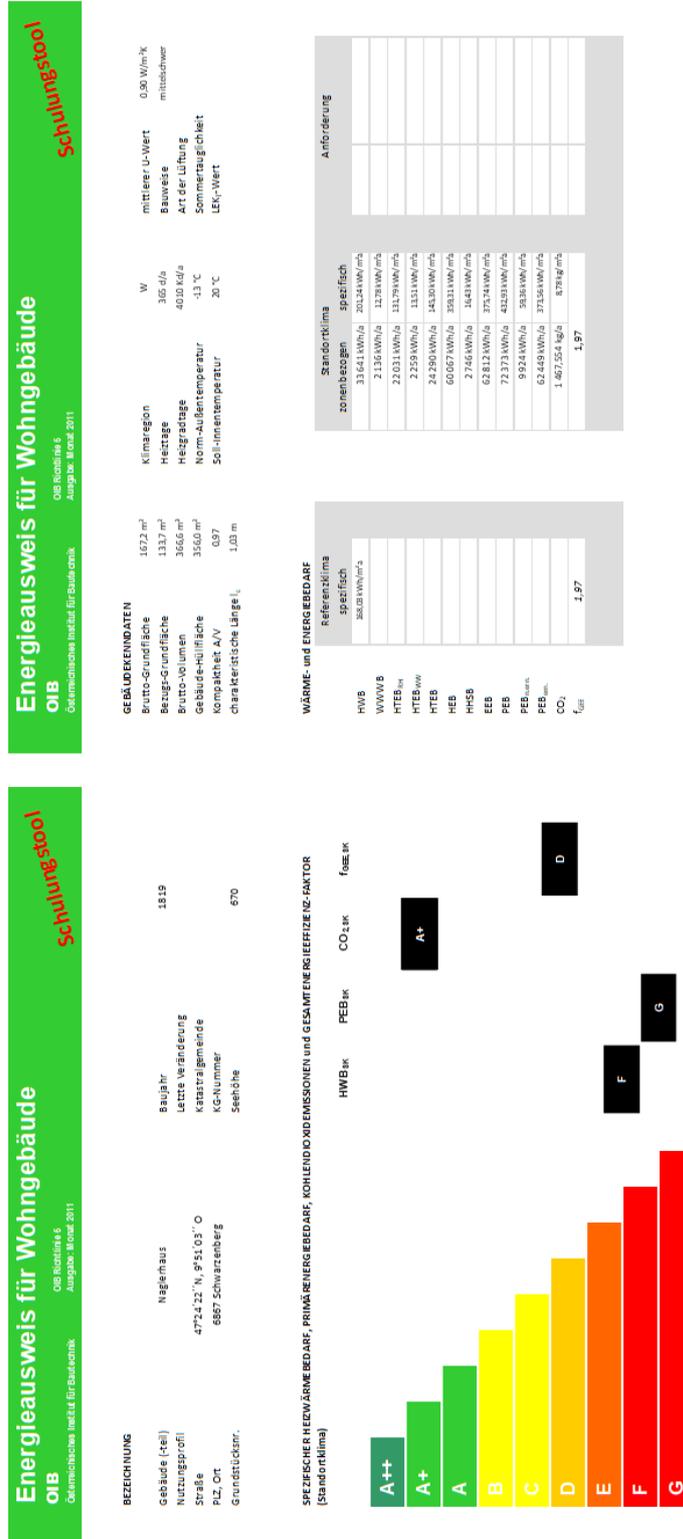
Anhang-Abbildung 5: Legende zu den in der Klaar'schen Siedlungsformenkarte dargestellten Flurformen (aus Abbildung 10)

- | Alpine Formen | Außer-alpine Formen |
|---|--|
| Einhofformen | Vierkanthof |
| Typen Vorarlbergs, Tirols und Salzburgs (wie Bregenzerwälderhof, Einhof mit Seitenflurhaus, Mittertennhof, Einhof mit Mittelflurhaus) | Mischformen von Vierkant- und Vierseithof (mit Toreckbau) |
| Flachgauer Einhof (T-förmiger Grundriß durch beidseitige Erweiterung des Wirtschaftstraktes) | Vierseithofformen |
| Lungauer Einhof (mit Längstenne) | Innviertler Vierseithof (offen, 4 freistehende Gebäude) |
| Paarhofformen | Hausruckhof (Wirtschaftsgebäude U-förmig, Wohnhaus abgesetzt) |
| Typen der Steiermark, Kärntens und Salzburgs | Oststeirischer Vierseithof (vierkantähnlich geschlossen) |
| Pongauer Paarhof (mit Kreuztenne) | Mischgebiet von oststeirischem Vierseithof (dominant) und Dreiseithof |
| Haufenhofformen | Mischgebiet von Dreiseithof (dominant) und Vierseithof (Mühl- und Waldviertel) |
| Typen der Steiermark und Kärntens | Dreiseithof |
| Sonderform: Ringhof Kärntens (Wohnhaus selbständig) | Mischgebiet von Dreiseit- bzw. Vierseithof und Haken- bzw. Zwerchhof |
| Rätomanische Gehöftformen | Zwerchhof |
| Mischformen von regeltem Haufenhof bis zu vierkant-ähnlichen Ausprägungen ("Ringhof" der Steiermark, Wohnhaus in baulichem Verband mit dem Stall) | Zwerchhof und Streck-(Haken-)hof im Gemenge |
| Vierseithofformen des Alpenraumes (mit besonderer Stellung des Wohnhauses); teilweise gemischt mit Dreiseithöfen | Mischgebiet von Streck-(Haken-)hof(dominant)und Dreiseithof |
| Doppel-T-Hof (Mischform von alpinem Paarhof und außer-alpinem Dreiseithof) | Streckhof und Hakenhof, meist im Gemenge |
| Alpine Streck- und Hakenhöfe (meist Kleingehöfte) | Burgenländischer Streckhof (mit Laubengängen) |
| Kleingehöfte im Neurodungsgebiet | Übergangsgebiet von Streck- und Hakenhof (außer-alpin) zum Paar- und Haufenhof (alpin) |
| Grenzen des Siedlungsraumes | Mischgebiete ohne erkennbare Dominanz werden mit Streifen ausgedrückt. |
| ARBEITSGRUNDLAGEN | Restformen des Weinhauerhauses |
| Topographische Katastralpläne 1817-1861; verfügbare Literatur | Städtische Verbauung |

Anhang-Abbildung 6: Legende zu den Verteilungsgebieten von historischen Gehöftformen (aus Abbildung 184)

Datenblätter Energiekennzahlen

Nachfolgend aufgelistet sind die vom in Kapitel 6.2.5 beschriebenen Excel-Energieausweis-Berechnungstool des Österreichischen Institutes für Bautechnik (OIB) generierten Datenblätter mit energie-relevanten Gebäudekennzahlen der ausgesuchten Fallbeispiele.



Anhang-Abbildung 8: Energiekennzahlen Naglerhaus

Anhang-Abbildung 10: Energiekennzahlen Rauchhaus

Energieausweis für Wohngebäude

OIB Richtlinie 6
Ausgabe: März 2011

Osterreichisches Institut für Bautechnik

BEZEICHNUNG	Baujahr	1630
Gebäude (Teil)	Rauchhaus	
Nutzungsprofil	Letzte Veränderung	
Straße	Katastralgemeinde	47°48'29" N, 12°59'04" O
PLZ, Ort	KG-Nummer	5071
Grundstücksnr.	Seehöhe	440 m

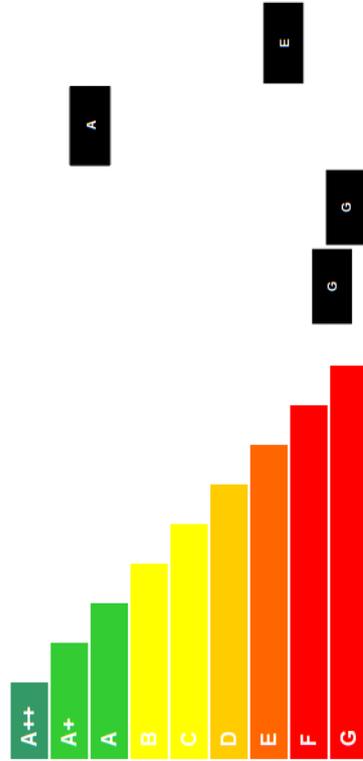
Energieausweis für Wohngebäude

OIB Richtlinie 6
Ausgabe: März 2011

Osterreichisches Institut für Bautechnik

GEBÄUDEKENDATEN	1146 m ²	Klima-Region	NF	1,26 W/m ² ·K
Bau-Grundfläche	91,7 m ²	Heiztage	306 d/a	mittlerer U-Wert
Bau-Grundfläche	257,9 m ²	Heizgradtage	3033 Kd/a	Bauweise
Gebäude-Hüllfläche	3037 m ²	Norm-Außentemperatur	-13 °C	Art der Lüftung
Kompakter A/V	1,18	Soil-Innentemperatur	20 °C	Sommertauglichkeit
charakteristische Länge l _c	0,85 m			LEK _h -Wert

Spezifischer Heizwärmebedarf, Primärenergiebedarf, Kohlendioxidemissionen und Gesamteffizienz-Faktor (Standortklima)



Wärme- und Energiebedarf

Referenzklima	spezifisch
HwB	35,9 kWh/m ² ·a
WWWB	1465 kWh/a
HTEB _{th}	24699 kWh/a
HTEB _{ww}	1563 kWh/a
HTEB	26262 kWh/a
HEB	67546 kWh/a
HHSB	1883 kWh/a
EEB	69429 kWh/a
PEB	78271 kWh/a
PEB _{th,th}	8627 kWh/a
PEB _{th,ww}	7323 kWh/a
PEB _{th,eff}	69644 kWh/a
CO ₂	1159,206 kg/a
f _{0,eff}	3,18

Standortklima	spezifisch	Anforderung
39820 kWh/a	34734 kWh/m ²	
1465 kWh/a	1278 kWh/m ²	
24699 kWh/a	21345 kWh/m ²	
1563 kWh/a	1383 kWh/m ²	
26262 kWh/a	22908 kWh/m ²	
67546 kWh/a	58319 kWh/m ²	
1883 kWh/a	1643 kWh/m ²	
69429 kWh/a	60631 kWh/m ²	
78271 kWh/a	68274 kWh/m ²	
8627 kWh/a	7323 kWh/m ²	
69644 kWh/a	60749 kWh/m ²	
1159,206 kg/a	1011 kg/m ²	
	3,18	

Energieausweis für Wohngebäude

Schulungstool

OIB Richtlinie 6
Österreichisches Institut für Bautechnik
Ausgabe: Monat 2011

BEZEICHNUNG

Gebäude (Teil) Paule
 Nutzungsprofil 1690
 Straße 46°52'51" N, 13°52'06" O
 PLZ, Ort 9565 Ebene Reichenau, Sauregg
 Grundstücksnr. Seehöhe 1300

Baujahr
 Letzte Veränderung 1690
 Katastralgemeinde
 KG-Nummer
 Seehöhe 1300

Energieausweis für Wohngebäude

Schulungstool

OIB Richtlinie 6
Österreichisches Institut für Bautechnik
Ausgabe: Monat 2011

GEBÄUDEKENDATEN

Brutto-Grundfläche 235,6 m²
 Bezugs-Grundfläche 188,5 m²
 Brutto-Volumen 650,8 m³
 Gebäude-Hüllfläche 506,1 m²
 Kompaktheit A/V 0,78
 charakteristische Länge l_c 1,29 m

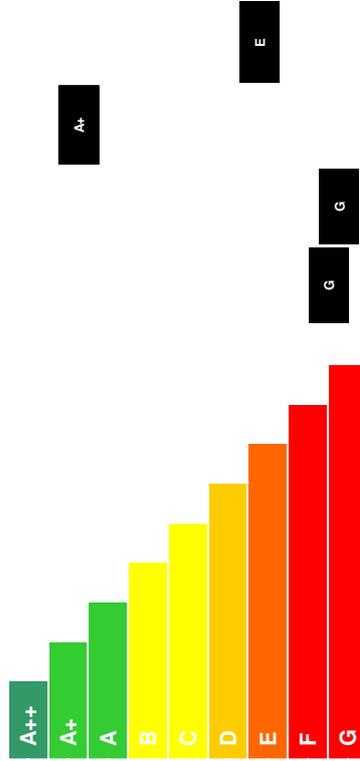
Klimaregion
 Heiztage
 Norm-Außentemperatur
 Soll-Innentemperatur

SB 365 d/a
 5123 Kd/a
 -13 °C
 20 °C

mittlerer U-Wert
 Bauweise
 Art der Lüftung
 Sommeraughlichkeit
 LEK-Wert

1,05 W/m²K
 mittelschwer

SPZIFISCHER HEIZWÄRMEBEDARF, PRIMÄRENERGIEBEDARF, KOHLENDIOXIDEMISSIONEN UND GESAMTENERGIEEFFIZIENZ-FAKTOR (Standortklima)



WÄRME- und ENERGIEBEDARF

Referenzklima	spezifisch
WWWB	208,85 kWh/m ² a
HTFB _{HT}	3 009 kWh/a
HTFB _{VW}	48 553 kWh/a
HEB	3 196 kWh/a
HHSB	46 748 kWh/a
EEB	121 899 kWh/a
PEB	3 869 kWh/a
PEB _{ren}	125 768 kWh/a
PEB _{em}	142 348 kWh/a
CO ₂	16 393 kWh/a
f _{GES}	125 955 kWh/a
	2 251,222 kg/a
	9,56 kg/m ² a
	2,75

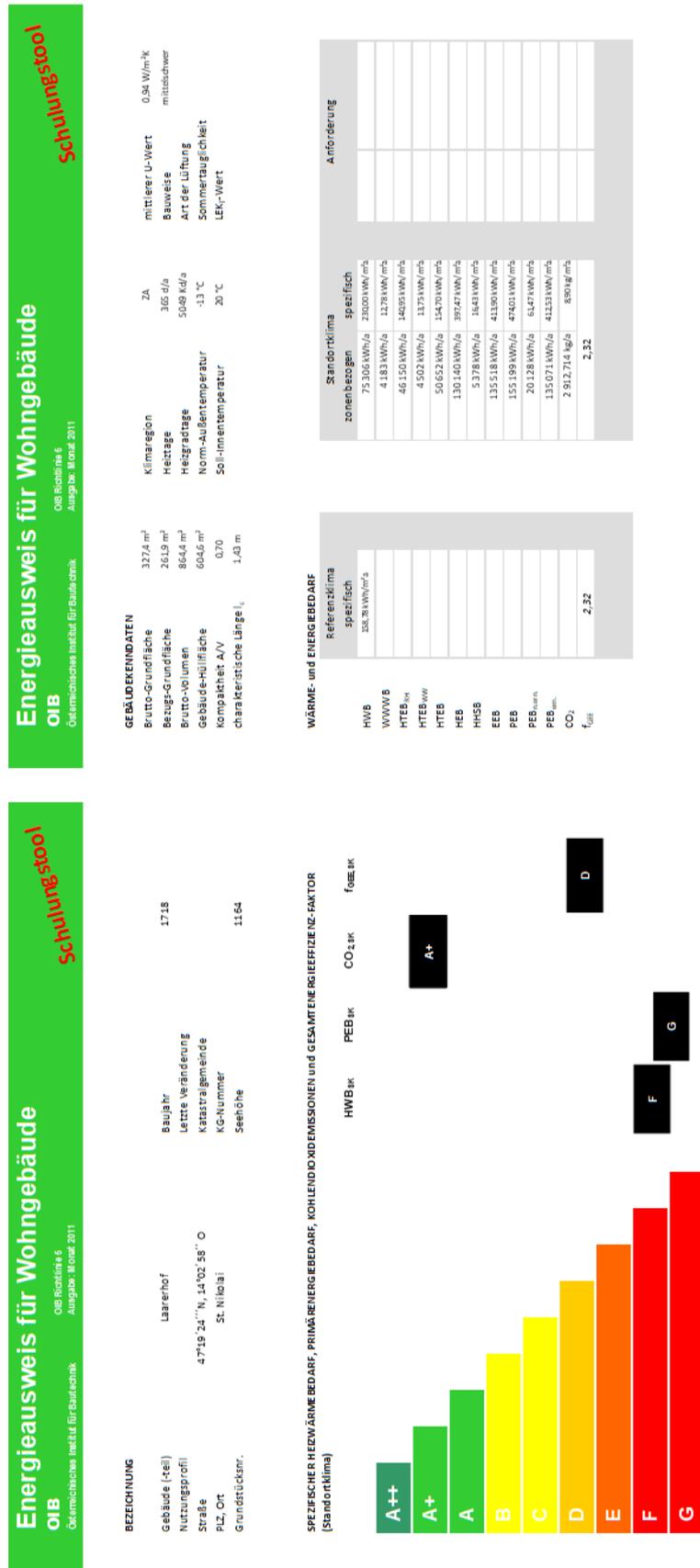
Standortklima	spezifisch	Anforderung
zonenbezogen	72 141 kWh/a	
	306,25 kWh/m ² a	
	12 784 kWh/m ² a	
	184 894 kWh/m ² a	
	13 574 kWh/m ² a	
	198 454 kWh/m ² a	
	517 484 kWh/m ² a	
	16 434 kWh/m ² a	
	533 004 kWh/m ² a	
	604 294 kWh/m ² a	
	69 594 kWh/m ² a	
	534 704 kWh/m ² a	
	9,56 kg/m ² a	
	2,75	

Anhang-Abbildung 11: Energiekennzahlen Wohngebäude des Ringhofes Paule

Anhang-Abbildung 12: Energiekennzahlen Sauerling



Anhang-Abbildung 13: Energiekennzahlen Laarerhof



Energieausweis für Wohngebäude
OIB
Österreichisches Institut für Bauforschung

Schulungstool

OIB Richtlinie 6
Ausgabe: März 2011

BEZEICHNUNG	Baujahr	1735
Gebäude (Teil)	Schwarzmayrthof	
Nutzungsprofil	Letzte Veränderung	
Straße	Katastralgemeinde	
PLZ, Ort	KG-Nummer	
Grundstücksnr.	Seehöhe	300

