

JETZT GEHT'S UNTER DIE ERDE

Entwurf für ein Ausgedingehaus im Selbstbau aus nachwachsenden Rohstoffen

DIPLOMARBEIT



Jetzt geht`s unter die Erde

Entwurf für ein Ausgedingehaus im Selbstbau aus nachwachsenden Rohstoffen

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieurin

im Rahmen des Studiums

Architektur

eingereicht von

Corina Colleselli

Matrikelnummer 00900578

ausgeführt am Institut für Architektur und Entwerfen
der Fakultät für Architektur und Raumplanung der Technischen Universität Wien

Betreuung

Betreuerin: Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Karin Stieldorf

Wien, Oktober 2019

(Unterschrift Verfasserin)

(Unterschrift Betreuerin)

DANKSAGUNG

Ein besonderer Dank gilt meiner Betreuerin Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Karin Stieldorf, die mir ermöglicht hat dieses Projekt zu meiner Diplomarbeit zu machen. Ebenfalls möchte ich mich recht herzlich bei dem gesamten Team der Modellbauwerkstätte bedanken, das mich so tatkräftig unterstützt hat.

Auch möchte ich all jenen danken, die mich mit ihrem Fachwissen beraten haben und dabei geholfen haben Lösungen zu finden, wenn ich vor Problemen stand.

Zu guter Letzt möchte ich meiner Familie, ohne die dieses Projekt nicht zustande gekommen wäre, von ganzem Herzen dafür danken, dass sie mich während meines Studiums unterstützt hat.

KURZFASSUNG

Im Zuge dieser Diplomarbeit gebe ich zu Beginn einen kurzen Überblick über erdbedeckte Häuser und das Dämmmaterial Stroh. Darauf folgt eine ausführliche Beschreibung meines Entwurfes für ein Ausgedinge Haus, das unter der Erde liegen und aus nachwachsenden Rohstoffen gebaut werden soll.

Diese Arbeit dient als Beispiel dafür, wie man mit Baustoffen aus der Natur, darunter Holz, Stroh und Lehm, und zum größten Teil im Selbstbau ein Gebäude schaffen kann, das dem Menschen eine den zeitgemäßen Ansprüchen entsprechende Behausung bietet und dabei mit der Natur im Einklang steht.

Die Überlegungen für den Entwurf wurden so formuliert, dass es auch Laien möglich ist, sie zu verstehen und verschiedene Ansätze für ein eigenes Vorhaben zu übernehmen.

ABSTRACT

At the beginning of my Masterthesis I give an overview about earth-covered houses and the insulating material straw. Followed by a detailed description of my project of an “Ausgedinge” home, which is covered by earth and be built with renewable primary products.

This Thesis is an example for building a DIY-home, with natural products as wood, straw and loam, which is contemporary and is in accordance with nature.

The thought-process of this project is expressed to be understood by ordinary persons and be used for own intents.

INHALT

DANKSAGUNG	3	4.9. FUNDAMENT	57
KURZFASSUNG	5	4.10. BODEN	59
ABSTRACT	5	4.11. AUSSENWÄNDE	60
1. EINLEITUNG	9	4.12. INNENWÄNDE	62
2. ERDBEDECKTE HÄUSER	10	4.13. DACH	63
2.1. GESCHICHTE	10	4.14. DETAILS_M 1:20	67
2.2. BEISPIELE	13	4.14.1. KELLERWAND	67
2.2.1. HAUS TOPIC	13	4.14.2. WAND-/DACHANSCHLUSS HINTEN	68
2.2.2. ARCHITERRA HÄUSER	15	4.14.3. WAND-/DACHANSCHLUSS VORNE	69
2.2.3. ERD- UND SONNENHÄUSER	17	4.14.4. FUNDAMENT-/WANDANSCHLUSS HINTEN	70
2.2.4. ERDHAUSSIEDLUNG IMST UND HAUS WILDNER	19	4.14.5. FUNDAMENT-/WANDANSCHLUSS VORNE	71
2.2.5. ÖKOSIEDLUNG DUNKELSTEINER WALD	21	4.14.6. INNENSTÜTZE	72
2.2.6. DAS ERDHAUS	23	4.14.7. AUSSENSTÜTZE	73
2.2.7. FAZIT	25	4.15. MATERIALIEN	75
3. STROHBALLENHÄUSER	27	4.16. VISUALISIERUNGEN	79
3.1. GESCHICHTE	27	4.17. INFRASTRUKTUR	90
3.2. DAS MATERIAL	28	4.17.1. ENERGIEKONZEPT	90
3.2.1. TRAGFÄHIGKEIT	28	4.17.2. WASSERKONZEPT	91
3.2.2. WÄRMELEITUNG UND WÄRMEDÄMMUNG	28	4.18. SOMMERLICHE RAUMSIMULATION	92
3.2.3. WÄRMESPEICHERFÄHIGKEIT	29	4.18.1. KLEINERES ZIMMER IM WESTEN	92
3.2.4. BRANDSCHUTZ	30	4.18.1.1. VARIANTE 1	93
3.2.5. PRIMÄRENERGIEINHALT UND TREIBHAUSPOTENZIAL	30	4.18.1.2. VARIANTE 2	94
4. DER ENTWURF	33	4.18.1.3. VARIANTE 3	95
4.1. STANDORT	33	4.18.1.4. FAZIT KLEINERES ZIMMER	96
4.2. GRUNDSTÜCK	33	4.18.2. GROSSES ZIMMER IM OSTEN	97
4.2.1. SONNENVERLAUF	34	4.18.2.1. VARIANTE 1	98
4.3. GRUNDRISS	35	4.18.2.2. VARIANTE 2	99
4.4. SCHNITT	40	4.18.2.3. VARIANTE 3	100
4.5. EINBLICKE	41	4.18.2.4. FAZIT GROSSES ZIMMER	101
4.6. ANSICHT	42	4.19. AUSZUG AUS DEM ENERGIEAUSWEIS	103
4.7. KELLER	43	4.20. KLIMAAKTIV	107
4.8. STATIK	44	4.21. OEKOINDEX OI3	109
		4.22. MODELLFOTOS	115
		4.23. ZUSAMMENFASSUNG	119
		5. LITERATURVERZEICHNIS	120
		6. ABBILDUNGSVERZEICHNIS	120
		7. ANHANG	125

1. EINLEITUNG

Eine kurze Geschichte zu Beginn...