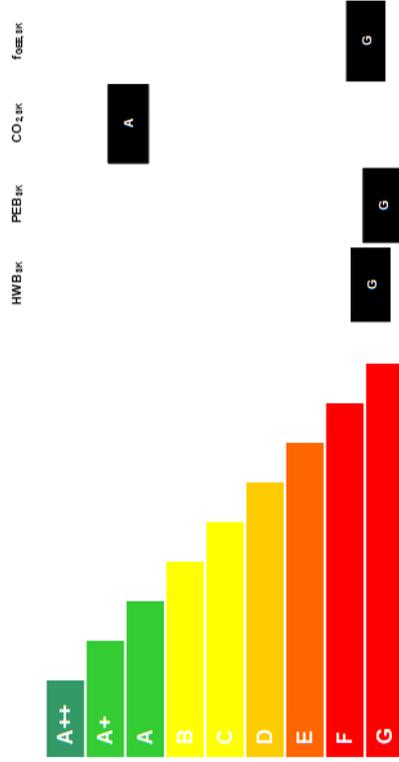
Energieausweis für Wohngebäude
OIB
Österreichisches Institut für Bauforschung

Schulungstool

OIB Richtlinie 6
Ausgabe: März 2011

GEBÄUDEKENDATEN	Klima-Region	NF	mittlerer U-Wert
Bau-tot-Grundfläche	Heiz-Region	306 d/a	Bauweise
Bau-tot-Grundfläche	Heiz-Grad-tage	3484 Kd/a	Art der Lüftung
Bau-tot-Volumen	Norm-Außen-temperatur	-13 °C	Sommer-taug-lichkeit
Gebäude-Hilfsfläche	Soil-Innen-temperatur	20 °C	LEK _h -Wert
Kompaktheit A/V			
chara-keris-tische Länge l _c			

SPEZIFISCHER HEIZWÄRMEBEDARF, PRIMÄRENERGIEBEDARF, KOHLEN-DIOXID-EMISSIONEN UND GESAMTENERGIEEFFIZIENZ-FAKTOR (Standortklima)



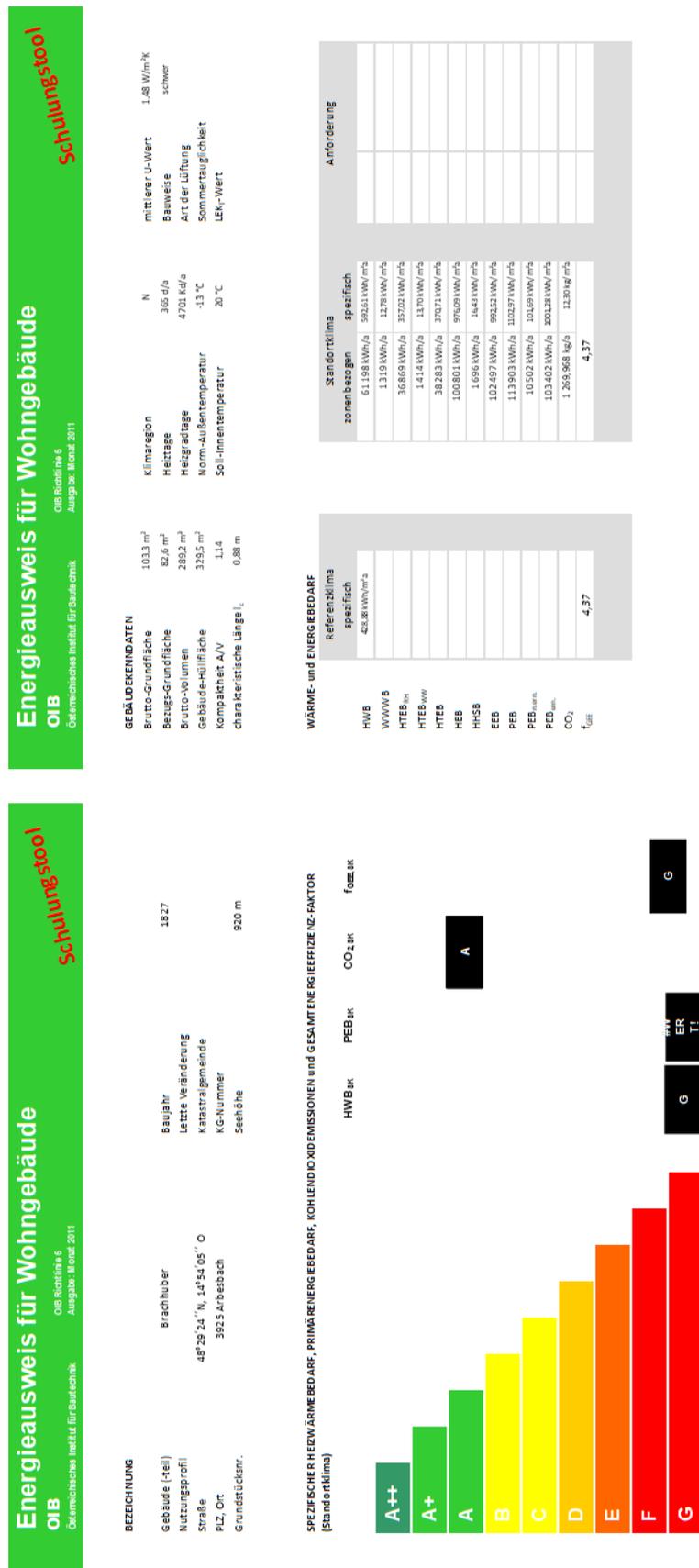
WÄRME- UND ENERGIEBEDARF

Referenzklima	spezifisch
WWWB	32,87 kWh/m ² a
HTEB _{in}	
HTEB _{ww}	
HEB	
HHSB	
EEB	
PEB _{ww,ik}	
PEB _{ges,ik}	
CO _{2,ik}	
f _{ges,ik}	
	4,48

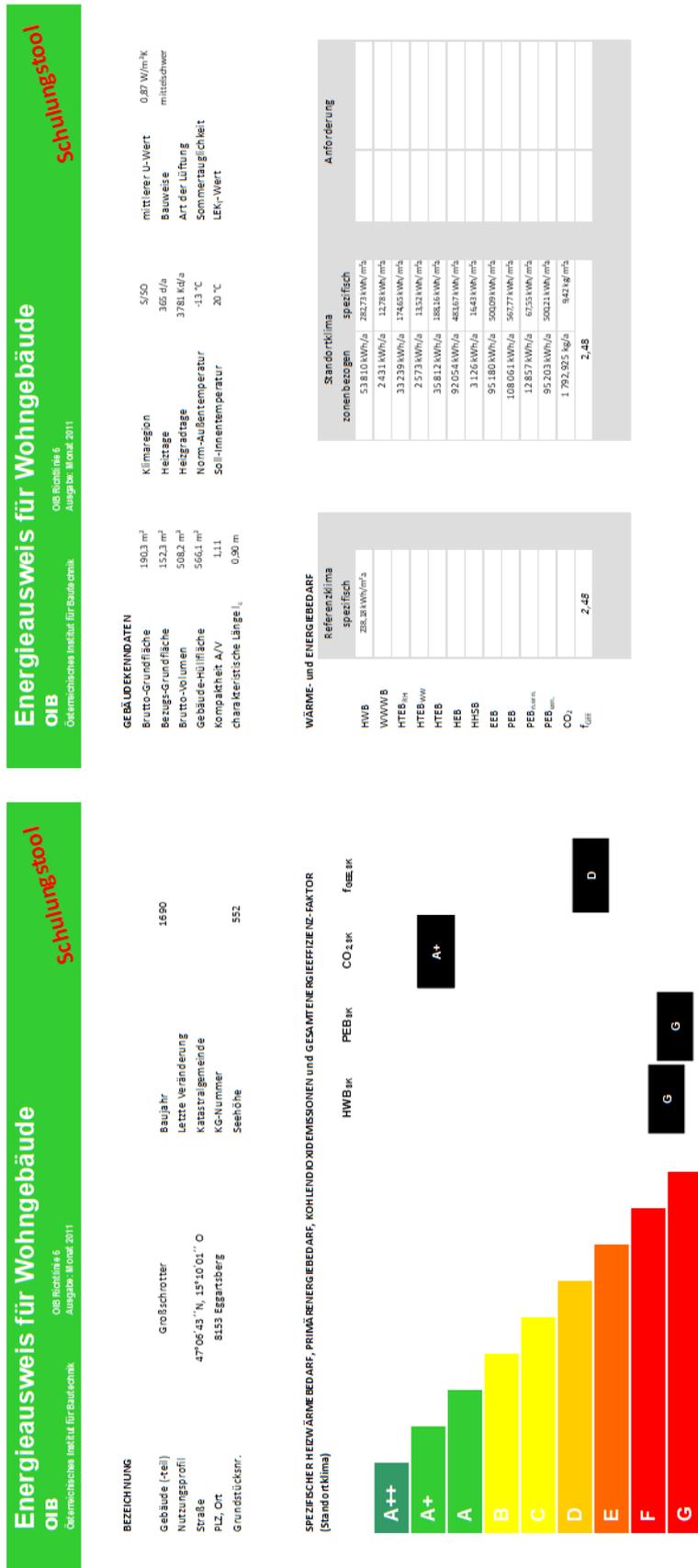
Standortklima	spezifisch	Anforderung
101.898 kWh/a	40487 kWh/m ² a	
3.215 kWh/a	1278 kWh/m ² a	
62.338 kWh/a	24769 kWh/m ² a	
3.421 kWh/a	1339 kWh/m ² a	
65.759 kWh/a	26128 kWh/m ² a	
178.872 kWh/a	67933 kWh/m ² a	
4.134 kWh/a	1643 kWh/m ² a	
175.006 kWh/a	69331 kWh/m ² a	
196.137 kWh/a	77931 kWh/m ² a	
20.178 kWh/a	8017 kWh/m ² a	
175.959 kWh/a	69914 kWh/m ² a	
2.612,487 kg/a	10384 kg/m ² a	
	4,48	

Anhang-Abbildung 14: Energiekennzahlen Schwarzmayrthof

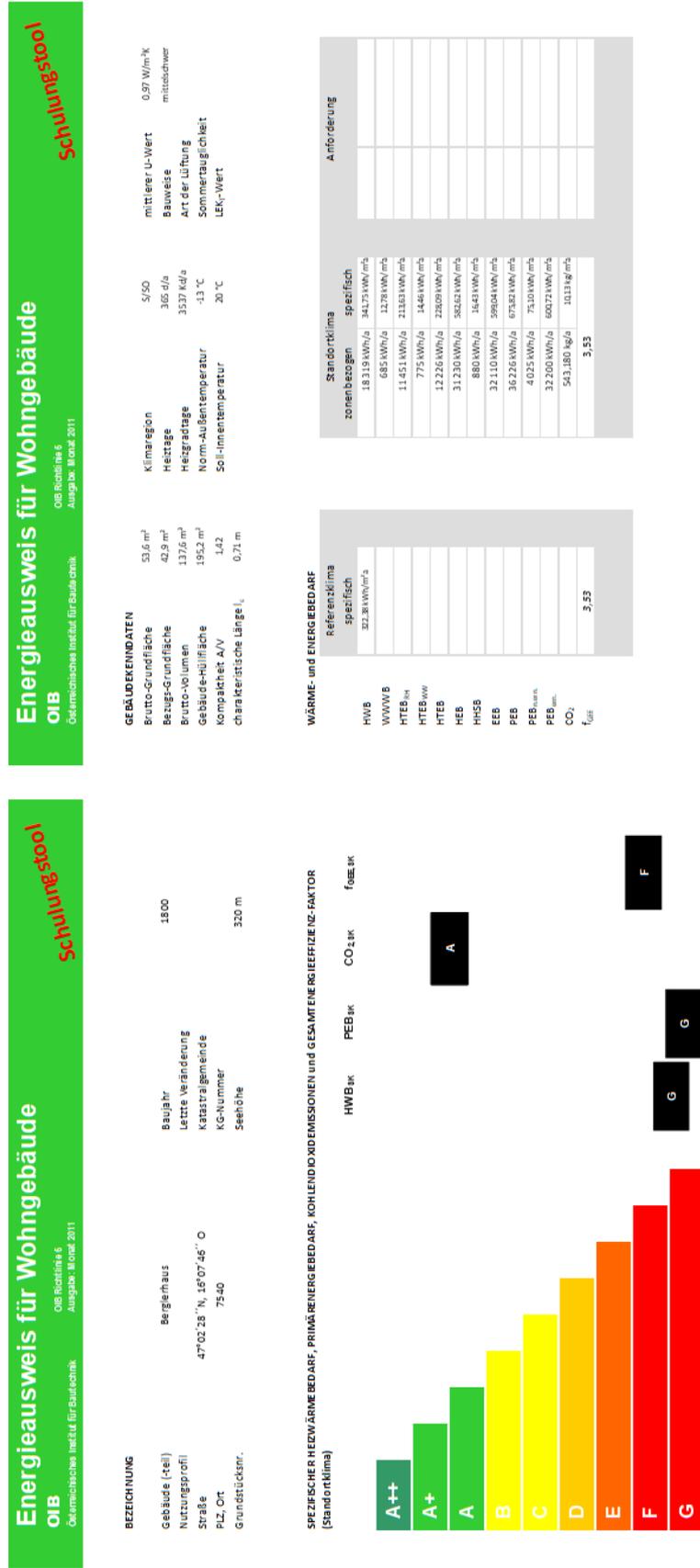
Anhang-Abbildung 15: Energiekennzahlen Brachhuber



Anhang-Abbildung 16: Energiekennzahlen Großschrotter

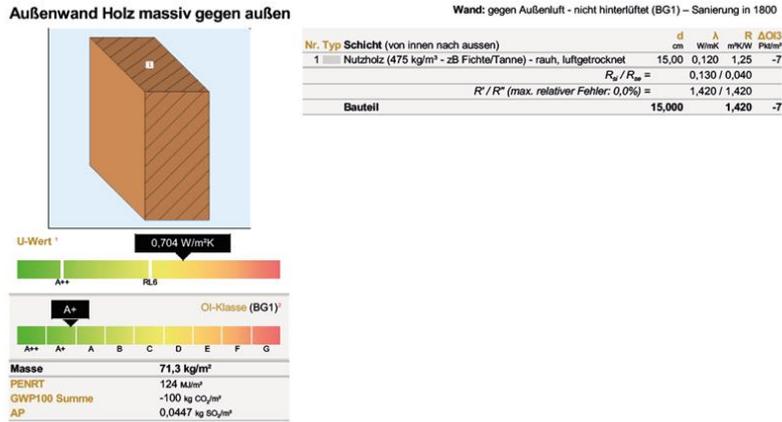


Anhang-Abbildung 17: Energiekennzahlen Berglerhaus

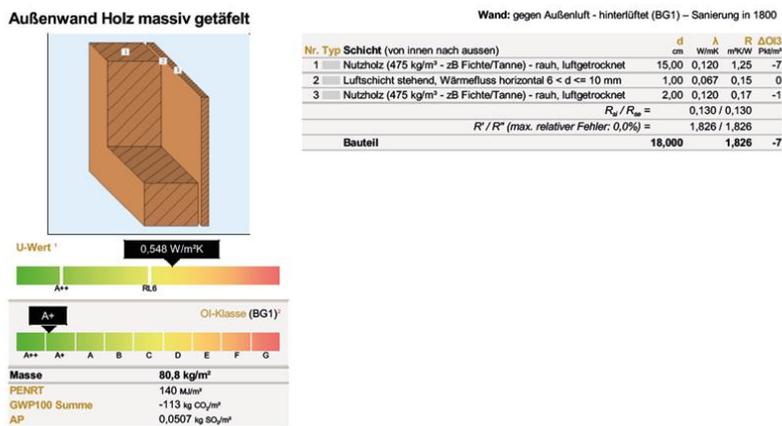


Datenblätter U-Wertberechnungen

Nachfolgend aufgelistet sind die vom in Kapitel 6.2.5 beschriebenen Berechnungswerkzeug Baubook-Rechner generierten Datenblätter zu den Wärmetransmissionskoeffizienten von Bauelementen.



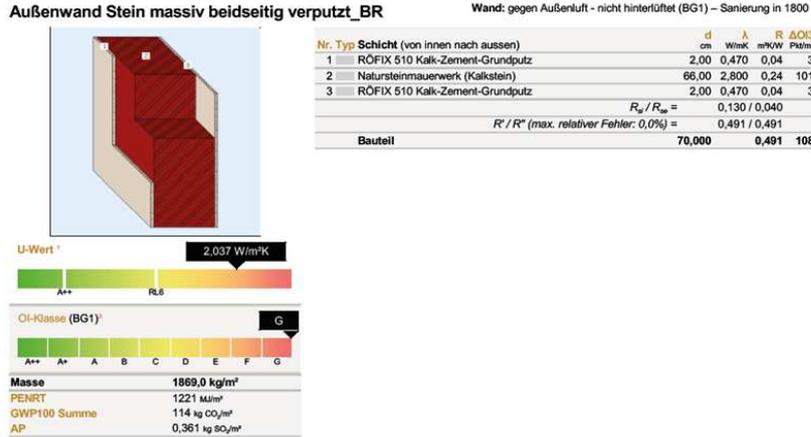
Anhang-Abbildung 18: Außenwand Holz massiv



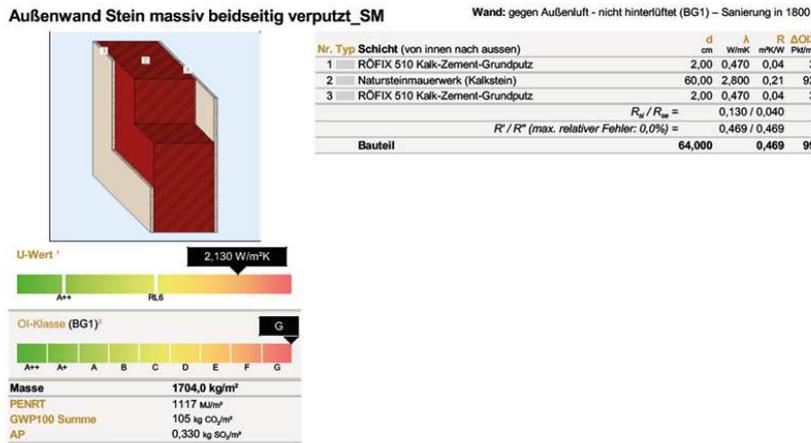
Anhang-Abbildung 19: Außenwand Holz massiv und getäfelt



Anhang-Abbildung 20: Außenwand Holz massiv beidseitig verputzt



Anhang-Abbildung 21: Außenwand Stein (d = 70 cm) beidseitig verputzt

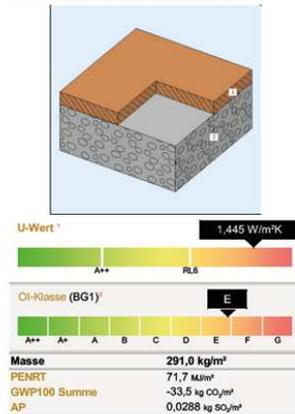


Anhang-Abbildung 22: Außenwand Stein (d = 64 cm) beidseitig verputzt



Anhang-Abbildung 23: Holzdecke massiv

Holzfußboden gegen Erdreich

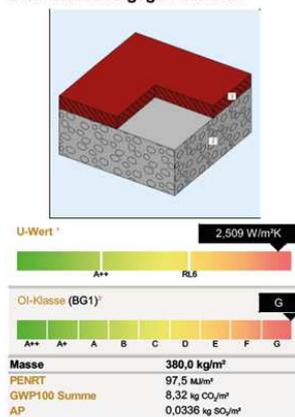


Boden: erdberührt - Wärmestrom nach unten (BG1) – Sanierung in 1800

Nr. Typ	Schicht	d	λ	R	ΔQ/G
		cm	W/mK	m ² K/W	PJ/m ²
1	Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - rauh, luftgetrocknet	4,00	0,130	0,31	-2
2	Schüttungen aus Sand, Kies, Splitt (1800 kg/m ³)	15,00	0,700	0,21	3
		$R_{0,1} / R_{0,2} =$		0,170 / 0,000	
		R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		0,692 / 0,692	
Bauteil		19,000	0,692	1	

Anhang-Abbildung 24: Holzfußboden gegen Erdreich

Steinfußboden gegen Erdreich

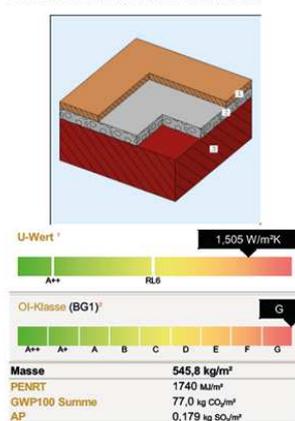


Boden: erdberührt - Wärmestrom nach unten (BG1) – Sanierung in 1800

Nr. Typ	Schicht	d	λ	R	ΔQ/G
		cm	W/mK	m ² K/W	PJ/m ²
1	Natursteinmauerwerk (Kalkstein)	4,00	2,800	0,01	6
2	Schüttungen aus Sand, Kies, Splitt (1800 kg/m ³)	15,00	0,700	0,21	3
		$R_{0,1} / R_{0,2} =$		0,170 / 0,000	
		R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		0,399 / 0,399	
Bauteil		19,000	0,399	9	

Anhang-Abbildung 25: Steinfußboden gegen Erdreich

Zwischendecke Massivbauweise



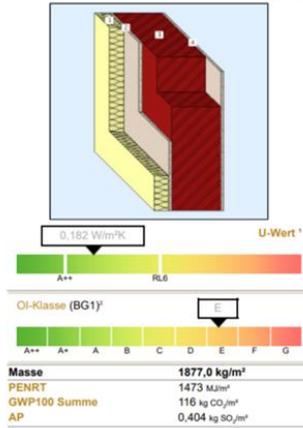
Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben (BG1) – Sanierung in 1800

Nr. Typ	Schicht	d	λ	R	ΔQ/G
		cm	W/mK	m ² K/W	PJ/m ²
1	Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - rauh, luftgetrocknet	3,00	0,130	0,23	-2
2	Schüttungen aus Sand, Kies, Splitt (1800 kg/m ³)	5,00	0,700	0,07	1
3	Klinker voll + Normalmauermörtel (2200 kg/m ³)	20,00	0,900	0,22	95
		$R_{0,1} / R_{0,2} =$		0,100 / 0,040	
		R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		0,664 / 0,664	
Bauteil		28,000	0,664	95	

Anhang-Abbildung 26: Zwischendecke in Massivbauweise

Außenwand Waldviertler massiv_heugedämmt

Wand: gegen Außenluft - nicht hinterlüftet (BG1) – Sanierung in 1800

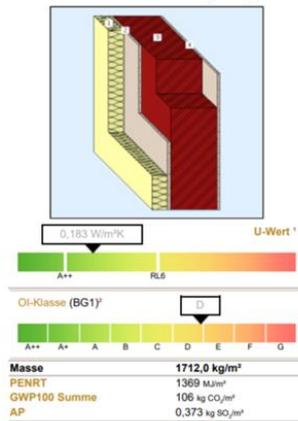


Nr. Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²KW	ΔO13 Pk/m²
1 Flachhaus Wärmedämmplatte DP, Dämmplatte DP Produkt derzeit	20,00	0,040	5,00	15
2 RÖFIX 510 Kalk-Zement-Grundputz	2,00	0,470	0,04	3
3 Natursteinmauerwerk (Kalkstein)	66,00	2,800	0,24	101
4 RÖFIX 510 Kalk-Zement-Grundputz	2,00	0,470	0,04	3
			$R_s / R_{se} =$	0,130 / 0,040
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =	5,491 / 5,491
Bauteil	90,000	5,491	122	

Anhang-Abbildung 27: Mauerwerk gedämmt ($d_{ges} = 90$ cm)

Außenwand Stein massiv_heugedämmt

Wand: gegen Außenluft - nicht hinterlüftet (BG1) – Sanierung in 1800

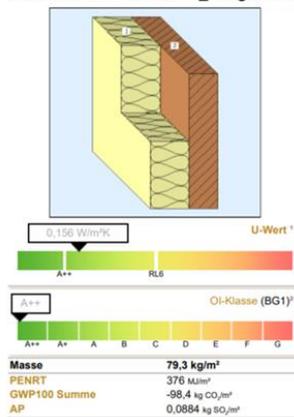


Nr. Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²KW	ΔO13 Pk/m²
1 Flachhaus Wärmedämmplatte DP, Dämmplatte DP Produkt derzeit	20,00	0,040	5,00	15
2 RÖFIX 510 Kalk-Zement-Grundputz	2,00	0,470	0,04	3
3 Natursteinmauerwerk (Kalkstein)	60,00	2,800	0,21	92
4 RÖFIX 510 Kalk-Zement-Grundputz	2,00	0,470	0,04	3
			$R_s / R_{se} =$	0,130 / 0,040
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =	5,469 / 5,469
Bauteil	84,000	5,469	113	

Anhang-Abbildung 28: Mauerwerk gedämmt ($d_{ges} = 83$ cm)

Außenwand Holz massiv_heugedämmt

Wand: gegen Außenluft - nicht hinterlüftet (BG1) – Sanierung in 1800

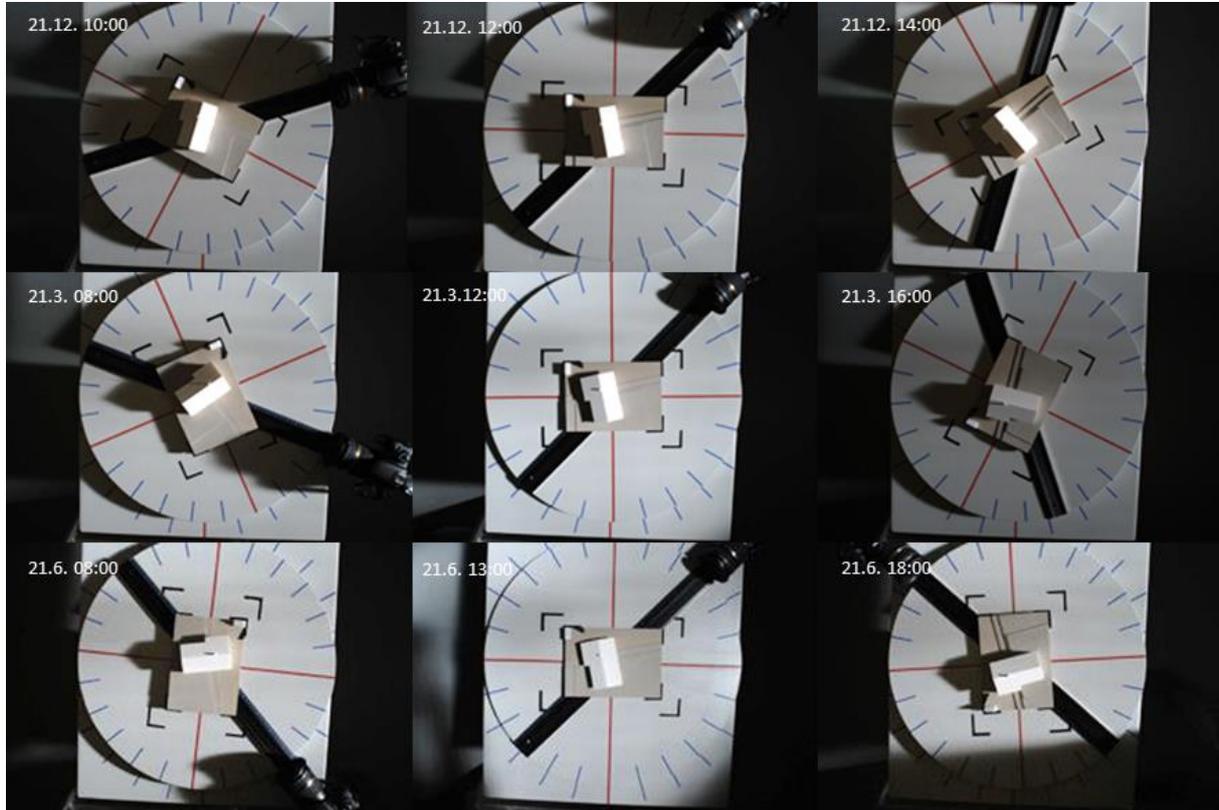


Nr. Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²KW	ΔO13 Pk/m²
1 Flachhaus Wärmedämmplatte DP, Dämmplatte DP Produkt derzeit	20,00	0,040	5,00	15
2 Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, luftgetrocknet	15,00	0,120	1,25	-7
			$R_s / R_{se} =$	0,130 / 0,040
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =	6,420 / 6,420
Bauteil	35,000	6,420	8	

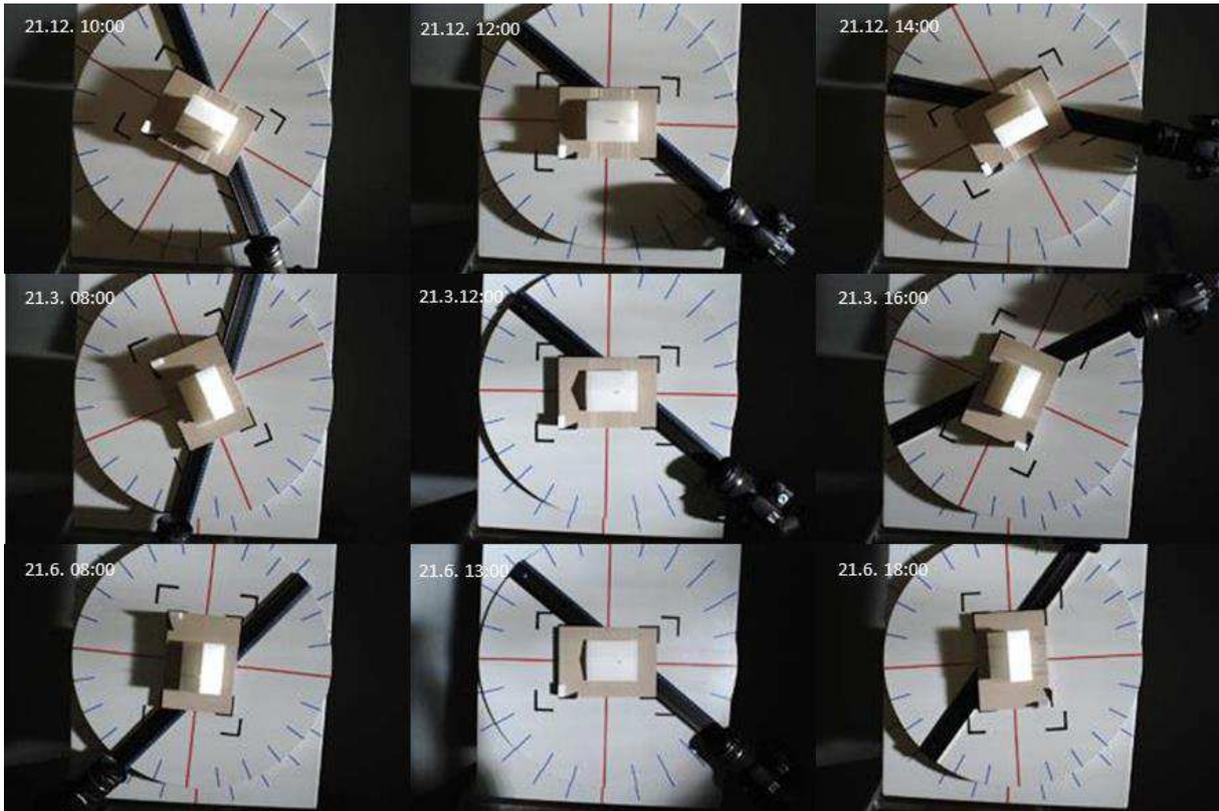
Anhang-Abbildung 29: Blockbauwand gedämmt

Lichtlabor-Direktlichtstudien

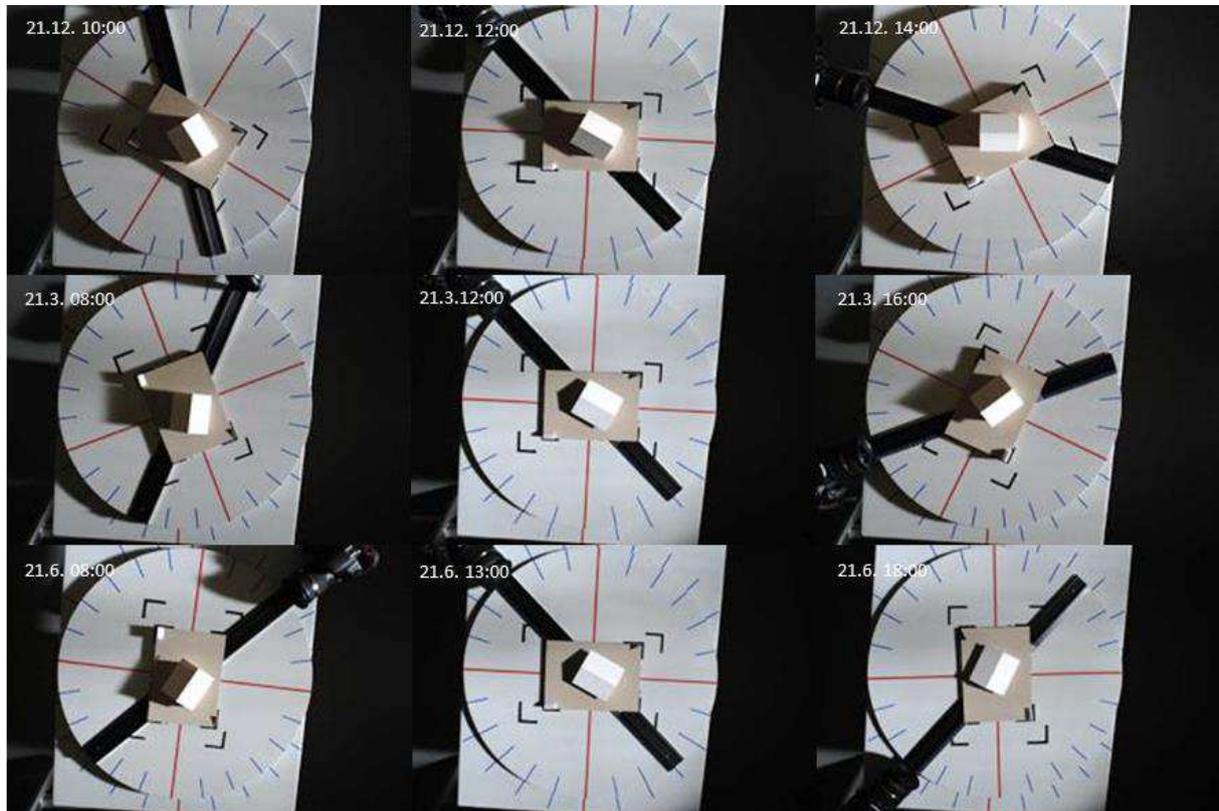
Ergänzend zu den in Kapitel 6.3.1 (Gebäudeportraits) beschriebenen und gezeigten Baukörperansichten sind nachfolgend die Gebäudemodell-Draufsichten bei Direktlichteintrag zu unterschiedlichen Jahres- und Tageszeiten dargestellt.