1991 zogen die Bauherren Sibylle und Thomas Colleselli mit ihren beiden Kindern von Telfs in Tirol in die etwas flachere Bucklige Welt in Niederösterreich. Dort wollten sie ihren Traum, einen Pferdehof zu führen, in die Tat umsetzen. Die Bausubstanz des ausgewählten Hofes war zwar in einem dürftigen Zustand, jedoch waren die Felder und die Lage ideal für die Pferdehaltung. In den folgenden Jahren der Pacht wurden das Haupthaus sowie die umliegenden Wirtschaftsgebäude renoviert und die Grundlage für das heutige Pferdeparadies geschaffen. Als die Familie 1996 weiteren Zuwachs bekam, kauften sie den Hof und investierten viel Zeit und Geld, um den Betrieb optimal für die Pferdehaltung zu gestalten.

Die Idee für das Projekt „Ausgedinge Haus“ wurde zirka 2015 geboren, als mit der Planung der Hofübergabe begonnen wurde. Da das bestehende Wohnhaus an den Hofübernehmer übergehen wird, musste ein Platz für eine neue Wohnstätte gesucht werden. Das Gebäude sollte in den bestehenden Hofverband integriert werden, somit war ein passender Bauplatz schnell gefunden – ein Südhang, von dem aus das Geschehen gut überblickt werden kann. Da der Hof schon eine sehr hohe bebaute Fläche vorzuweisen hat, wurde die Idee für ein erdbedecktes Haus geboren. Die Baumaterialien standen kurze Zeit später fest. Aus nachwachsenden Rohstoffen soll es wachsen, und sollte es jemals verfallen möglichst wenig Spuren hinterlassen.

2. ERDBEDECKTE HÄUSER

2.1. GESCHICHTE¹

Erdbedeckte Häuser sind keine Erfindung der Neuzeit. Seit Anbeginn der Zeit suchten Menschen Schutz vor Tieren, Feinden und Unwettern in Höhlen. Somit könnte man sagen, die Höhlenarchitektur ist eine der ältesten der Menschheit. Heute noch leben, beispielsweise in den Tälern der Loire und des Cher in Frankreich, Menschen in Höhlenwohnungen. Natürlich sind diese hinsichtlich ihres Komforts nicht mehr mit denen der Steinzeitmenschen zu vergleichen.

Im Laufe der Menschheitsgeschichte wohnten Menschen immer wieder unter der Erde. Ausgrabungen zeigen, dass vor zirka 5000 Jahren die Bewohner der Wüste Negev (heutiges Israel) ihre Wohnstätten unter der Erde errichteten, um sich vor der Sonne zu schützen. Auch in der heutigen Türkei gruben sich die Ein-

wohner von Cappadocia in den weichen Felsen. Einerseits gab es weder ausreichend Bauholz noch sonstig geeignetes Baumaterial, andererseits boten die Felsen guten Schutz vor Feinden. In Matmata Tunesien wurden unzählige, durch Tunnelsysteme miteinander verbundene, Atrium Häuser unterirdisch errichtet, um als Zufluchtsstätte vor den extremen Temperaturen und Winden an der Oberfläche zu dienen. Auch in China wurden ganze Dörfer in den Lößboden gegraben, um sich vor dem rauen Klima in den Bergen zu schützen. Diese Häuser hatten oft Vorrichtungen, um die tiefstehende Sonne in den Wintermonaten zu nutzen – ähnlich unserem heutigen passiven Solarsystem. Oft wurden die Flächen auf den Dächern auch für die Landwirtschaft genutzt. Sogar in den Polarregionen grub man sich ins Eis, um der Kälte zu entfliehen und die Wärme so gut wie möglich zu konservieren.

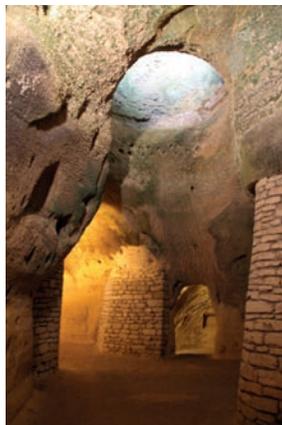


Abb. 1_Höhlenhäuser Loirtal



Abb. 2_Cappadocia



Abb. 3_Matmata Tunesien



Abb. 4_Innenhofhäuser China

¹ARENS/ELLISON/STERING, Erdbedeckte Häuser, Grundlagen Beispiele Energiedaten, Düsseldorf (Beton-Verlag) 1983, S.15-17
Mike EDELHART, Das Erdhaus, Handbuch für Architekten und Bauherren, Wien (Verlag ORAC) 1983, S. 22-29

Auch in Amerika wurden die Vorteile der erdbedeckten Unterkünfte erkannt. So lebten dort verschiedene Stämme in ausgehöhlten Kliffwänden oder in erdbedeckten Häusern. Im Südwesten Amerikas wurden häufig Kultstellen – sogenannte Kivas – unterirdisch errichtet. Durch die regulierende Eigenschaft der Erde waren diese Orte auch in den extrem heißen Sommermonaten angenehm kühl.

In Österreich sind erdbedeckte Häuser in den sogenannten „Kellergassen“ sehr bekannt. Diese wurden zwar nicht als Wohnhäuser genutzt, jedoch wurden die thermischen Vorteile, die sich durch diese Bauweise ergaben, für Weinproduktions- und Lagerstätten genutzt.

Auch in Skandinavien und Island gibt es heute noch Gebäude, die zum Schutz vor dem rauen Klima, in Erde eingepackt wurden.

Im Laufe der Jahre verschwand das Interesse an dieser alten Bauform. Der Überfluss an Baumaterialien machte es den Menschen leicht an der Erdoberfläche zu bauen.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts gab es einen Vorreiter der heutigen Erdhausarchitektur. Baldassare Forestiere schuf in Fresno Kalifornien ein beeindruckendes Labyrinth, bestehend aus 65 Räumen, Höfen, Grotten und unglaublichen Gärten unter der Erde.

Mitte des 20. Jahrhunderts kam eine neue Form der erdbedeckten Häuser zum Vorschein. Auf Grund der politischen Lage wurden Pläne für Bunker entwickelt, die Schutz vor Strahlung im Falle eines Atomangriffs bieten sollten. Durch diese Bunkerarchitektur hat der Begriff Erdhaus noch bis heute einen negativen Beigeschmack.

Mit der Zeit ging die Angst vor atomarer Verseuchung zurück und eine andere Gruppe griff das Thema erdbedeckte Häuser auf. Umweltschützer sahen in dieser Bauart das Potential Wohnraum zu schaffen, ohne die Landschaft erheblich zu beeinflussen. Der Architekt Malcom Wells gilt als einer der Pioniere auf diesem Gebiet. Auch Philip Johnson war mit seinem Entwurf für ein erdbedecktes Haus an einem See in Cincinnati 1965 einer der ersten Architekten, der dieses Thema vorantrieb.

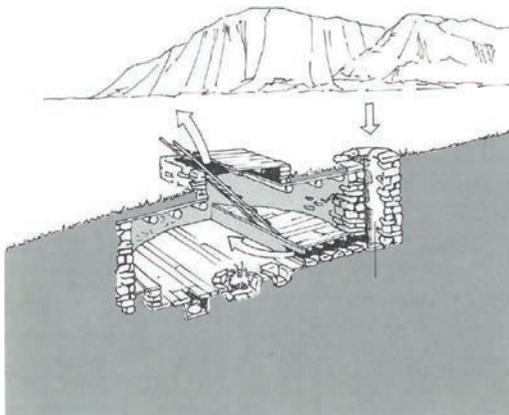


Abb. 5_Kiva



Abb. 6_Grassodenhäuser Island



Abb. 7_Forestiere am Eingang zu seinem Labyrinth



Abb. 8_Südensicht

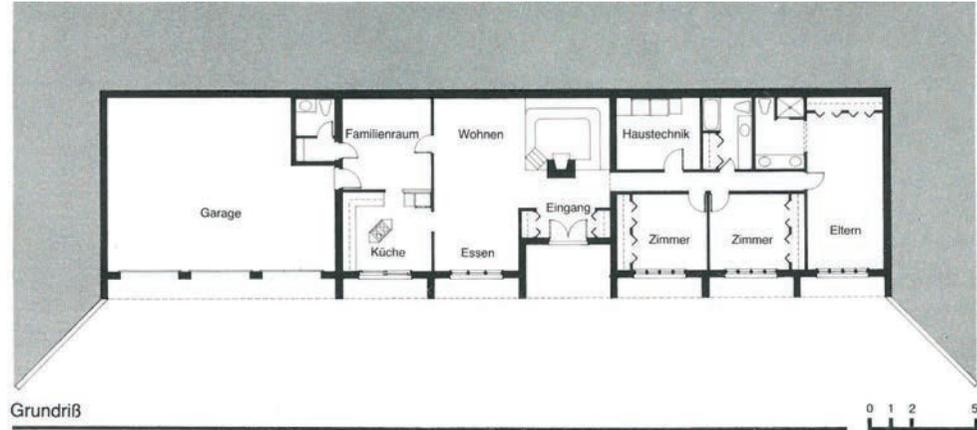


Abb. 9_Grundriß



Abb. 10_Süd-Ostansicht

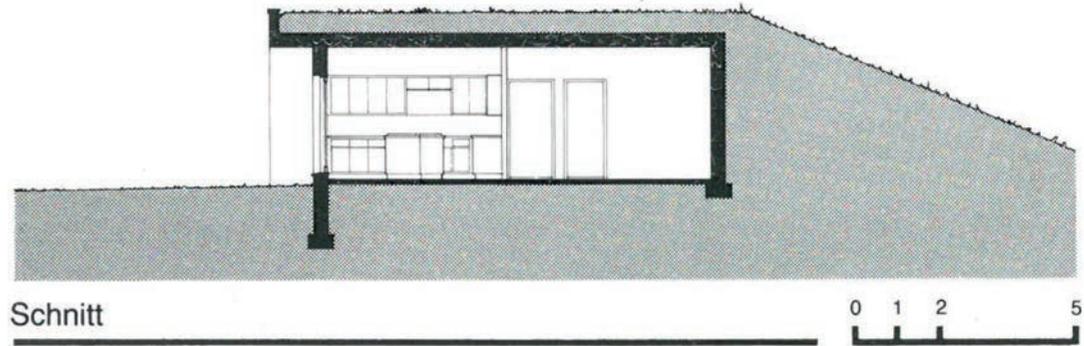


Abb. 11_Schnitt

2.2. BEISPIELE

Im Laufe der Jahre erkannten immer mehr Architekten die Vorteile der erdbedeckten Häuser, und so entstanden, wenn auch nur vereinzelt, Häuser, die sich der Landschaft anpassten oder diese erweiterten.

Im nächsten Abschnitt möchte ich einige dieser Projekte, die auf verschiedenste Arten Parallelen zu meinem Entwurf aufweisen, beziehungsweise interessante Ansätze bieten, vorstellen.