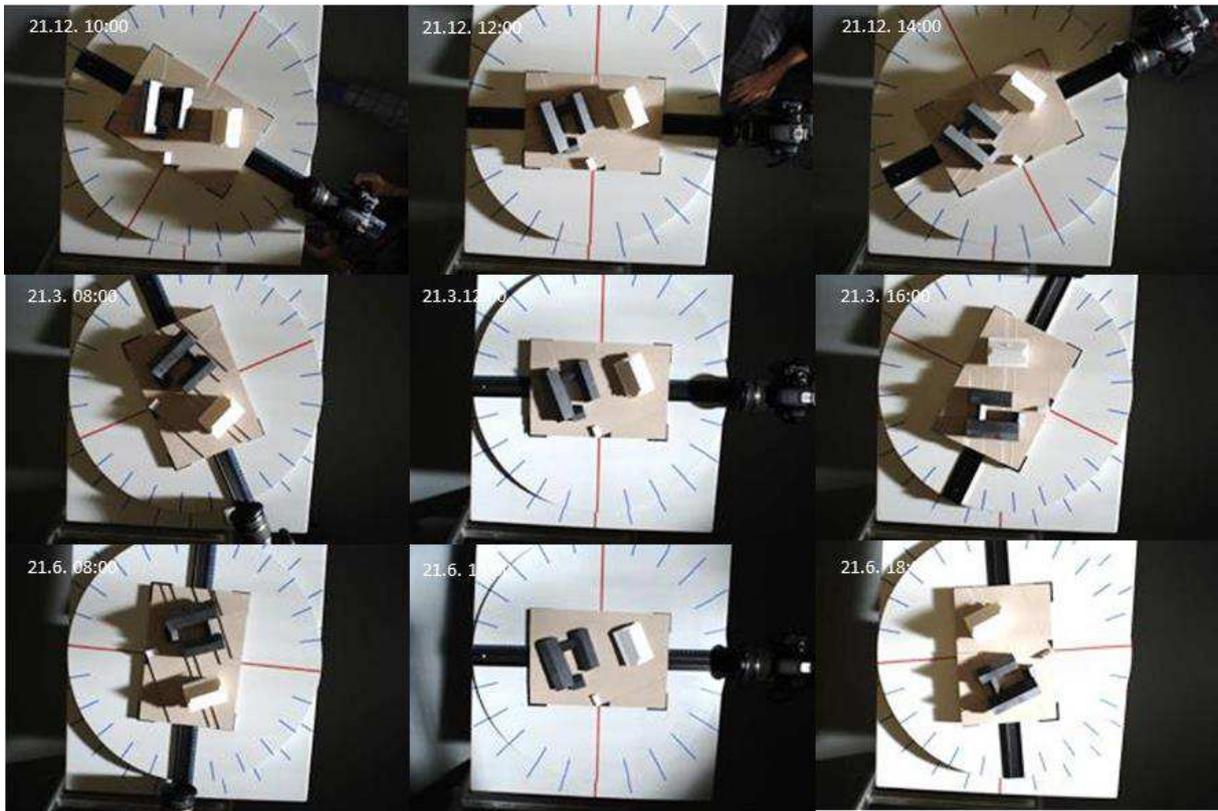
Anhang-Abbildung 32: Direktlichtstudie Naglerhaus



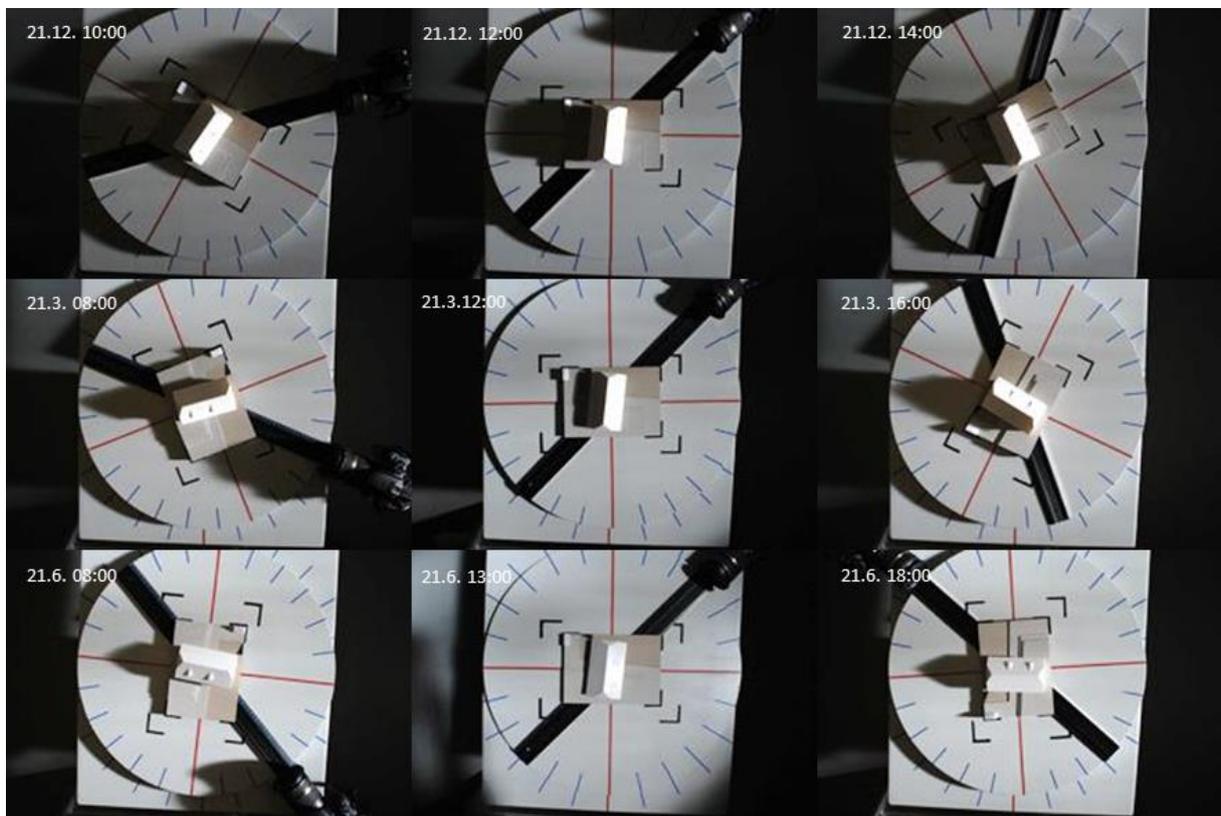
Anhang-Abbildung 33: Direktlichtstudie Hanslerhof



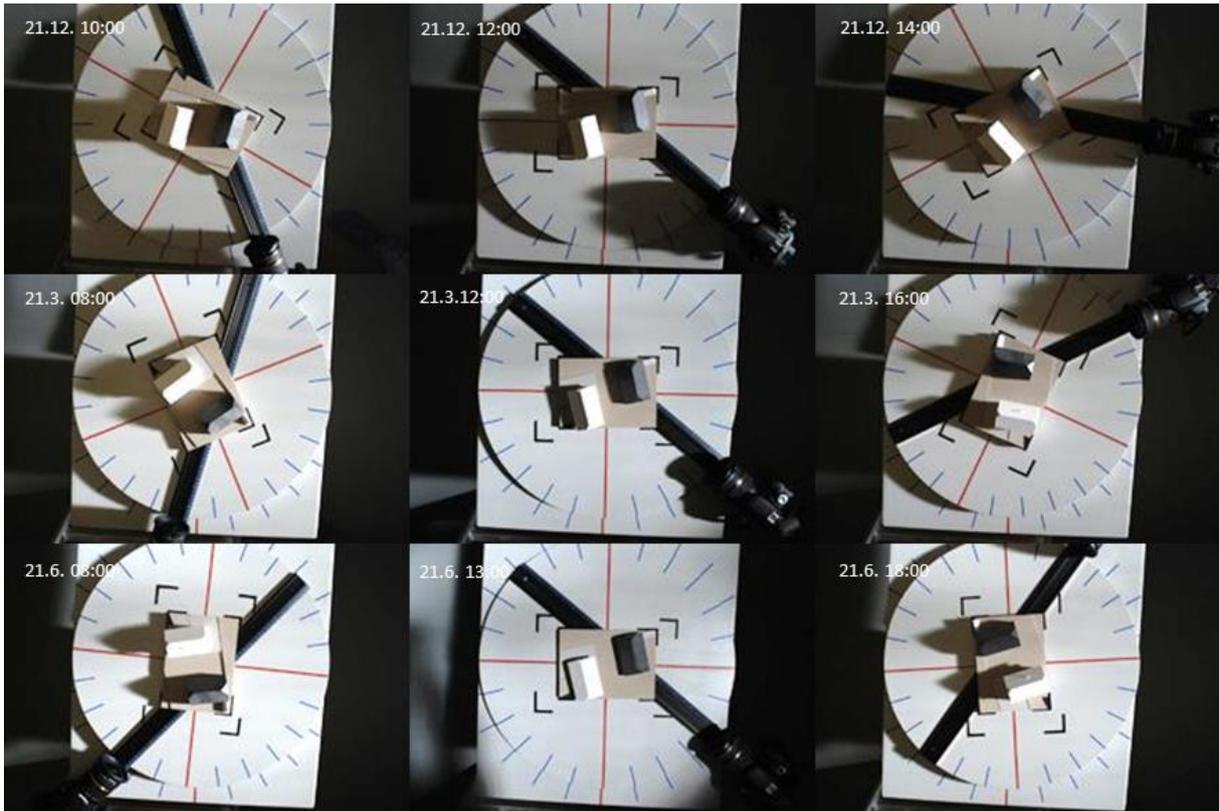
Anhang-Abbildung 34: Direktlichtstudie Rauchhaus



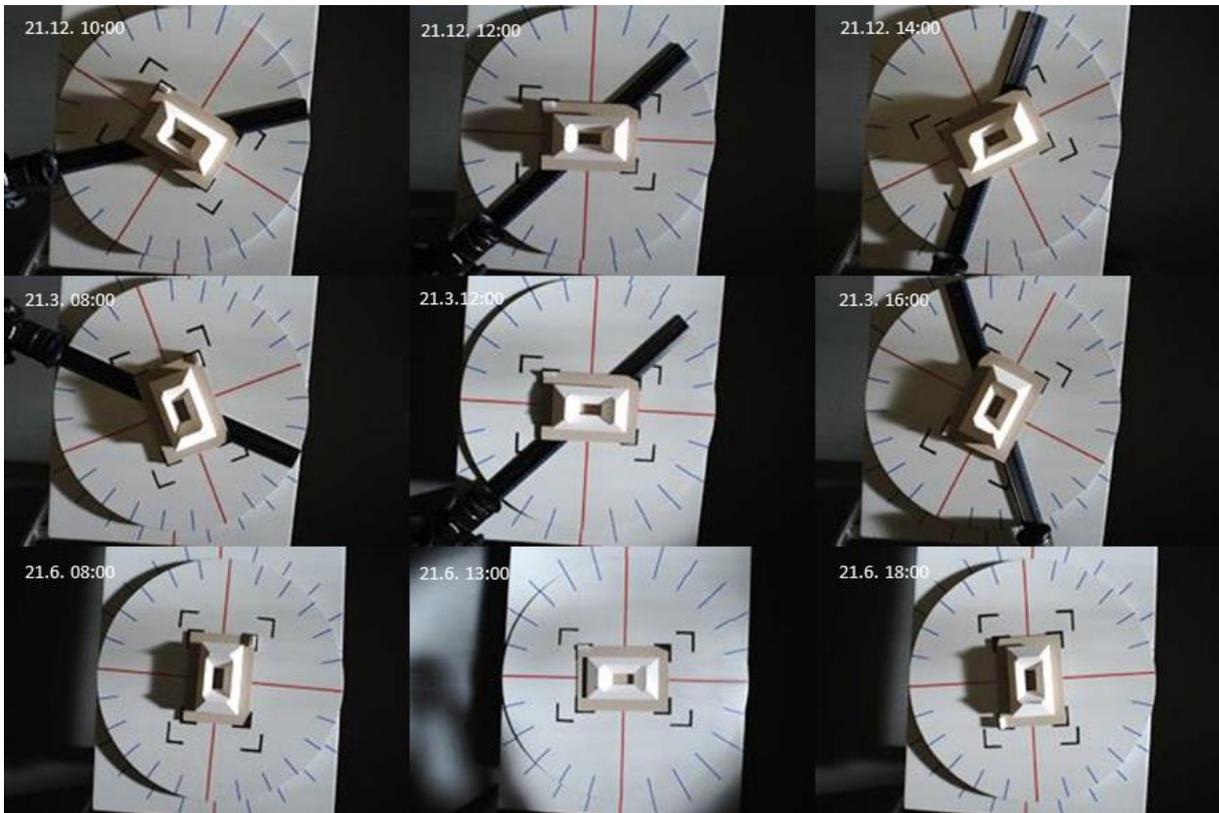
Anhang-Abbildung 35: Direktlichtstudie Ringhof Paule



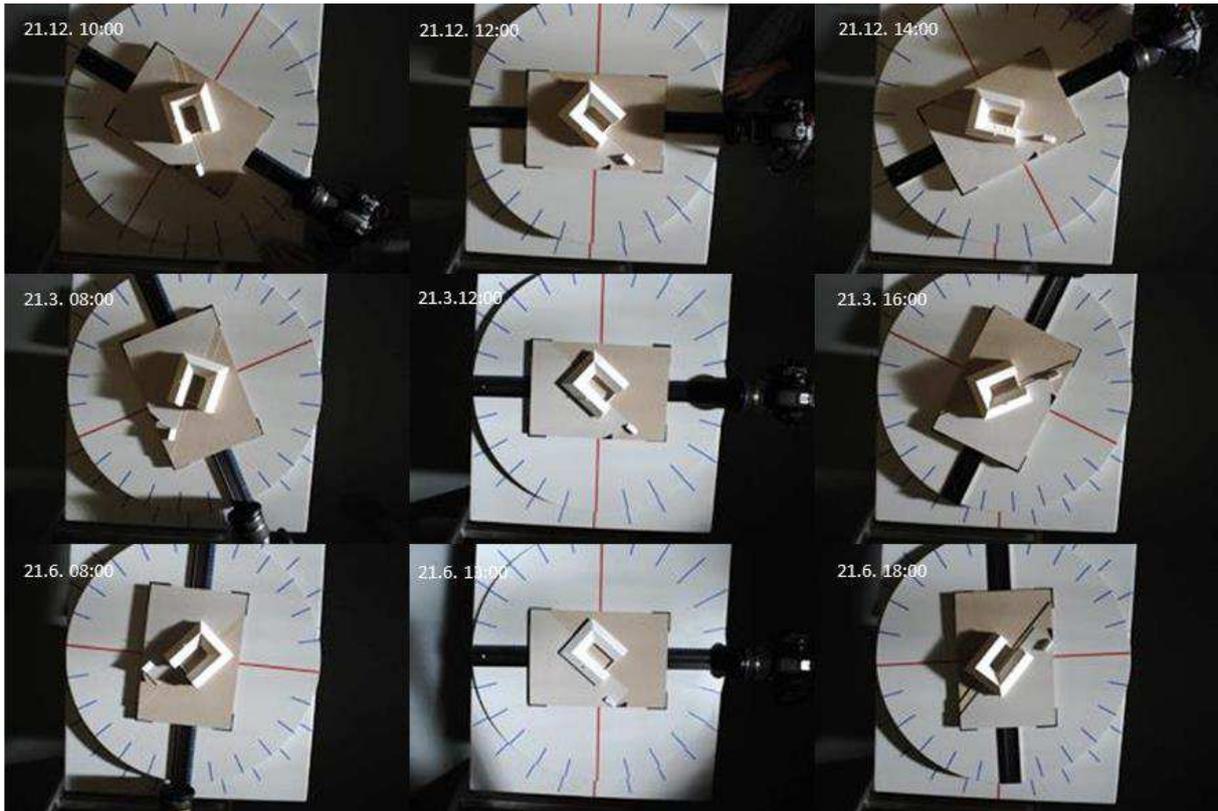
Anhang-Abbildung 36: Direktlichtstudie Säuerling



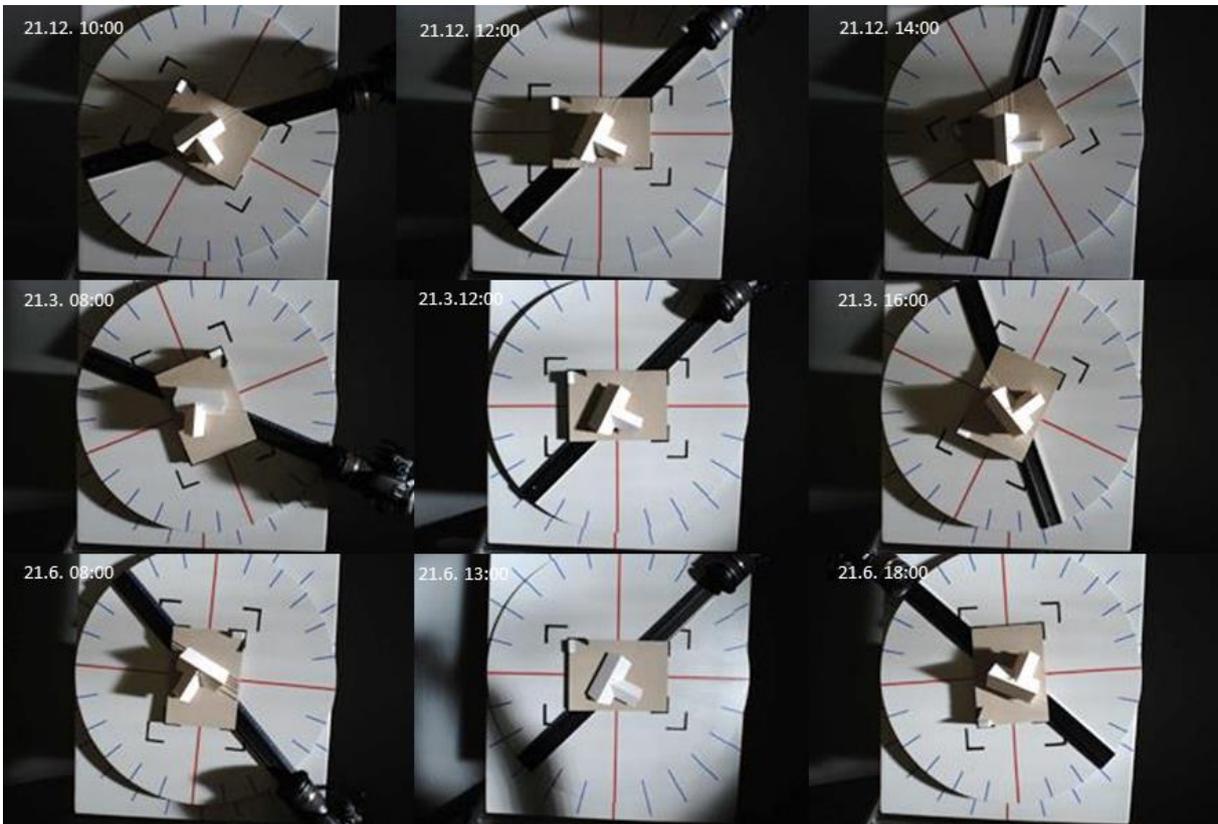
Anhang-Abbildung 37: Direktlichtstudie Laarerhof



Anhang-Abbildung 38: Direktlichtstudie Schwarzmayrhof

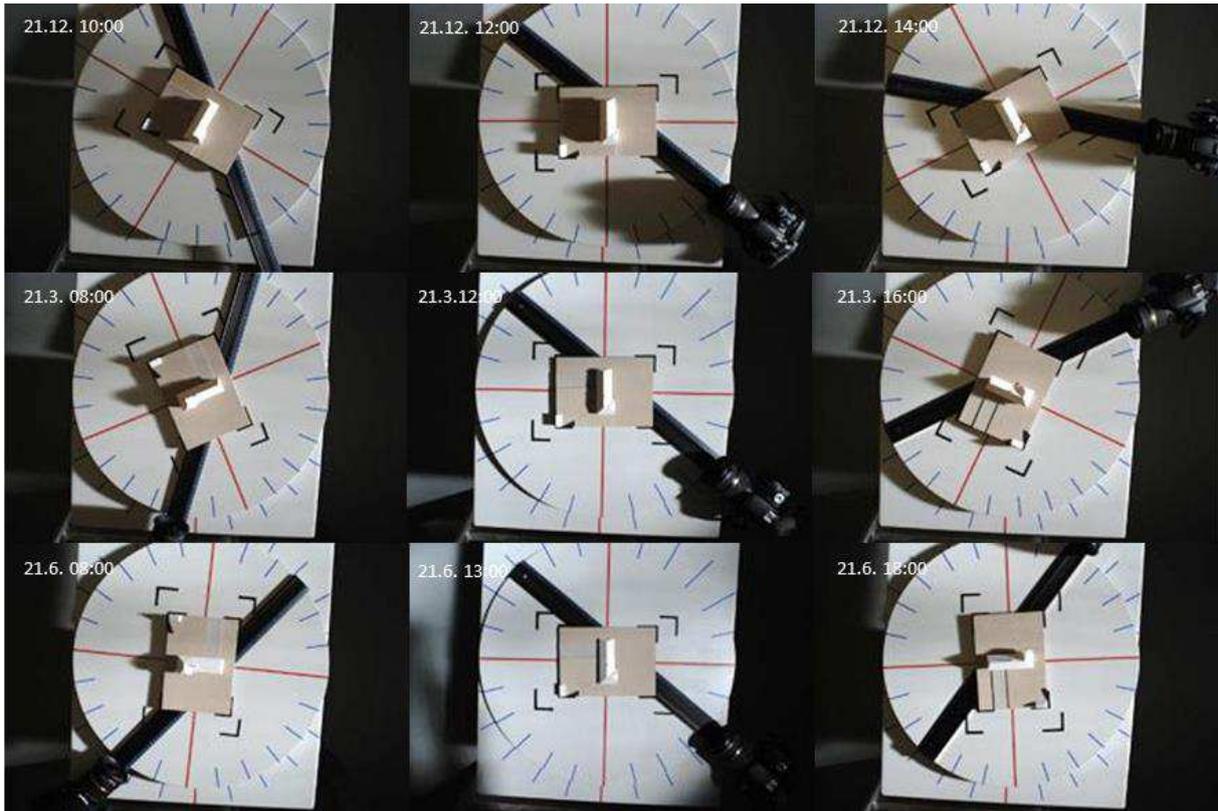


Anhang-Abbildung 39: Direktlichtstudie Brachhuber

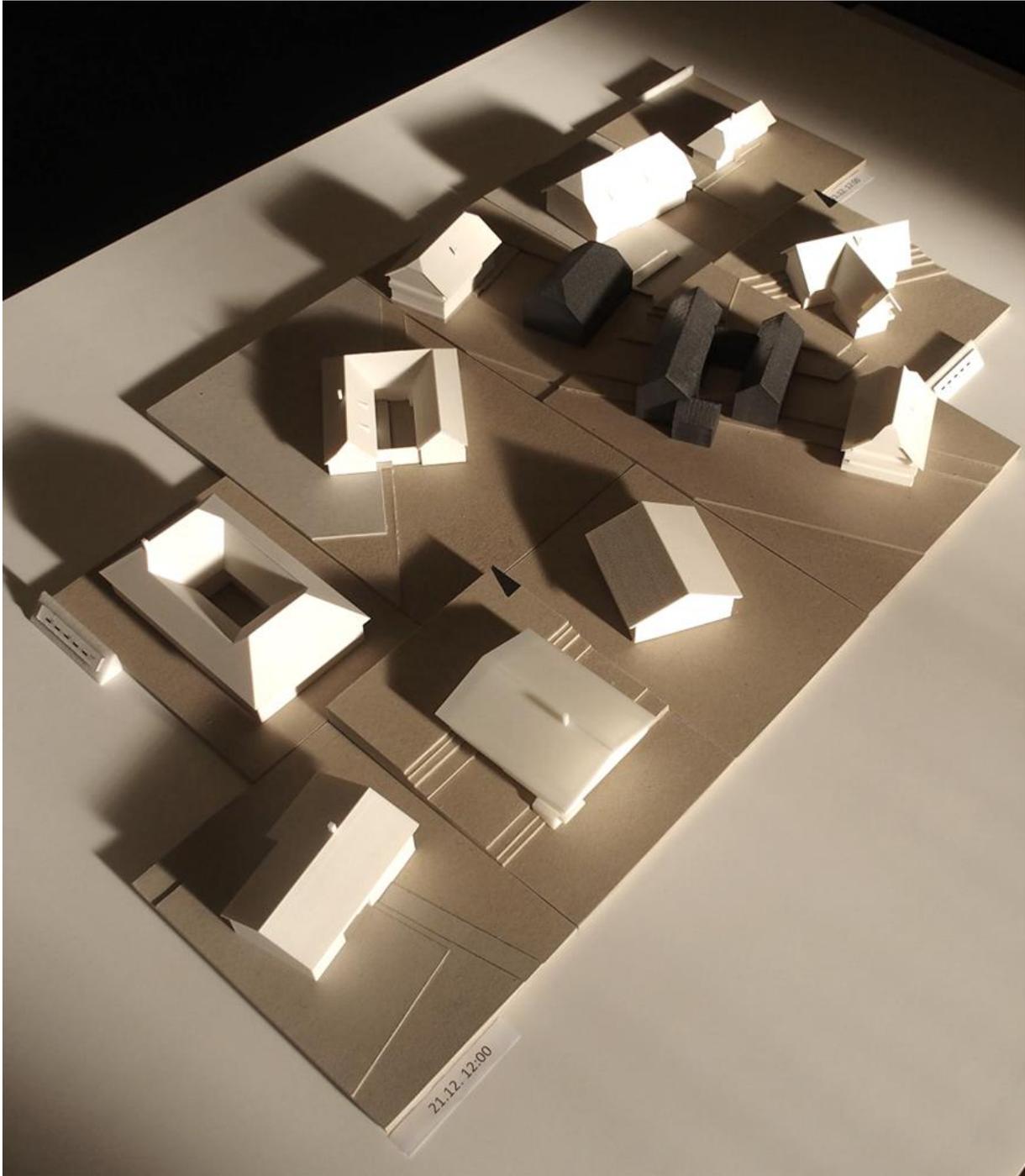


Anhang-Abbildung 40: Direktlichtstudie Großschrotter

Anhänge

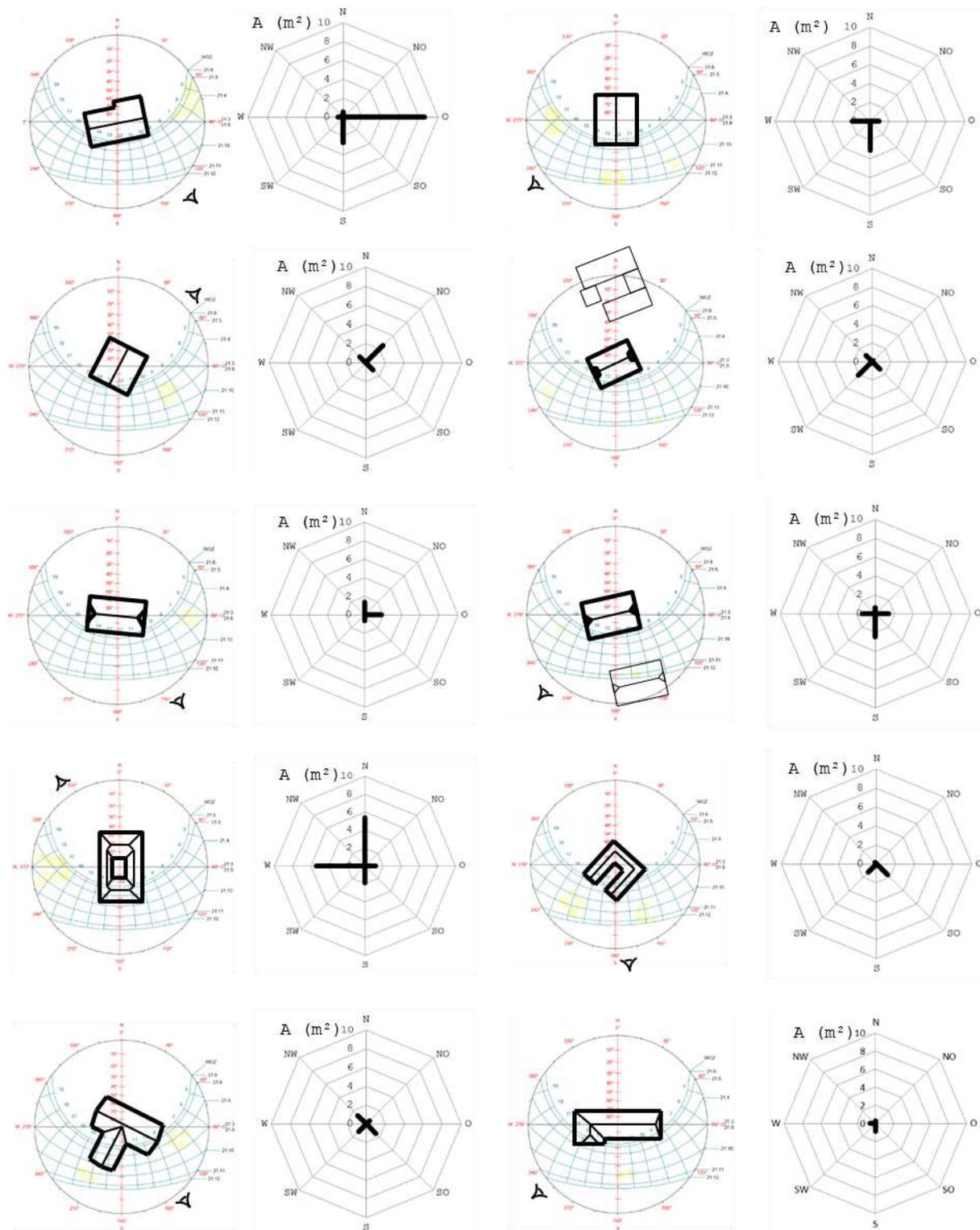


Anhang-Abbildung 41: Direktlichtstudie Berglerhaus



Anhang-Abbildung 42: Direktlichtsimulation des Gesamt-Gebäudemodellensembles, 21.12. 12:00 Uhr

Die Baukörperausrichtungen und Orientierungen von Fensterflächen A (m²) der untersuchten Fallbeispiele werden nachfolgend anhand von Sonnenbahndiagrammen und Himmelsrichtungs-Darstellungen verdeutlicht.



Anhang-Abbildung 43: Baukörperausrichtungen und Orientierungen von Fensterflächen A (m²)
 Zeile 1: Naglerhaus und Hanslerhof, Zeile 2: Rauchhaus und Ringhof Paule, Zeile 3: Säuerling und Laarerhof,
 Zeile 4: Schwarzmayrthof und Brachhuber, Zeile 5: Großschrotter und Berglerhaus

Datenblätter Diffuslichtsimulationen und -messung

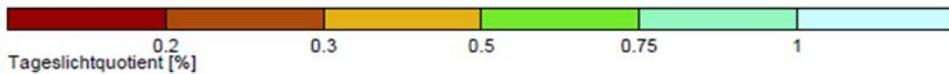
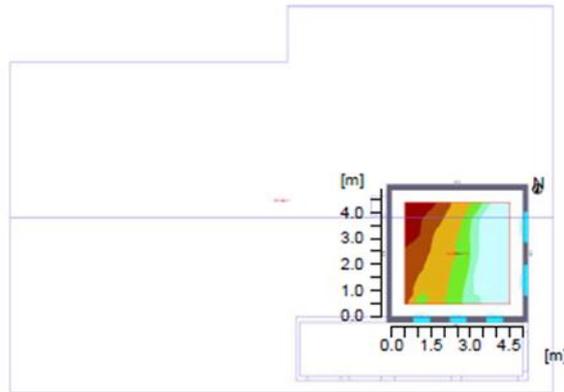
Nachfolgend aufgelistet sind die von der in Kapitel 6.2.7 beschriebenen Simulationssoftware Relux Pro generierten Lichtsimulations-Übersichtsdatenblätter.



2 Naglerhaus

2.2 Zusammenfassung, Naglerhaus

2.2.1 Ergebnisübersicht, Nutzebene 1.1



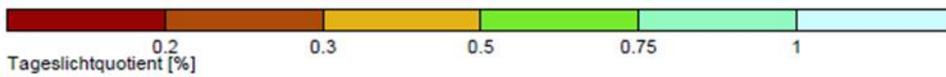
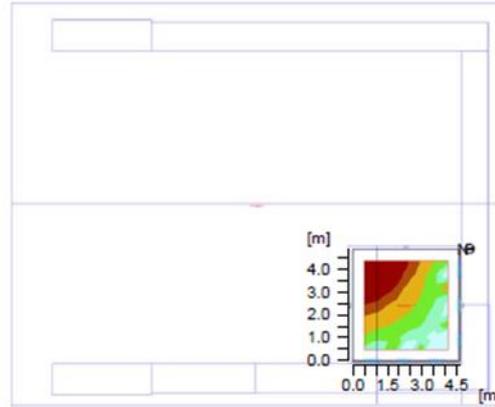
Allgemein	
Verwendeter Rechenalgorithmus	Mittlerer Indirektanteil
Höhe der Bewertungsfläche	0.85 m
Verwendeter Rechenmodus	Bedeckter Himmel nach CIE
Datum, Uhrzeit: 21.03. 12:00 (WOZ 11:58)	
Geographische Daten:	
Ort : Wien	
Breitengrad : 48.25 °	
Längengrad : 16.30 °	
Nordwinkel : 11.20 °	
Tageslichtquotient	
Mittlerer Tageslichtquotient	Dm : 1.05
Minimaler Tageslichtquotient	Dmin : 0.13
Maximaler Tageslichtquotient	Dmax : 5.47

Anhang-Abbildung 44: Diffuslichtsimulation Naglerhaus

1 Hanslerhof

1.1 Zusammenfassung, Hanslerhof

1.1.1 Ergebnisübersicht, Nutzebene 1.1



Allgemein

Verwendeter Rechenalgorithmus
Höhe der Bewertungsfläche
Verwendeter Rechenmodus

Mittlerer Indirektanteil
0.85 m
Bedeckter Himmel nach CIE

Datum, Uhrzeit:

21.03. 12:00 (WOZ 11:58)

Geographische Daten:

Ort : Wien
Breitengrad : 48.25 °
Längengrad : 16.30 °
Nordwinkel : -90.00 °

Tageslichtquotient

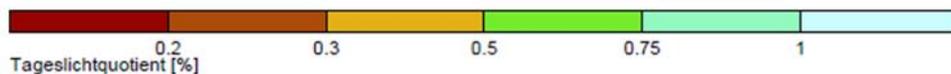
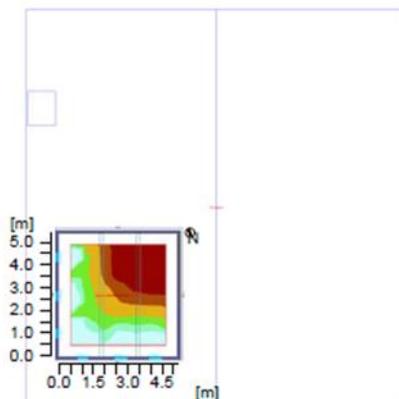
Mittlerer Tageslichtquotient	Dm	: 0.56
Minimaler Tageslichtquotient	Dmin	: 0.08
Maximaler Tageslichtquotient	Dmax	: 1.68

Anhang-Abbildung 45: Diffuslichtsimulation Hanslerhof

1 Rauchhaus

1.2 Zusammenfassung, Rauchhaus

1.2.1 Ergebnisübersicht, Nutzebene 1.1



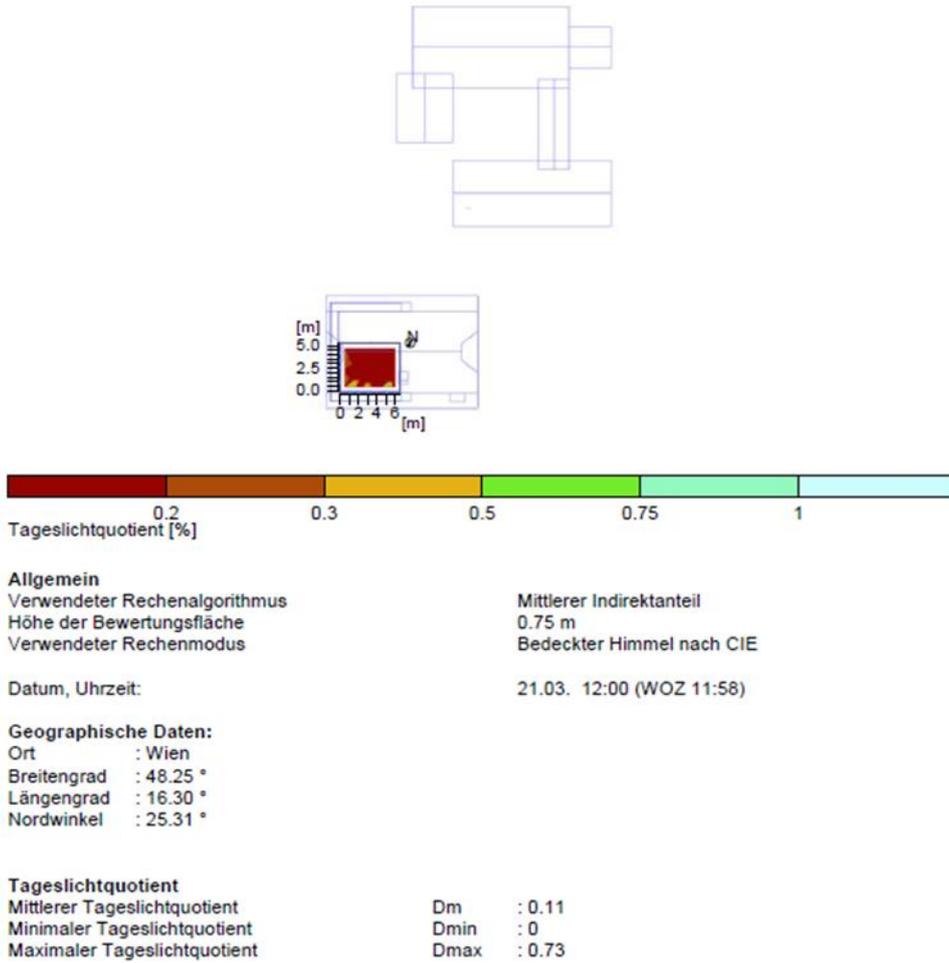
Allgemein	
Verwendeter Rechenalgorithmus	Mittlerer Indirektanteil
Höhe der Bewertungsfläche	0.85 m
Verwendeter Rechenmodus	Bedeckter Himmel nach CIE
Datum, Uhrzeit: 21.03. 12:00 (WOZ 11:58)	
Geographische Daten:	
Ort : Wien	
Breitengrad : 48.25 °	
Längengrad : 16.30 °	
Nordwinkel : 153.00 °	
Tageslichtquotient	
Mittlerer Tageslichtquotient	Dm : 0.68
Minimaler Tageslichtquotient	Dmin : 0.09
Maximaler Tageslichtquotient	Dmax : 2.78