2.2.1. HAUS TOPIC²

Standort: Shakopee Minnesota
Bauunternehmer: Joe Topic
Baujahr: 1977

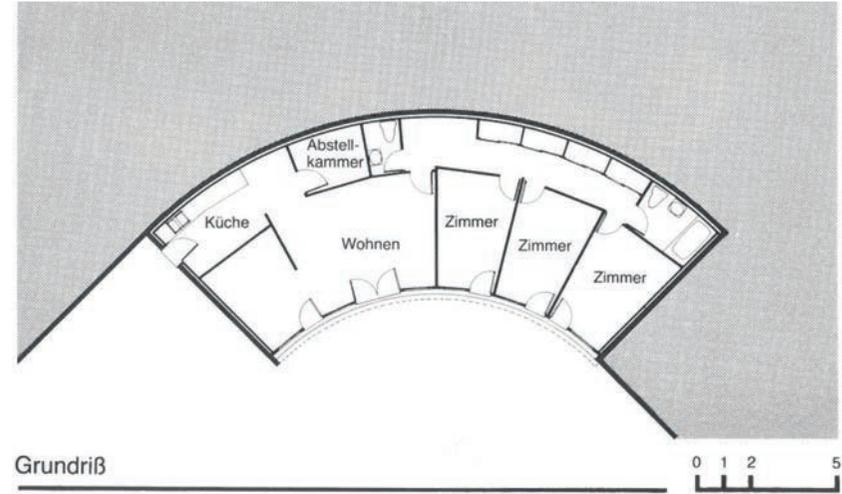
Dieses Gebäude wurde auf einem Grundstück in Shakopee, Minnesota gebaut. Trotz des wunderbaren Ausblicks im Norden über ein idyllisches Flusstal, wurde das Gebäude Richtung Süden ausgerichtet, um die größtmöglichen Solargewinne über die großen Fensterfronten zu nutzen. Das komplette Dach und drei Seiten des Hauses liegen unter einer bis zu 50cm dicken Erdschicht versteckt. Der Grundriss des Gebäudes erstreckt sich in rechteckiger Form von Westen nach Osten, wobei darauf geachtet wurde, dass alle Aufenthaltsräume auf die, bis zum Boden reichende, Fenster-

front ausgerichtet sind. Die Nebenräume liegen in einer zweiten Ebene dahinter.

Für die Konstruktion wurden sowohl für das Dach als auch für die Wände Beton-Fertigteile verwendet. Die Bodenplatte besteht ebenfalls aus Beton. Neben der dicken Erdschicht, die fast das gesamte Gebäude umgibt, wurden beim Dach 11cm und bei den Wänden 5cm dicke druckfeste Dämmplatten angebracht, um die Wärme im Haus zu speichern. Als Schutz vor dem feuchten Erdreich wurde zur Abdichtung Betonit verwendet.



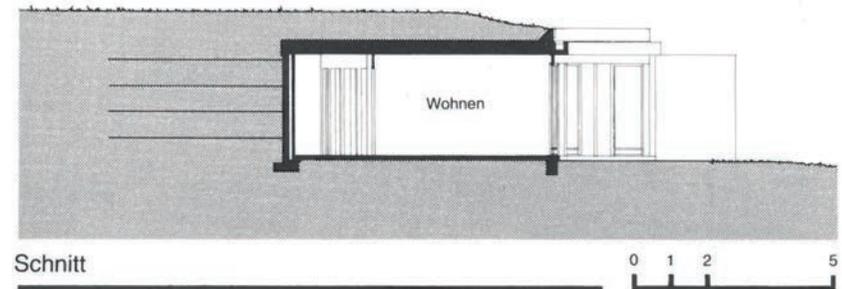
Abb. 12_Blick vom Dach in den Hof



Grundriß
Abb. 13_Grundriß



Abb. 14_Ausblick aus dem Wohnraum



Schnitt
Abb. 15_Schnitt

2.2.2. ARCHITERRA HÄUSER³

Standort: Valbonne Frankreich, Madrid Spanien
Architekt: Architerra Inc
Planer: Henri Vidal, Yves Bayard

Bauunternehmer: M. Nicoletti (Valbonne)
M. Santiago Muras Muerano
Fertigstellung: 1979

Diese Häuser wurden speziell für steile Hanggrundstücke geplant und an verschiedenen Orten in Frankreich und Spanien errichtet. Durch ihre, als einzig sichtbare, gebogene Südfassade legen sie sich perfekt in die Hanggrundstücke und bieten ihren Bewohnern einen privaten Freibereich bei gleichzeitig großzügigem Ausblick. Auch bei diesem Entwurf wurden alle Aufenthaltsräume an die verglaste Südfassade gelegt, und die Nebenräume bilden den hinteren Gebäudeabschluss.

Bei der Konstruktion wurden auch hier wieder voll auf Beton gesetzt. Die Wände bestehen aus Beton-Fertigteilen, das Dach aus Ortbeton und die Bodenplatte ebenfalls aus Beton. Als Wärmedämmung wurden im Dachbereich 2,5cm starke, druckfeste Dämmplatten eingesetzt und zwischen den Fertigteilwänden und dem Innenausbau eine 10cm dicke Luftschicht vorgesehen. Zur Abdichtung wurde bei diesem Projekt Asphalt und PVC verwendet.



Abb. 16_Pyramidenhaus Südansicht



Abb. 17_Pyramidenhaus_Grasdach



Abb. 18_Kegelhaus_Grasdach



Abb. 19_Kegelhaus_Wintergarten



Abb. 20_Kegelhaus_Innenhof

2.2.3. ERD - UND SONNENHÄUSER⁴

Die zum Großteil in Tirol entstandenen Erd- und Sonnenhäuser wurden vom Tiroler Architekten Klaus Mathoy geplant. Auf Grund der unterschiedlichen landschaftlichen Gegebenheiten und der individuellen Wünsche der Bauherren entwickelte er verschiedene Varianten von erdbedeckten Häusern mit vorgesetzten Glashäusern. Mathoys Entwürfe halten sich prinzipiell an zwei verschiedene funktionelle Konzepte. Er unterscheidet zwischen dem zentralorientierten Gebäude und dem längsorientierten Gebäude. Einige seiner Entwürfe möchte ich hier kurz erwähnen.