Anhang-Abbildung 46: Diffuslichtsimulation Rauchhaus

2 Paule

2.1 Zusammenfassung, Paule

2.1.1 Ergebnisübersicht, Nutzebene 1.1

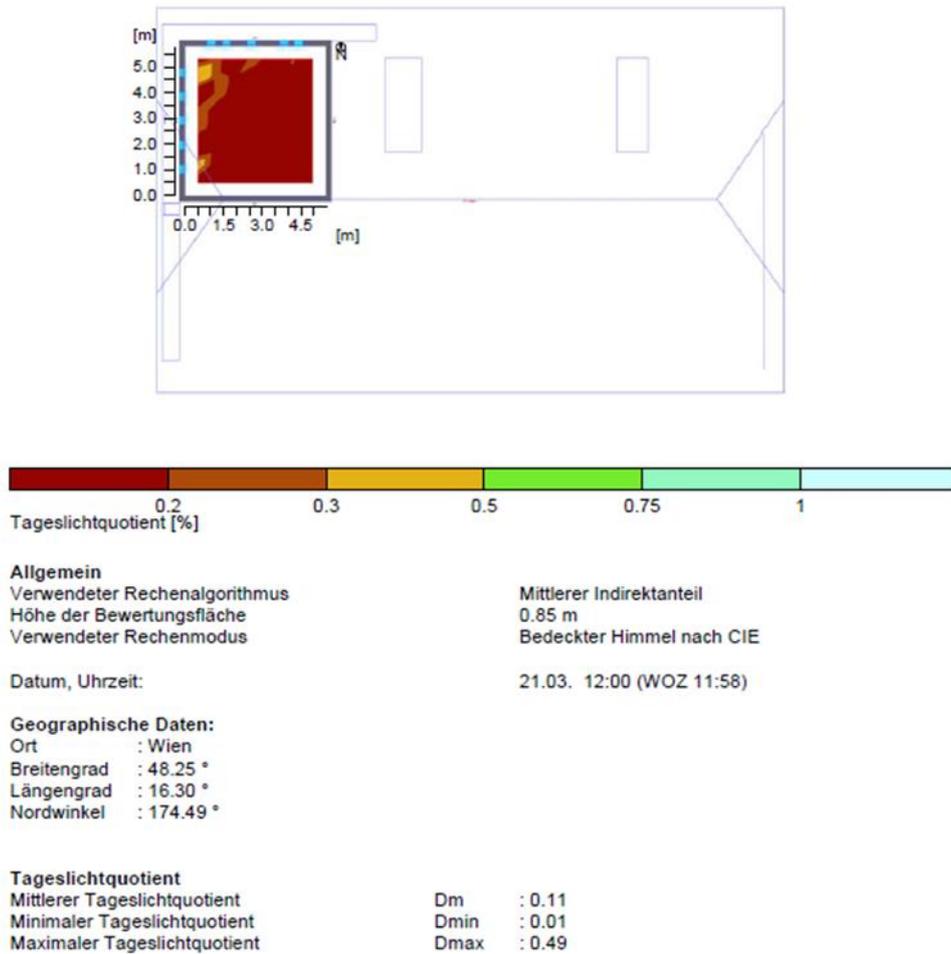


Anhang-Abbildung 47: Diffuslichtsimulation Ringhof Paule

2 säuerling

2.1 Zusammenfassung, säuerling

2.1.1 Ergebnisübersicht, Nutzebene 1.1

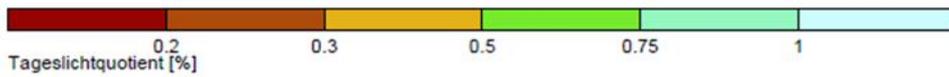
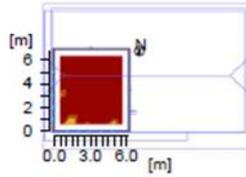


Anhang-Abbildung 48: Diffuslichtsimulation Säuerling

3 Laarer

3.2 Zusammenfassung, Laarer

3.2.1 Ergebnisübersicht, Nutzebene 1.1



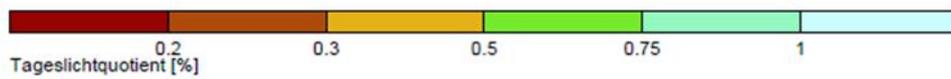
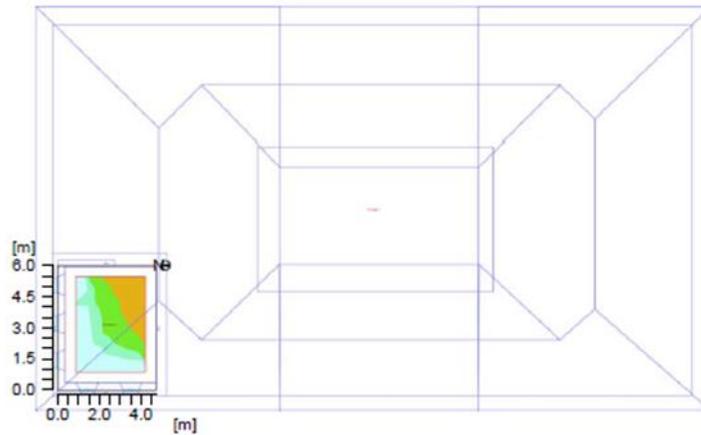
Allgemein	
Verwendeter Rechenalgorithmus	Mittlerer Indirektanteil
Höhe der Bewertungsfläche	0.85 m
Verwendeter Rechenmodus	Bedeckter Himmel nach CIE
Datum, Uhrzeit: 21.03. 12:00 (WOZ 11:58)	
Geographische Daten:	
Ort : Wien	
Breitengrad : 48.25 °	
Längengrad : 16.30 °	
Nordwinkel : 13.20 °	
Tageslichtquotient	
Mittlerer Tageslichtquotient	Dm : 0.07
Minimaler Tageslichtquotient	Dmin : 0
Maximaler Tageslichtquotient	Dmax : 0.5

Anhang-Abbildung 49: Diffuslichtsimulation Laarerhof

2 vierkanter

2.1 Zusammenfassung, vierkanter

2.1.2 Ergebnisübersicht, Nutzebene 1.1



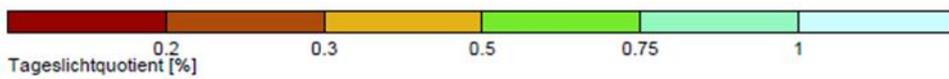
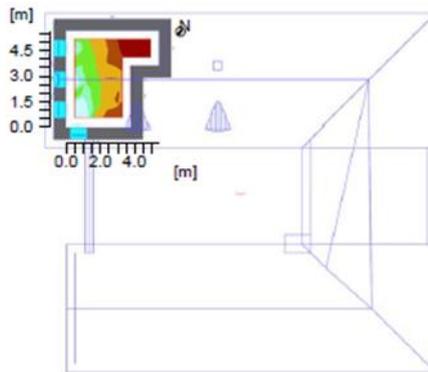
Allgemein	
Verwendeter Rechenalgorithmus	Mittlerer Indirektanteil
Höhe der Bewertungsfläche	0.85 m
Verwendeter Rechenmodus	Bedeckter Himmel nach CIE
Datum, Uhrzeit: 21.03. 12:00 (WOZ 11:58)	
Geographische Daten:	
Ort : Wien	
Breitengrad : 48.25 °	
Längengrad : 16.30 °	
Nordwinkel : -90.00 °	
Tageslichtquotient	
Mittlerer Tageslichtquotient	Dm : 0.97
Minimaler Tageslichtquotient	Dmin : 0.3
Maximaler Tageslichtquotient	Dmax : 2.7

Anhang-Abbildung 50: Diffuslichtsimulation Schwarzmayrhof

3 Waldviertlerhof

3.1 Zusammenfassung, Waldviertlerhof

3.1.1 Ergebnisübersicht, Nutzebene 1.1



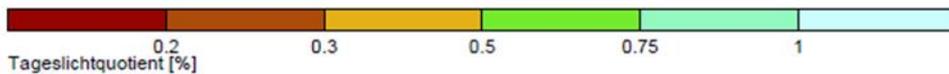
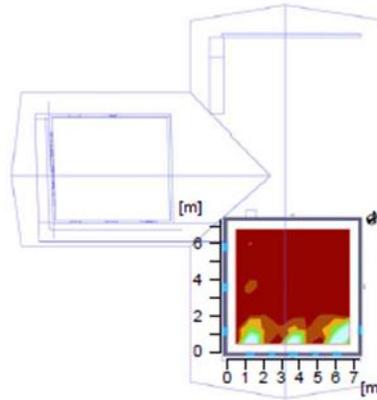
Allgemein	
Verwendeter Rechenalgorithmus	Mittlerer Indirektanteil
Höhe der Bewertungsfläche	0.75 m
Verwendeter Rechenmodus	Bedeckter Himmel nach CIE
Datum, Uhrzeit: 21.03. 12:00 (WOZ 11:58)	
Geographische Daten:	
Ort : Wien	
Breitengrad : 48.25 °	
Längengrad : 16.30 °	
Nordwinkel : 41.10 °	
Tageslichtquotient	
Mittlerer Tageslichtquotient	Dm : 0.51
Minimaler Tageslichtquotient	Dmin : 0.11
Maximaler Tageslichtquotient	Dmax : 1.47

Anhang-Abbildung 51: Diffuslichtsimulation Brachhuber

1 großschrotter

1.1 Zusammenfassung, großschrotter

1.1.1 Ergebnisübersicht, Nutzebene 1.1



Tageslichtquotient [%]

Allgemein

Verwendeter Rechenalgorithmus
Höhe der Bewertungsfläche
Verwendeter Rechenmodus

Mittlerer Indirektanteil
0.85 m
Bedeckter Himmel nach CIE

Datum, Uhrzeit:

21.03. 12:00 (WOZ 11:58)

Geographische Daten:

Ort : Wien
Breitengrad : 48.25 °
Längengrad : 16.30 °
Nordwinkel : 62.77 °

Tageslichtquotient

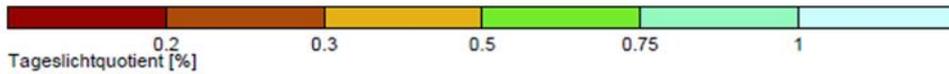
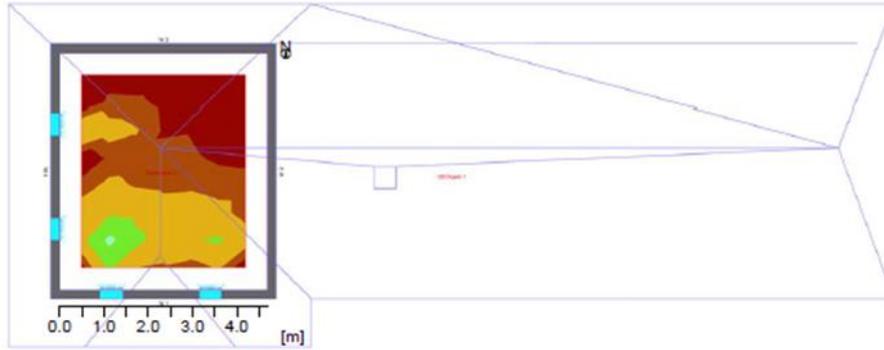
Mittlerer Tageslichtquotient	Dm	: 0.18
Minimaler Tageslichtquotient	Dmin	: 0.01
Maximaler Tageslichtquotient	Dmax	: 1.64

Anhang-Abbildung 52: Diffuslichtsimulation Großschrotter

1 Berglerhaus

1.1 Zusammenfassung, Berglerhaus

1.1.1 Ergebnisübersicht, Nutzebene 1.1

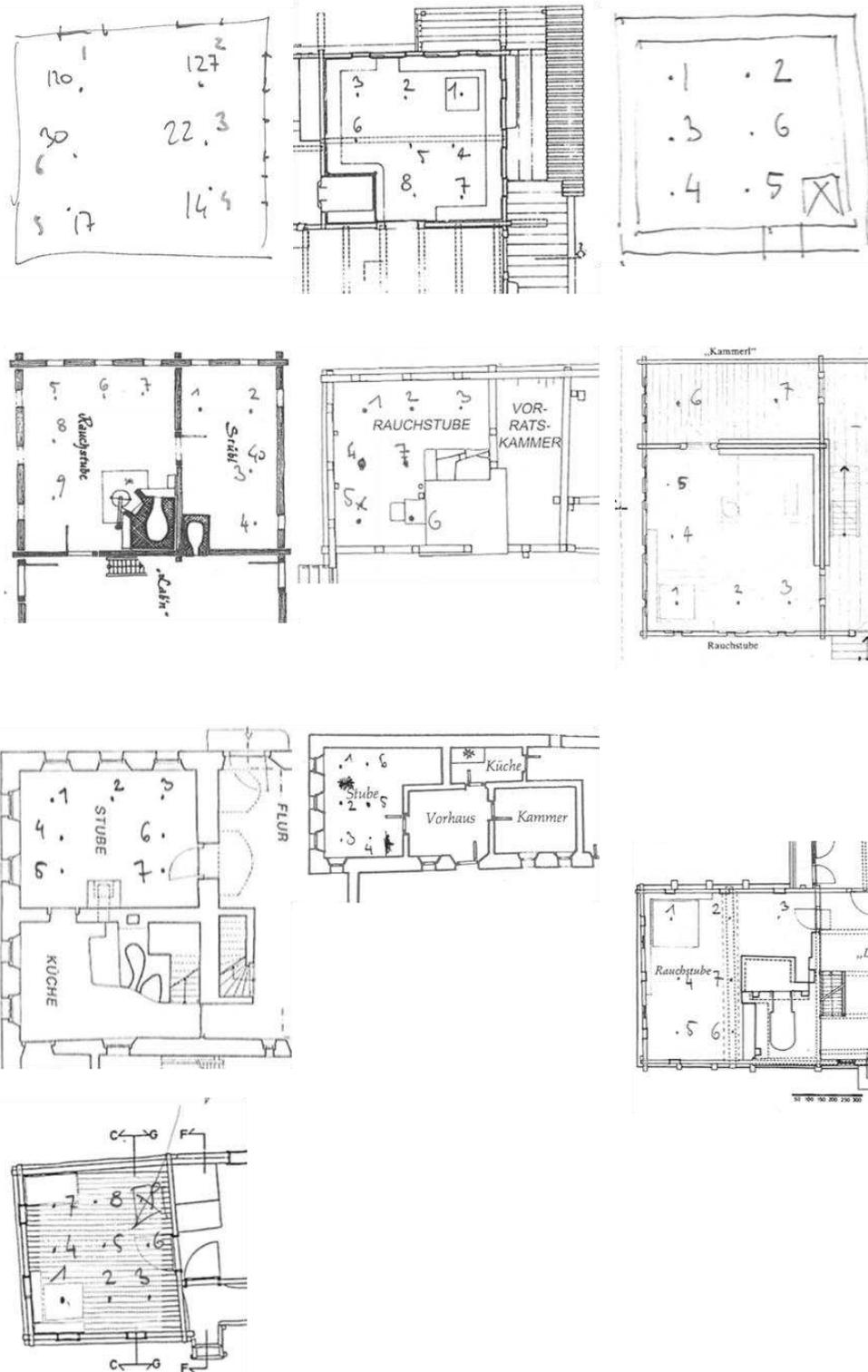


Allgemein	
Verwendeter Rechenalgorithmus	Mittlerer Indirektanteil
Höhe der Bewertungsfläche	0.75 m
Verwendeter Rechenmodus	Bedeckter Himmel nach CIE
Datum, Uhrzeit: 21.03. 12:00 (WOZ 11:58)	
Geographische Daten:	
Ort : Wien	
Breitengrad : 48.25 °	
Längengrad : 16.30 °	
Nordwinkel : 0.00 °	
Tageslichtquotient	
Mittlerer Tageslichtquotient	Dm : 0.27
Minimaler Tageslichtquotient	Dmin : 0.07
Maximaler Tageslichtquotient	Dmax : 0.81

Anhang-Abbildung 53: Diffuslichtsimulation Berglerhaus

Anhänge

Nachfolgend dargestellt sind Grundrisszeichnungen mit Eintragungen von Messpunktpositionen für die Beleuchtungsstärkenmessungen sowie die tabellarisch aufgelisteten Messergebnisse.



Anhang-Abbildung 54: Grundrisszeichnungen mit eingetragenen Messpunkten (jeweils 85 cm ü. FOK) für die Tageslichtquotient-Berechnungen; Zeile 1: Naglerhaus, Hanslerhof, Rauchhaus, Zeile 2: Ringhof Paule, Säuerling, Laarerhof, Zeile 3: Schwarzmayrhof, Brachhuber, Großschrotter, Zeile 4: Berglerhaus

Anhänge

Beleuchtungsstärkenmessung und Tageslichtquotient-Berechnung am 24.11.2016											
Hof	Raum	Uhrzeit	MP	Ei[lx]	Ee[lx]	øEe[lx]	TQ[%]	øTQ[%]			
Berglerhaus	Stube	12:00	1	4,4	3740	4235	0,10	0,04			
			2	2	4730	4235	0,05				
			3	1,6		4235	0,04				
			4	1		4235	0,02				
			5	1		4235	0,02				
			6	0,5		4235	0,01				
			7	5		4235	0,12				
			8	0,6		4235	0,01				
			9	0,4		4235	0,01				
Waldviertlerhof	Stube	10:00	1	11	4190	4005	0,27	0,25			
			2	15	3820	4005	0,37				
			3	22		4005	0,55				
			4	5		4005	0,12				
			5	4		4005	0,10				
			6	2		4005	0,05				
Vierkanter	Stube	09:45	1	32	4760	4830	0,66	0,45			
			2	42	4900	4830	0,87				
			3	30		4830	0,62				
			4	12		4830	0,25				
			5	30		4830	0,62				
			6	8		4830	0,17				
			7	4		4830	0,08				
			8	4		4830	0,08				
Rauchhaus	Stube	10:15	1	30	4400	4175	0,72	0,34			
			2	3	3950	4175	0,07				
			3	30		4175	0,72				
			4	20		4175	0,48				
			5	1		4175	0,02				
			6	1		4175	0,02				
Hansler	Stube	10:30	1	27	3600	3835	0,70	0,25			
			2	15	4070	3835	0,39				
			3	17		3835	0,44				
			4	5		3835	0,13				
			5	2		3835	0,05				
			6	5		3835	0,13				
			7	4		3835	0,10				
			8	1		3835	0,03				
Laarer	Rauchstube	09:00	1	10	4180	4160	0,24	0,12			
			2	3	4140	4160	0,07				
			3	2		4160	0,05				
			4	4		4160	0,10				
			5	6		4160	0,14				
Säuerling	Rauchstube	11:00	1	8	3440	3250	0,25	0,10			
			2	3	3060	3250	0,09				
			3	3		3250	0,09				
			4	2		3250	0,06				
			5	4		3250	0,12				
			6	2		3250	0,06				
			7	1		3250	0,03				
Großschrotter	Rauchstube	11:30	1	5	3840	4385	0,11	0,03			
			2	0,6	4930	4385	0,01				
			3	0,2		4385	0,00				
			4	2		4385	0,05				
			5	1		4385	0,02				
			6	0,1		4385	0,00				
			7	0,2		4385	0,00				
	Wiederkehr			1	15	3840	4385	0,34	0,16		
				2	11	4930	4385	0,25			
				3	1		4385	0,02			
				4	7		4385	0,16			
				5	0,6		4385	0,01			
				6	0,2		4385	0,00			
				7	20		4385	0,46			
Paule	Stube	09:30	1	16	3290	3520	0,45	0,66			
			2	28	3750	3520	0,80				
			3	40		3520	1,14				
			4	9		3520	0,26				
	Rauchstube				5	3			3520	0,09	0,06
					6	6			3520	0,17	
					7	1			3520	0,03	
					8	0,1			3520	0,00	
					9	1			3520	0,03	

Beleuchtungsstärkenmessung und Tageslichtquotient-Berechnung am 12.05.2017								
Hof	Raum	Uhrzeit	MP	Ei[lx]	Ee[lx]	øEe[lx]	TQ[%]	øTQ[%]
Naglerhus	Wohnstube	11:30	1	120		12300	0,98	0,45
			2	127		12300	1,03	
			3	22		12300	0,18	
			4	14		12300	0,11	
			5	17		12300	0,14	
			6	30		12300	0,24	

Anhang-Abbildung 55: Objekt- und zeitbezogene Messpunktetabellen mit gemessenen Beleuchtungsstärken und daraus errechneten Tageslichtquotient-Werten

Experteninterviews

Für die Sammlung von Erfahrungsberichten zu bautechnischen Fragestellungen und zur Entwicklung, Aufgaben und Perspektiven des Österreichischen Freilichtmuseums Stübing wurden Interviews mit Museumsdirektor Egbert Pöttler und Helmut Raith, der als Zimmermann, Gebäudepfleger und Inventarisierer im Museum tätig ist, geführt. Die Inhalte der Gespräche sind nachfolgend festgehalten.

Interview mit Egbert Pöttler, Museumsdirektor

Stübing am 28. Juli 2017

In der Buchpublikation „Mit Tradition und Innovation“ (Anm.: Selbstverlag des Österr. Freilichtmuseums, 1999) sind Sie auf einer Abbildung, die im Rahmen einer Feier in den frühen Jahren des Bestehens des Österreichischen Freilichtmuseums entstanden ist, als kleiner Bub im Kreise Ihrer Familie zu sehen. Wie haben Sie den Aufbau und den Entwicklungsprozess des Museums miterlebt?

Wir sind als Kinder mit dem Bewusstsein aufgewachsen, dass ein neuartiges Kulturprojekt für Österreich im Entstehen ist, an dem der Vater (Anm.: Viktor Herbert Pöttler 1924 – 2013, Gründer des Österreichischen Freilichtmuseums in Stübing) mit viel Akribie und Leidenschaft arbeitete. Das Beobachten, wie aus einem naturbelassenen Tal eine Kulturlandschaft entstand, in der jedes Objekt sorgsam positioniert werden musste um ähnliche Voraussetzungen wie in situ zu schaffen, war sehr spannend. Das Museum hat sich so zu einer Landkarte entwickelt, auf der die kulturellen Unterschiede und historischen Entwicklungen verschiedener Landschaften anhand der Gebäude ablesbar und erkennbar sind.

Das erfordert eine interdisziplinäre Herangehensweise. Sie sind Philosoph, Anglist, Pädagoge und seit früher Jugend in die Aktivitäten des Freilichtmuseums involviert. Ihr Vater war Germanist, Historiker und Volkskundler, welche bauwissenschaftlichen Webegleiter hatte er bei der Museumsentwicklung?

Wenige. Die Idee zur Gründung des Freilichtmuseums ist aus einer Initiative des Landes Steiermark entstanden. Oberbaurat Reisinger und Oberbaurat Sölkner von der Landesbaudirektion waren bei der Objektauswahl und der Bauaufnahme behilflich. Der eigentliche Abbau und Wiederaufbau der Objekte konnte nur durch den Einsatz des Museums erfolgen, da alte und traditionelle Handwerkmethoden anzuwenden waren. In den 1960er und 1970er Jahren erfolgte dies in einem Gegentrend zur Modernisierung des ländlichen Bauens. In gewisser Weise war das aber auch von Vorteil, da alte Handwerkstechniken wieder angewandt und so am Leben gehalten wurden.

Wie viele Personen waren am Prozess eines Objekt-Wiederaufbaues beteiligt?

Das lässt sich nicht genau sagen. Grundsätzlich bestand die Arbeitsmannschaft aus etwa 12 Personen, die jedoch manchmal am Aufbau von zwei oder drei Objekten gleichzeitig beteiligt waren. Auch heute besteht die Handwerksmannschaft auf 12 Leuten. In früheren Jahren bildeten der Aufbau

und die Erhaltung der Häuser deren Tätigkeitsschwerpunkt, heute sind auch sie gezwungen, anderer Aufgaben, wie die Organisation und Durchführung von Besucherveranstaltungen, zu übernehmen, um das Museum erhalten zu können. Darunter leiden vor allem die Dokumentation und die „vorausseilende“ Instandhaltung der Museumsobjekte. Wir sind gezwungen, nach dem „Florianiprinzip“ vorzugehen, und „löschen“ bzw. erhalten dort, wo entsprechende Maßnahmen am notwendigsten sind. Die eigentliche Aufgabe wäre es jedoch, Schäden erst gar nicht entstehen zu lassen, aber dafür fehlt einfach das Budget.

Die in den publizierten Gebäudemonographien (Anm.: Publikationen von Viktor Pöttler zu den Objekten „Berglerhaus“, „Säuerling“, „Großschrotter“, „Laarer“, „Hanslerhof“, „Naglerhaus“, erschienen im Selbstverlag des Österr. Freilichtmuseums zwischen 1978 und 2001) gezeigten historischen Hintergründe und Bauaufnahmen sind eine wichtige Informationsquelle für die weiterführende Bauforschung.

Auch hier ist zu sagen, dass die Etablierung des Österreichischen Freilichtmuseums im deutschsprachigen Raum ein Pionierprojekt gewesen ist. Im Gegensatz zu vergleichbaren Einrichtungen in Skandinavien oder den Beneluxstaaten, die allgemein eine Vorreiterrolle gespielt haben und mit entsprechenden Mitteln ausgestattet waren, stand jedoch von Beginn an ein sehr geringes Budget zur Verfügung, das jedoch bestmöglich eingesetzt wurde. Es war allgemein eine große Aufbruchsstimmung und Euphorie spürbar, an einem derartigen Projekt mitarbeiten zu dürfen. So waren fünf Ministerien und alle Landeshauptleute die Gründer dieses Museums, und Stübing arbeitet eigentlich im Auftrag der Republik Österreich. Auch wenn die Möglichkeiten und Methoden sehr bescheiden waren, wurde mit großem Enthusiasmus und großer Akribie gearbeitet und auch die künstlerische und intellektuelle Szene hat sich vom Freilichtmuseum und den damit verbundenen Aufgaben und Themen angesprochen gefühlt. Dennoch sind die so vorhandenen Pläne für die Analyse und Rekonstruktion der Objekte bzw. einzelner Elemente und Bauteile nicht ausreichend. Daher wird gemeinsam mit der TU Graz ein Projekt vorbereitet, um digitale und möglichst detailreiche Aufnahmen einzelner Gebäude und Bauteile zu erstellen. Dies ist insofern notwendig, da etwa Naturereignisse nachhaltige Schäden verursachen können, die Rekonstruktionen notwendig machen. So ist einmal die gesamte weststeirische Baugruppe nach einem Gewitter ohne Dach dagestanden. Dies verdeutlicht, dass die Risiken und Aufgaben des Objektschutzes hier im Freilichtmuseum, das ein Archiv unter freiem Himmel ist, andere sind, als in einem Indoor-Museum.

Welche handwerklichen Kompetenzen hinsichtlich historischer Verarbeitungstechniken sind im Museum vorhanden?

Hier ist zunächst zu definieren, was man unter „handwerklichen Kompetenzen“ versteht. Am Beginn des Freilichtmuseums waren Handwerker verfügbar, die mit traditionellen Arbeitstechniken eng verbunden waren. Es waren immer Tischler, Zimmerer, Maurer vertreten, die drei grundlegenden Gewerke um ein historisches Haus bauen zu können. Was hat sich seither gewandelt? Zum Beispiel hat sich der Beruf des Zimmermanns stark verändert, und erfordert den Umgang mit neuen Materialien und Verarbeitungstechniken. Ein junger Handwerker, der zum Beispiel eben seinen Gesellenbrief gemacht hat, wird nun mit historischen Arbeitsmethoden konfrontiert, und muss diese fachgerecht anwenden. Vieles, was im Zuge der heutigen Ausbildung gelernt wurde, kann hier nicht angewendet werden, dafür werden Techniken praktiziert, die in Vergessenheit geraten sind. Dieses Umdenken ist eine Herausforderung. Wir müssen darauf achten, dass die Aussage eines Hauses bei Instandhaltungsarbeiten nicht verfälscht wird. Der Austausch oder Ersatz von Holzelementen etwa hat mit historischen Arbeitstechniken zu erfolgen. Das bedeutet, das Holz muss wintergeschlägert sein, es muss nach traditionellen Forstregeln eingebracht werden, es muss gebeilt und nicht gesägt sein, es sind die gleichen Verfertigungstechniken anzuwenden und im Idealfall wird auch mit den gleichen Werkzeugen gearbeitet.

Jeder Mitarbeiter muss die Arbeitstechniken, die auch die Erbauer von damals angewandt haben, beherrschen. Diesen werden hier im Museum gelehrt. Wir haben nach Stiftungsstatut die Verpflichtung der immerwährenden Erhaltung der historischen Bausubstanz, und müssen dafür Sorge tragen, dass dafür Personal zur Verfügung steht, das diese historischen Techniken auch beherrscht. Darüber hinaus wird auch auf externes Experten Know-how zurückgegriffen, etwa im Bereich des Mauerwerksputzes.

Der Aufbau bzw. Instandhaltungsprozess erfolgt also mit den gleichen Methoden wie zur Zeit der Entstehung?

Das muss so sein, denn sonst würde die historische Aussage der Museumsexponate verändert. Beispielsweise wurde die Alpe (Anm.: Alphütte als Mitterlargen) ohne technische Hilfsmittel aufgebaut. Der Wiederaufbauprozess derartiger Gebäude hat zwei Jahre, im Falle des Vierkanthofes drei bis vier Jahre gedauert. Die Methoden von damals sind mit heutigen Vorgehensweisen nicht vergleichbar. Heute werden zum Beispiel ganze Wandbauteile an Kanten und Fugen aufgeschnitten und kaschiert (Anm.: Anbringung schwerer Holzschalungen zum Schutz gegen den Bruch des Bauteils) und per Tieflader ins Museum transferiert. So kann die Originalsubstanz zur Gänze vom Originalstandort mitgenommen werden. Diesen Anspruch der Übertragung von Originalsteinen aus einem Steinmauerwerk hatte man auch damals. Personell gut ausgestattete Museen hatten tatsächlich jeden Stein nummeriert und mitgenommen. Kleinere Institute haben das demontierte Material mitgenommen und im Museum wieder zusammengefügt. Dabei konnte nicht immer garantiert werden, dass jeder Stein tatsächlich an der gleichen Stelle wieder zu liegen kommt. In anderen Museen, etwa im skandinavischen Raum, werden teilweise ganze Häuser samt Inventar übernommen, untergraben, auf Traversen gestellt und als Ganzes ins Museum transferiert.

Das Erscheinungsbild mancher Museumsobjekte unterscheidet sich in manchen Aspekten von ihren auf historischen Aufnahmen festgehaltenen Ansichten in situ. Warum?

Ziel des Wiederaufbaus im Museum war es, den möglichst ältesten Zeitschnitt zu rekonstruieren. Dadurch haben sich manche Bauformen gewandelt, und stimmen nicht immer mit den historischen Bildern vom Originalstandort überein. Aber es ergeben sich auch andere Problemstellungen: Der Waldviertlerhof war ursprünglich mit Stroh gedeckt, im Museum besteht die Dachhaut jedoch aus Nutschindeln. Diese Veränderung liegt daran, dass der Standort im Museum sehr schattig ist und ein Strohdach nicht lange halten würde, daher musste der Zeitschnitt verändert werden. Der Standort des benachbarten, strohgedeckten Vierkanters ist hingegen bereits sonniger und besser belüftet. Beim Thema Strohdach kommt nun dazu, dass es bei uns keine Roggenbauern mehr gibt, die das Strohdachmaterial produzieren können. Auch unser ungarischer Partner und Strohlieferant ist kürzlich ausgefallen.

Jedes Museumsobjekt ist am Eingang mit einer Jahreszahl versehen. Auf welchen Abschnitt bezieht sich diese?

Entscheidend ist immer die älteste urkundliche Erwähnung die man finden konnte. Dabei wurde nicht auf die Bausubstanz eingegangen, sondern ab wann es an der jeweiligen Stelle einen Hof gegeben hat. Für sämtliche Holzgebäude wurden von der Universität für Bodenkultur dendrochronologische Untersuchungen durchgeführt, um diese Zeitangaben mit dem Alter des Baumaterials zu vergleichen. *Sämtliche Gebäude haben eine besondere Wirkung und sehr individuelle Charakteristika. Haben Sie ein persönliches Lieblingsobjekt?*

Das ist natürlich schwer zu sagen. Für die Museumspädagogik ist der Salegger Moar sehr wertvoll. Hier kann die Urform des dreiteiligen Hauses gut gezeigt werden, die durch die zwei Wiederkehren erweitert wurde. Die Entwicklungsschritte eines Bauernhauses können dadurch gut nachgezeichnet werden. Außerdem erfolgte die Übertragung des Gebäudes ins Museum in meinem Geburtsjahr. So

gesehen sind viele Kindheitserinnerungen damit verbunden. Der Vierkanter steht am anderen Ende der Entwicklungsskala von Gehöften, am Übergang von einer bäuerlichen zur einer bürgerlichen Kultur, etwa mit der Schaffung der Hohen Stube. Die Alpe, wo mit minimalstem Aufwand ein technisch funktionsfähiges Konstrukt erfunden wurde, die Klimasicherheit des Kittings mit seinem Lehmputz - jedes Objekt hat in technischer oder historischer Hinsicht einen besonderen Stellenwert.

Für die gegenständlichen Untersuchungen wird das Freilichtmuseum u.a. als bauklimatisches Forschungslabor verwendet – welche Forschungen und Forschungsk Kooperationen gibt es darüber hinaus?

Neben Ihrer Institution (Anm.: Technische Universität Wien, Donau-Universität Krems) sind auch die Universität für Bodenkultur, die Technische Universität und die Fachhochschule Graz Partner und Nutzer des Freilichtmuseums für unterschiedliche Projekte. Auch im schulischen und pädagogischen Bereich ist Stübing sehr aktiv. Leider ist die Thematik des ländlichen bzw. bäuerlichen Bauens an den Technischen Hochschulen fast verloren gegangen, und man identifiziert sich kaum mit dieser Kultur. Das ist insofern bedauerlich, da in der funktionalen Logik dieser Häuser u.a. der Schlüssel zum Verständnis unserer Wohnkultur liegt.

Was wäre Ihr Wunsch für das Freilichtmuseum und seine zukünftigen Aktivitäten?