Das Pyramidenhaus und auch das Kegelhaus zählen zu den zentralorientierten Gebäuden. Bei beiden Entwürfen gibt es zentral gelegen ein Wärmelüftungszentrum. Dieses dient im Sommer zur Entlüftung und im Winter, durch dort platzierte Öfen, als Wärmespeicher. Das Haus mit steilem Grasdach und das Haus mit Tonnengewölbe zählen zu den längsorientierten Gebäuden. Beim ersten Entwurf dient die massive Südwand als Wärmespeicher. Beim zweiten Entwurf dienen die Hohlräume der Tonnengewölbe zur Speicherung und zum Transport der warmen Luft.



Abb. 21_Haus mit Tonnengewölbe

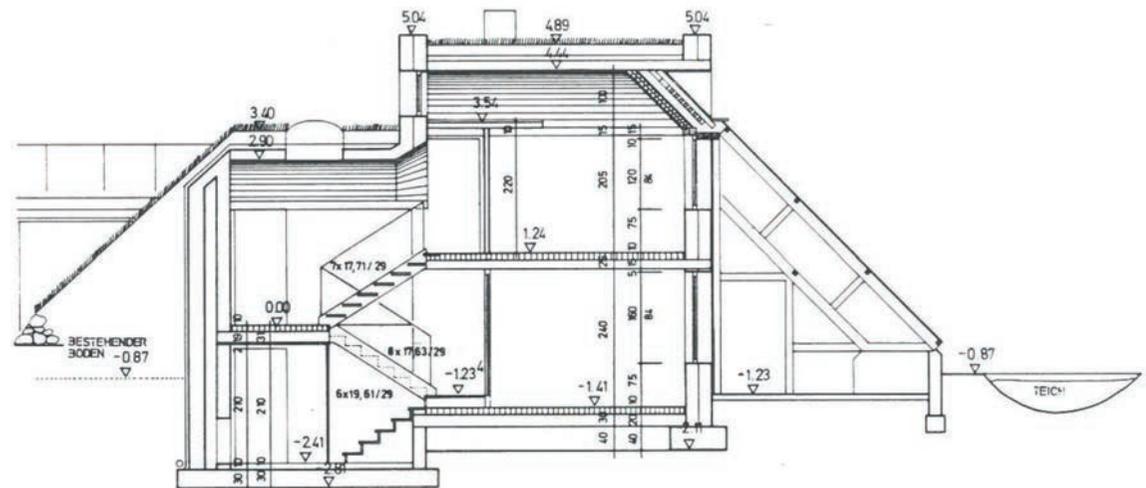


Abb. 22_Haus mit Tonnengewölbe Schnitt

⁴Klaus MATHOY, ökologische Sonnenhäuser, Bauen im Einklang mit der Natur, Innsbruck (Edition Löwenzahn/Österreichischer StudienVerlag) 1994, S.26,44,46,48



Abb. 23_Erdhaussiedlung Imst_Nordseite



Abb. 24_Erdhaussiedlung Imst_vorgesetztes Glashaus



Abb. 25_Haus Wildner



Abb. 26_Haus Wildner_Eingangsbereich

2.2.4. ERDHAUSSIEDLUNG IMST UND HAUS WILDNER

Standort: Imst beziehungsweise Zirl, Österreich
Architekt: Arch. Dipl. Ing. Klaus Mathoy
Baujahr: nach 1981

Die Erdhaussiedlung in Imst liegt etwas außerhalb des Ortes. Es handelt sich um eine Reihenhäuseranlage. Die Zugänge zu den einzelnen Häusern befinden sich im erdbedeckten nördlichen Teil. Obwohl die Erschließung nicht von der Außenluft abgetrennt ist, wird diese von den Bewohnern bereits wie ein gemeinschaftlicher Vorraum genutzt. Betritt man die Häuser, fühlt man sich wie in einer gemütlichen Wohnhöhle, die einen Blick in das obere Geschoß gewährt. Danach kommt man in den großzügigen, freundlichen Wohnbereich im Süden des Hauses, der sich in den zweistöckigen Wintergarten öffnet. Die Bereiche im Norden der Häuser werden über Lichtkuppeln belichtet.

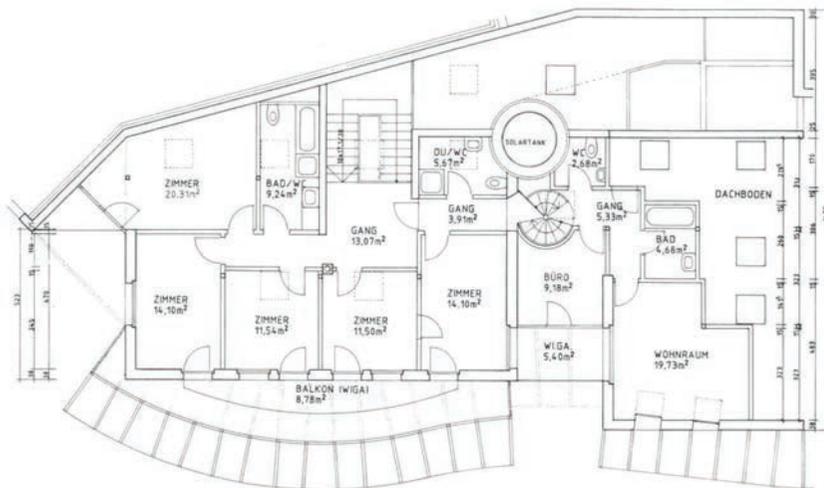


Abb. 27_Haus Wildner_Grundriss

Das Haus Wildner ist ein längsorientiertes Gebäude, das neben dem Wohnbereich über einen Ordinationsbereich verfügt. Die Sonnenenergie wird hier sowohl über das vorgeseetzte Glashaus und der dahinter liegenden Speicherwand als auch über, am Dach montierte, Sonnenkollektoren genutzt. Gespeichert wird die gewonnene Wärme in einem, im Gebäude zentral gelegenem, zweigeschossigen Wassertank. Zusätzlich ist die gesamte Nordseite des Hauses mit Erde bedeckt. Dieser Bereich speichert die im Sommer überschüssige Wärme der Warmwassersolaranlage.⁵

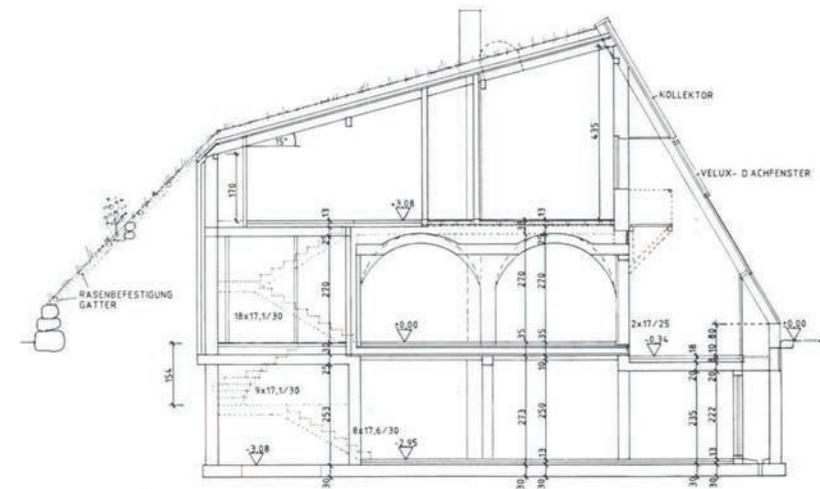


Abb. 28_Haus Wildner Schnitt

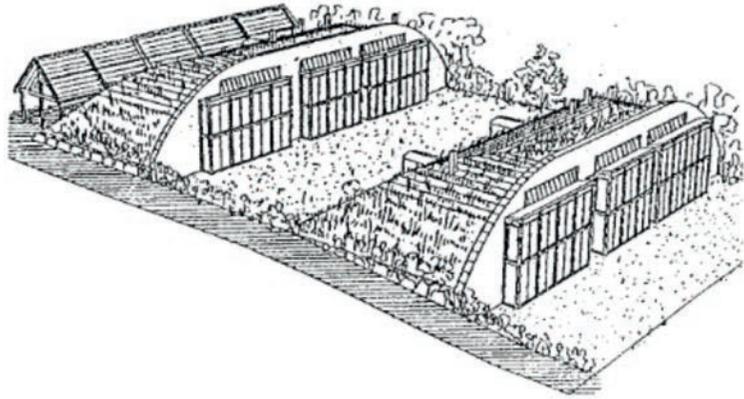


Abb. 29_schematische Darstellung



Abb. 30_Südansicht



Abb. 31_Zugang

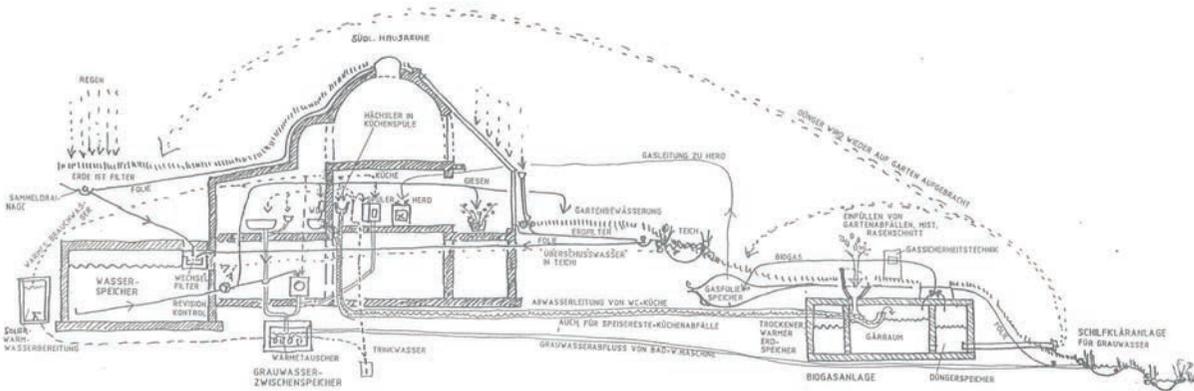


Abb. 32_Schnitt

2.2.5. ÖKOSIEDLUNG DUNKELSTEINER WALD⁶

Standort: Dunkelsteiner Wald Niederösterreich
 Projektträger: Hotzenplotz Company
 Architekt: Arch. Dipl. Ing. Klaus Mathoy

Planungsbeginn: 1993
 Baubeginn: 1996
 Fertigstellung: 1997

1993 schlossen sich 6 Familien zusammen, um gemeinsam einen Ort zum Wohnen und Leben zu gestalten. In der Gemeinde Dunkelsteiner Wald in Niederösterreich fanden sie einen 20.000m² großen Grund, auf dem sie ihren Traum eines ökologischen Heims verwirklichen konnten. Nach einer längeren Planungsphase – unter anderem mit dem Architekten Klaus Mathoy – wurde 1996 mit dem Bau begonnen.

Es entstanden zwei Häuserblöcke mit jeweils drei Wohneinheiten. Die Dachflächen reichen im Westen, Norden und Osten jeweils bis zum Boden und sind begrünt. Lediglich die Zugänge zu den Wohneinheiten und Fenster sind von diesen Seiten ersichtlich. Von der Südseite ist das Gebäude als solches voll zu erkennen. Durch große Glasflächen werden die solaren Gewinne voll ausgenützt.

Für die tragenden Wände wurden Leca-Ziegel und Betonschalsteine verwendet. Die Leca-Ziegel wurden wegen ihrer guten Speicherfunktion gewählt. Der Dachstuhl wurde aus Holz ausgeführt. Zur Abdichtung wurde eine verschweißte Kunststoffolie verwendet. Als Dämmung zwischen den Sparren wurde Zellulosedämmmaterial eingeblasen. Für den Innenausbau wurde hauptsächlich Holz und Lehm verwendet. Ein Großteil der Wände wurde mit Lehm verputzt. Der Lehmputz wurde nicht nur auf Grund seiner Gestaltungsvarianten verwendet, sondern hauptsächlich wegen seines positiven Einflusses auf das Raumklima.