Der Wunsch für das Museum wäre Anerkennung und entsprechende Unterstützung, um die an uns gestellten Anforderungen und den Erhalt der Bausubstanz und des bautechnischen Wissens entsprechend erfüllen zu können. Wir zählen zu den zehn größten zentralen Freilichtmuseen Europas, wir gelten unter den Kollegen als das schönste in Europa. Das ist ein profaner Wunsch aber Grundlage jeder musealen Arbeit. Im Rahmen zukünftiger Aktivitäten könnte der Bildungsbereich eine wesentliche Rolle spielen. Das Museum ist ein geeignetes Medium, um Kindern die Begegnung mit ihrer Urkultur zu ermöglichen. Auch im Integrationsbereich sehe ich viele Möglichkeiten, etwa zum Abbau von Zivilisationsschwellen zu Drittweltländern und zur Förderung von interkulturellem Denken. Ein weiterer Aspekt betrifft die Baudokumentation, die derzeit angegangen wird. Das ist wichtig, sollte etwas Unvorhergesehenes mit den Gebäuden passieren. Dann hätten wir Unterlagen zur Verfügung, auf die wir zurückgreifen könnten. Das betrifft auch den Bereich der Putzforschung und Lehmbau. All diese Forschungsfelder sind zwar bei uns grundsätzlich verankert, aber mit dem derzeitigen Personalstand nur sehr schwer bearbeitbar. Von diesen Aktivitäten ausgehend entstehen Vernetzungen zu anderen wissenschaftlichen Disziplinen wie Soziologie, Kulturgeschichte, Anthropologie, Bauwissenschaft, Pädagogik und viele andere. Gleichzeitig stellt sich auch die Frage, wo das ganzheitliche Verständnis für traditionelle Gebäude verankert ist. In der Volkskunde? In der Soziologie? In der Architektur? Wer wird das Museum einst weiterführen und wo sind Nachfolger zu suchen, die dieses Wissen bzw. die zu bewältigenden Aufgaben überblicken können? Der größte Wunsch ist es, eine Lösung zu finden, um das Freilichtmuseum entsprechend weiter erhalten zu können und die Absicherung eines Museums, das über einen Zeitraum von nun über 55 Jahren im öffentlichen Auftrag aufgebaut wurde.

Interview mit Helmut Raith, Zimmermann und Gebäudewart

Stübing am 24. November 2016

Im Lauf der kommenden Wochenenden (Anm.: Sa. 26.11., So. 27.11., Sa. 3.12., So. 4.12.2017) finden Veranstaltungen im Freilichtmuseum statt, bei denen einige Öfen in den Ausstellungsobjekten in Betrieb genommen werden. Sie sind für die Beheizung von einer Reihe von Gebäuden zuständig. Wie läuft ein Einheizprozess ab?

Erstens ist darauf zu achten, dass der Ofen langsam erwärmt wird, vor allem wenn es draußen sehr kalt ist. Dies gilt für Ziegel- und für Kachelöfen. Durch das Verbrennen von kleinen Holzstücken wird eine Temperatur erreicht, durch die sich der Ofen ausdehnen kann. Wenn man mit voller Hitze hineinfährt, würde es den Ofen zerreißen. Das vorsichtige Anheizen dauert etwa einen Tag. Heuer ist es durch die hohen Außentemperaturen flotter gegangen. Bei Minusgraden spürt man in den Räumlichkeiten noch keine besondere Erwärmung, da ist es am Abend in den Räumen höchsten lauwarm. Am zweiten Tag kann schon energischer geheizt werden.

Macht es für das Einheizen einen Unterschied, ob es sich beim Gebäude um ein Holzhaus, wie das Kärntner Gehöft „Paule“ oder einen Mauerwerksbau wie dem Vierkanter handelt?

Das spielt keine Rolle. Es geht beim Einheizen einzig um den Ofen. Allerdings ist die Temperatur im Holzhaus bald angenehm. Wenn es sehr kalt ist, strahlt eine massive Wand auch am zweiten Tag noch kalt ab.

Welches Holz wird für das Anheizen verwendet?

Angeheizt wird mit Fichten oder Lärchenspänen, dann kommen kleinere Scheiter darauf. Wenn der Ofen dann auf Temperatur gebracht ist, kann Hartholz beigelegt werden. Dann ist die Verbrennungstemperatur höher ist und es steckt mehr Energie drinnen, diese Energie wäre anfänglich sicher zu hoch.

Am Montagmorgen (21.11.2017) wurde mit dem Heizen begonnen, und das Feuer wurde den ganzen Tag (Anm.: bis 15:00 Uhr) am Brennen gehalten. War dieses Feuer am Dienstag früh wieder erloschen?

Bei fast allen Öfen geht das Feuer über Nacht aus. Wenn mit harten Brennstoffen geheizt wird, wie Buche oder Esche, dann hat man in der Früh noch eine Glut. Dies tritt vor allem im Kärntner Hof Paule ein, dort gibt es eine enge Feuerstelle mit einer passgenauen Blechabdeckung. Dadurch kommt wenig Luft zum Feuer, und der Ofen kann heruntergedrosselt werden. Beim Hanslerhof kann der Ofen so gedrosselt werden, dass in der Früh noch Glut vorhanden ist. Meist kann ab dem zweiten Tag sehr leicht mit kleinen Spänen eingeheizt werden.

Wurde das Feuer früher auch nachts am Brennen gehalten?

In sehr kalten Zeiten dürfte nachgeheizt worden sein, da das Feuermachen vor hundert oder zweihundert Jahren auch sehr schwierig war, da kein Feuerzeug oder Zündhölzer zur Verfügung standen. Die Glut wurde also über Nacht „am Leben“ gehalten, und in der Früh wurde mit Spänen wieder Feuer gemacht. Außerdem war es Brauch, dass die Feuerstellen das ganze Jahr in Betrieb waren außer am Karfreitag. Da wurde der Ofen geräumt, am Karsamstag ist man mit dem geweihten Feuer gekommen, man hat ein Stück Glut herausgenommen und man hat das geweihte Feuer für das kommende Jahr übergeben.

Gibt es eine gesetzliche Verpflichtung zum Einheizen der Öfen im Freilichtmuseum?

Eigentlich nicht. Die Öfen sind auch nicht dafür gerichtet, dass man sie ständig heizen könnte. Sie wären dann auch sehr wartungsintensiv. Bevor es diese Advent-Veranstaltungen gegeben hat, wurden die Öfen jeden Winter zwei Tage lang beheizt, v.a. im Jänner. Mit Hilfe der kalten Luft und durch das Heizen konnte die Feuchtigkeit aus den Häusern hinausgebracht werden.

Was passiert beim Einheizen eines abgekühlten Raumes, welche Beobachtungen sind nennenswert?

Zunächst beschlagen die Fenster und das drei bis vier Millimeter starke Glas. Je mehr Feuchtigkeit im Haus ist, desto länger dauert es, bis die Scheiben wieder trocknen. Bei alten Häusern beschlagen vor allem die höher gelegenen Rauchfenster (Anm.: als Rauchfenster werden die höher gelegenen Fenster von Rauchstuben bezeichnet).

Wie lange dauert es, bis das Kondensat wieder abgetrocknet ist?

Nach etwa 30 Minuten ist noch ein Beschlag erkennbar, dann trocknet das Fenster rasch auf, da sich ein Holzhaus auch schnell erwärmt und die Luft im Raum zirkuliert.

Vor allem im Kärntner Hof aber auch im Murtaler Säuerling oder im Salzburger Rauchhaus ist bemerkbar, dass gerade die oberen Räume extrem rauchbelastet sind. Was bedeutete das für die Benutzbarkeit der Räume.

Die Häuser im Museum sind sehr undicht. Als die Gebäude noch bewohnt waren, wurden undichte Stellen mit Moos, Lumpen und dgl. geschlossen. Dann war auch die Rauchbelastung geringer. Wenn die Hitze im Ofen geringer war, war auch der Zug im Kamin geringer. Im Vierkanthof musste man dann wahrscheinlich die Küchentüre öffnen, damit der starke Rauch entweichen konnte. Wenn beide Feuerstellen in Betrieb waren, zog der aufsteigende Rauch die Luft mit nach oben. Der Rauch wurde dann abgesaugt, allerdings war die Luft im Bodenbereich dann kalt.

Wie erging es wohl den Tieren in den alten Gebäuden?

Im Stall war keinerlei Heizung vorgesehen, auch in heutige Stallungen werden Heizungen oft nicht mehr ausgeführt. Auch der Stallmist bewirkte warme Temperaturen im Stall, wie beim *Umadumstall* (Anm.: Umlaufstall) in Kärnten oder in der Oststeiermark, wo der Mist im Stall verblieb. In der Mitte stand eine Futtergrippe. Die Gärwärme des Mistes und die Körperwärme der Tiere bewirkten Wärme in den Stallungen. Vor allem in den Einhöfen hat man von dieser Wärme mitprofitiert.

Wenn man den Zustand der Häuser betrachtet, welche Elemente oder Bauteile sind am wartungsintensivsten?

Am wartungsintensivsten sind die Balkongeländer und Handläufe im Außenbereich, Bauteile die Schlagregen abbekommen. Auch der Grundbaum (Anm.: erste Holzaufgabe auf dem Fundament), hier darf keine Feuchtigkeit dazukommen sonst morschert der Grundbaum vor sich hin, Abdeckungen oder Bitumenbahnen gab es noch nicht. Daher wurde für die Grundbäume zumeist Lärchenholz verwendet, da dieses harzreich und widerstandsfähig ist. Danach wurde mich Fichtenholz weitergebaut. Dort wo Stallmist war und ständige Feuchte, wurde durch das Holz durch Säure und dgl. sehr widerstandsfähig gemacht. Auch Zaunpflocke wurden in Jauchegruben gelegt, um sie widerstandsfähig zu machen, nach zwei Jahren wurden sie herausgefischt und verarbeitet.

Wie steht es um die Verwitterung bzw. Erhaltung der Fassaden?

Die Dachüberstände sind sehr groß. Seit ich im Museum bin (Anm.: seit 1991) musste noch nie ein Giebelblatt erneuert werden. Das Holz ist unbehandelt, wenn gute Ware verwendet wird, überdauert dieses sicherlich eine Generation.

Wie hoch ist die Lebensdauer der Dacheindeckungen, man sagt etwa 30 Jahre bei Legschindeln?

Das kann im Durchschnitt so hinkommen. Beim Aufbau im Museum wurden alle Häuser neu eingedeckt. Beim Hanslerhof muss nun geschaut werden, wo es Schäden gibt, wobei Legschindeln zwei Mal verwendet werden können, indem die morsche Seite nach innen gelegt wird. Dies verlängert die Lebensdauer gegenüber einem genagelten Dach erheblich.

Gibt es ein Haus bei dem eine Neueindeckung bereits zwei Mal erfolgte?

Ja. Hier beim Vierkanthof. Die erste Neueindeckung erfolgte 1992 und nun heuer wieder. Mehr als 20 Jahre hat das Strohdach gehalten. Die Strohsorte spielt hier eine entscheidende Rolle. Ein massiver Halm und ein kleiner Fruchtträger sind in jedem Fall besser. Man braucht schon alleine wegen der Länge

eine alte Sorte. Der Halm sollte etwa 1,5 Meter lang sein, was mit den heutigen Hybridsorten nicht erreicht wird. Kürzere Halme rutschen einfach weg. Der Halm muss stabil sein. Auch die Lage des Hauses spielt eine Rolle. Der Vierkanter in Stübing erhält im Winter keine Sonne. Wintersonne würde die Lebensdauer des Daches verlängern, da das Dach im Winter nicht ständig feucht wäre.

Wo wächst das Stroh, das auf das Dach kommt?

In den 90er Jahren wurde das Stroh aus der Oststeiermark bezogen. Es ist heute in Österreich nicht einfach einen Landwirt zu finden, der das Roggenstroh entsprechend erntet. Dazu braucht es einen Bindemäher. Dabei wird das Roggenstroh wie mit einem Motormäher gemäht, danach gesammelt und in Garben zusammengebunden. Dies ist die letzte Variante, die Ernte maschinell zu machen, ansonsten muss man mit der Hand schneiden. Heut bekommen wir das Stroh aus Ungarn, von dort ist es noch leistbar.

Wieviel Stroh liegt auf dem Vierkanter?

Wenn ich mich nicht täusche, haben wir zwischen 25 und 30 Tonnen Stroh gekauft.

Welche Empfehlungen können sie aus Ihren Erfahrungen in Bezug Haltbarkeit und Wartung alter Häuser für das Bauen generell ableiten?

Feuchtigkeitsschutz von unten und die richtige Holzverwendung sind wichtig, nicht geizen bei den Vordächern, Giebelschalungen aus Lärche, keine Fichten, keinen Nut-Feder Konstruktionen, diese sind immer Schwachstellen. Leinölverwendung bei der Grundsubstanz vom Boden aus, das probieren wir gerade aus. Allerdings könnte es sein, dass bei Leinölverwendung auch Schimmel auftritt. Aber keinerlei Verwendung von Farbe oder Imprägnierungen, dies sollte in jedem Fall vermieden werden.

Bemerken Sie Schimmel in den Häusern?

Erkennbar ist Schimmel in den Häusern eher nicht. Unklar ist, wie es unter den Fußbodenbrettern aussieht. Da bemerkt man Schimmel erst dann, wenn der Boden nachgibt. Der Boden wurde auf Polsterhölzer gelegt und mit Schutt hinterfüllt. In manchen Gebäuden wurde dies herausgenommen und eine 8 cm bis 10 cm dicke Betonschicht eingefügt. Wichtig war, den Boden zu erhalten. Dabei wurden die Böden ausgekoffert, mit Beton hinterfüllt und darauf der historische Boden auf Polsterhölzer aufgelegt.

Verzeichnis Anhang-Abbildungen

Anhang-Abbildung 1: Geo-Atlas Österreich, S.24 439

Anhang-Abbildung 2: Wrbaka et.al., 2005, S.21 439

Anhang-Abbildung 3: Klaar, 1942..... 440

Anhang-Abbildung 4: Klaar, 1942..... 441

Anhang-Abbildung 5: Klaar, 1942..... 442

Anhang-Abbildung 6: Kretschmer und Tomasi, 1977 442

Anhang-Abbildung 7: Dworsky, 1984 443

Anhang-Abbildung 8: GR nach OIB Berechnungstool..... 444

Anhang-Abbildung 9: GR nach OIB Berechnungstool..... 445

Anhang-Abbildung 10: GR nach OIB Berechnungstool..... 446

Anhang-Abbildung 11: GR nach OIB Berechnungstool..... 447

Anhang-Abbildung 12: GR nach OIB Berechnungstool..... 448

Anhang-Abbildung 13: GR nach OIB Berechnungstool..... 449

Anhang-Abbildung 14: GR nach OIB Berechnungstool..... 450

Anhang-Abbildung 15: GR nach OIB Berechnungstool..... 451

Anhang-Abbildung 16: GR nach OIB Berechnungstool..... 452

Anhang-Abbildung 17: GR nach OIB Berechnungstool..... 453

Anhang-Abbildung 18: GR nach Baubook-Berechnungstool..... 454

Anhang-Abbildung 19: GR nach Baubook-Berechnungstool..... 454

Anhang-Abbildung 20: GR nach Baubook-Berechnungstool..... 454

Anhang-Abbildung 21: GR nach Baubook-Berechnungstool..... 455

Anhang-Abbildung 22: GR nach Baubook-Berechnungstool..... 455

Anhang-Abbildung 23: GR nach Baubook-Berechnungstool..... 455

Anhang-Abbildung 24: GR nach Baubook-Berechnungstool..... 456

Anhang-Abbildung 25: GR nach Baubook-Berechnungstool..... 456

Anhang-Abbildung 26: GR nach Baubook-Berechnungstool..... 456

Anhang-Abbildung 27: GR nach Baubook-Berechnungstool..... 457

Anhang-Abbildung 28: GR nach Baubook-Berechnungstool..... 457

Anhang-Abbildung 29: GR nach Baubook-Berechnungstool..... 457

Anhang-Abbildung 30: GR nach Baubook-Berechnungstool..... 458

Anhang-Abbildung 31: GR nach FIW München 458

Anhang-Abbildung 32: GR 459

Anhang-Abbildung 33: GR 460

Anhang-Abbildung 34: GR 460

Anhang-Abbildung 35: GR 461

Anhang-Abbildung 36: GR 461

Anhang-Abbildung 37: GR 462

Anhang-Abbildung 38: GR 462

Anhang-Abbildung 39: GR 463

Anhang-Abbildung 40: GR 463

Anhang-Abbildung 41: GR 464

Anhang-Abbildung 42: GR 465

Anhang-Abbildung 43: GR 466

Anhang-Abbildung 44: GR nach Relux 467

Anhang-Abbildung 45: GR nach Relux 468

Anhänge

Anhang-Abbildung 46: GR nach Relux	469
Anhang-Abbildung 47: GR nach Relux	470
Anhang-Abbildung 48: GR nach Relux	471
Anhang-Abbildung 49: GR nach Relux	472
Anhang-Abbildung 50: GR nach Relux	473
Anhang-Abbildung 51: GR nach Relux	474
Anhang-Abbildung 52: GR nach Relux	475
Anhang-Abbildung 53: GR nach Relux	476
Anhang-Abbildung 54: GR	477
Anhang-Abbildung 55: GR	479

Lebenslauf

Gregor Radinger, geboren am 11. August 1973 in Kirchdorf an der Krems

Ausbildung

2014	Aufnahme des Doktoratsstudiums an der TU Wien
2009 – 2011	Studium Sanierung und Revitalisierung an der Donau-Universität Krems
1992 – 2000	Architekturstudium an der TU Wien
1991 – 1992	Studium der Veterinärmedizin
1991	Matura am Gymnasium der Abtei Schlierbach

Beruf und Praxis

2009 bis dato	Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Donau-Universität Krems, Zentrum für Umweltsensitivität, Leitung des Lichtlabors
Ab 2007 – 2008	Assistent am Institut für Raumgestaltung und nachhaltiges Entwerfen an der TU Wien
bis dato	Lehrbeauftragungen, Vorlesungen und Entwurfsbetreuungen an den Instituten Raumgestaltung (TU Wien und TU Graz), Baugeschichte und Bauforschung (TU Wien)
2006	Bauleitung und –koordination bei der Errichtung eines Kindergartens im Township Orange Farm bei Johannesburg (Südafrika) im Rahmen einer Lehrbeauftragung an der Kunstuniversität Linz
2004	Ablegung der Ziviltechnikerprüfung
ab 2000	Mitarbeit und Projektleitung in unterschiedlichen Architekturbüros