Da das Projekt als Ganzes ökologisch sein sollte, wurde neben einer 120m² großen Solaranlage auch eine eigene Pflanzenkläranlage eingeplant.

⁶http://rin.ecology.at/ge/projekt/projekt_det.phtm?projektID=-892198208, 22.9.2018

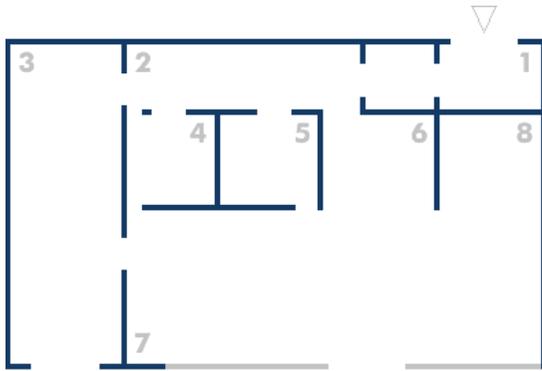


Abb. 33_Grundriss

1	Windfang	5	Bad
2	Gang	6	Küche
3	Schlafzimmer	7	Wohnzimmer
4	WC	8	Arbeitszimmer



Abb. 34_Südansicht



Abb. 35_das Erdhaus im Bau



Abb. 36_Winteransicht

2.2.6. DAS ERDHAUS⁷

Standort: Freistadt Österreich
Bauherr: Mag. Wolfgang Poimer
Architekt: Architekt DI Christian Hackl
Baujahr: nach 2005

Dieses Erdhaus wurde in Freistadt/Oberösterreich gebaut. Die Voraussetzungen waren ein Passivhaus mit minimalem Kosten- und Platzaufwand zu entwerfen, das sich an das Gelände anpasst und Raum für eine Familie bietet. Das Erdhaus befindet sich auf einem Grundstück, das nach Süden hin abfallend ist. Somit ist es von der Zufahrtsstraße im Norden nur als ein kleiner Erdhügel ersichtlich. Zum, im Norden gelegenen, Eingang gelangt man über

eine Treppenanlage, die in späterer Folge durch den Einbau eines Treppenliftes auch einen barrierefreien Zugang ermöglicht. Über den Windfang gelangt man in eine Gangzone, die entlang der Rückseite des Hauses verläuft. Belichtet wird sie über Oberlichter in den Nasszellen. Die Wohn- und Schlafräume liegen direkt an der verglasten Südfassade.

Für die Decke und die Außenwände wurde Ortbeton verwendet.

⁷<http://erdhaus.at>, 22.9.2018

2.2.7. FAZIT

Die hier erwähnten Projekte weisen auf unterschiedliche Weise Parallelen zu meinem, später beschriebenen, Entwurf auf. So haben sowohl das Haus Topic als auch die Architerra Häuser und das Erdhaus den gleichen Ansatz bei der Grundrissaufteilung. Alle Wohnbereiche liegen direkt hinter der verglasten Südfassade, und eine zusätzliche Belichtung über Lichtkuppeln ist dadurch nicht notwendig. Ebenfalls sind alle drei Projekte eingeschossige Bauten.

Die Projekte von Arch. Dipl. Ing. Klaus Mathoy leben zwar von vorgesetzten Glashäusern und benötigen meist auf Grund ihrer Größe Lichtkuppeln, jedoch ist der Ansatz, ökologische Materialien zu verwenden, der Gleiche wie bei meinem Entwurf. Mathoys Projekte sind von natürlichen Materialien geprägt. Gerade die Ökosiedlung Dunkelsteiner Wald gewinnt an Charme durch die verwendeten Materialien wie Holz und Lehm.



Abb. 37_Wohntonnen in Buchberg-Wangelin_Gernot Minke

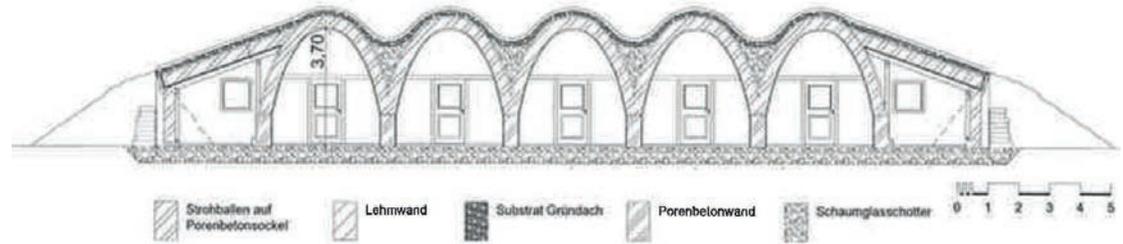


Abb. 38_Wohntonnen_Schnitt



Abb. 39_Maya Botique Hotel_Werner Schmidt

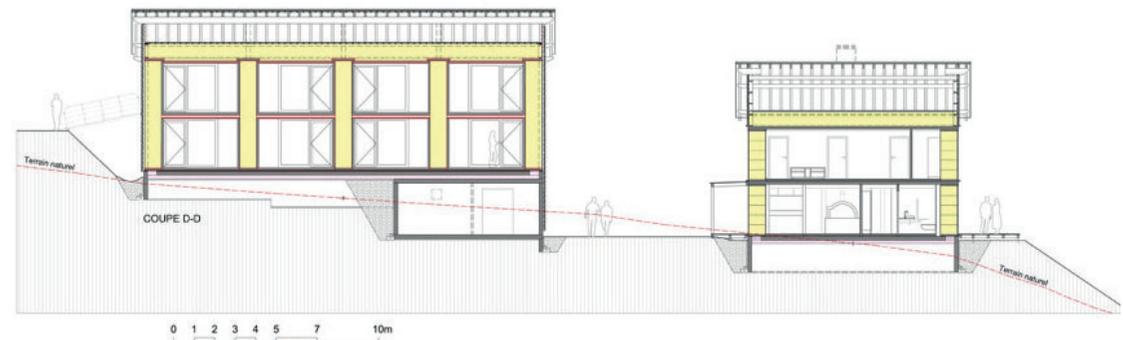


Abb. 40_Maya Botique Hotel_Schnitt

3. STROHBALLENHÄUSER

3.1. GESCHICHTE⁸

Der Strohballebau fand seinen Anfang in den USA, als im 19. Jahrhundert die ersten Strohballepressen erfunden wurden. Zuerst von Pferden angetriebene und später von Dampf betriebene Pressen wurden zur Futtermittelherstellung verwendet. In Nebraska – der Baustoff Holz war nur knapp vorhanden - wurden um 1900 erstmals Strohballehäuser als provisorische Unterkünfte errichtet. Die Strohballe wurden zu lastabtragenden Wänden zusammengestellt und das Dach verweilte direkt auf den Ballen. In den darauf folgenden Jahrzehnten wurde Stroh, für lasttragende Wände oder nur zur Ausfachung von Holzständerkonstruktionen, immer wieder als Baumaterial in der Literatur erwähnt.

Mit der Entwicklung des industriellen Bauens und dem Ende der Weltwirtschaftskrise rutschte der Strohballebau immer mehr in den Hintergrund.

Erst als in den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts ein ökologisches Umdenken in einem Großteil der Gesellschaft stattfand, erlebte der Strohballebau wieder neuen Aufschwung. Das Baumaterial Stroh fand sowohl als lastabtragendes als auch als reines Dämmmaterial zurück in das Bauwesen. Eine Vielzahl an Architekten, darunter Gernot Minke und Werner Schmidt, trieben und treiben den Strohballebau bis heute voran.



Abb. 41_Fawn Lake Ranch, Nebraska, 1900-1914



Abb. 42_Biohaus Süchtterscheid, 1979

3.2. DAS MATERIAL

Bekannt ist das Material aus der Landwirtschaft, wo es größtenteils als Einstreu in Ställen zum Einsatz kommt. Stroh besitzt aber auch eine Vielzahl an Eigenschaften, die es zu einem perfekten Baumaterial qualifizieren. Es ist tragfähig und wärmedämmend. Trotz seiner eher geringen Dichte, hat Stroh eine relativ gute Wärmespeicherfähigkeit. Richtig verwendet, ist auch die Brennbarkeit des Materials gering. Im Vergleich zu anderen Baumaterialien wird nur sehr wenig Energie benötigt, um es herzustellen. Da es fast überall angebaut werden kann, ist der Energieverbrauch für den Transport sehr gering. Für den Zeitraum, in dem es verbaut ist, ist Stroh ein CO₂ Speicher. Und zu guter Letzt kann man es rückstandslos entsorgen.

3.2.1. TRAGFÄHIGKEIT

Strohballen können sowohl für lastabtragende als auch für nicht lastabtragende Wände verwendet werden. Im Rahmen dieser Diplomarbeit beschäftige ich mich mit nicht lastabtragenden Strohballenwänden. Mehr über lastabtragende Strohballenwänden findet man zum Beispiel in den Büchern „Handbuch Strohballenbau“ von Gernot Minke und Benjamin Krick oder in dem Buch „Neues Bauen mit Stroh IN EUROPA“ von Herbert & Astrid Gruber und Helmuth Santler.

3.2.2. WÄRMELEITUNG UND WÄRMEDÄMMUNG⁹

Stroh kann sowohl in Ballenform als auch lose als Dämmmaterial eingesetzt werden. Im Zuge meiner Diplomarbeit möchte ich näher auf Strohdämmung in gepresster Form eingehen.

Strohballen können in verschiedenen Größen gepresst werden.

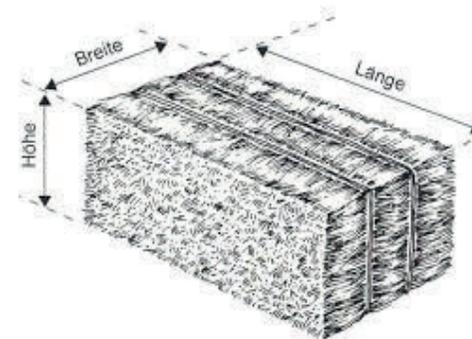


Abb. 43_Strohballen

	Ballenabmessungen [cm]		
	Höhe	Breite	Länge
Kleinballen	31 (30)	41 (40)	30-120
	36	49 (48)	50-120
Großballen	50	80	70-240
	70	80	120-250
	70	120	90-300
	90	120	100-270
	100	120	100-300
	130	120	100-270

Zu Beginn muss man wissen, dass es beim Transport von Wärme drei verschiedene Varianten gibt.

- Konvektion
- Transmission (Wärmeleitung)
- Strahlung

Konvektion und Transmission sind an Medien gebunden, hingegen überträgt Strahlung Energie in Form von elektromagnetischen Wellen und kann somit Medien durchdringen.

Die Wärmeleitfähigkeit eines Materials wird in Lambda (λ) angegeben und trägt die Einheit $W/(mK)$.

Im Strohballenbau ist es wichtig auf die Orientierung der Halme zu achten, weil diese erheblichen Einfluss auf die Lambda Werte hat:

- Wärmestrom in Halmrichtung $\lambda = 0,080 W/(mK)$
- Wärmestrom senkrecht zur Halmrichtung $\lambda = 0,052 W/(mK)$
in Österreich wird $\lambda = 0,050 W/(mK)$ angenommen

Vergleicht man die Lambda Werte untereinander (Tabelle Kennzahlen von Wärmedämmstoffen Seite 29), ist zu sehen, dass Strohballen im Vergleich zu herkömmlichen, nicht ökologischen Dämmstoffen eher schlecht abschneiden. Betrachtet man jedoch rein die ökologischen Dämmmaterialien, liegen Strohballen im guten Mittelfeld.

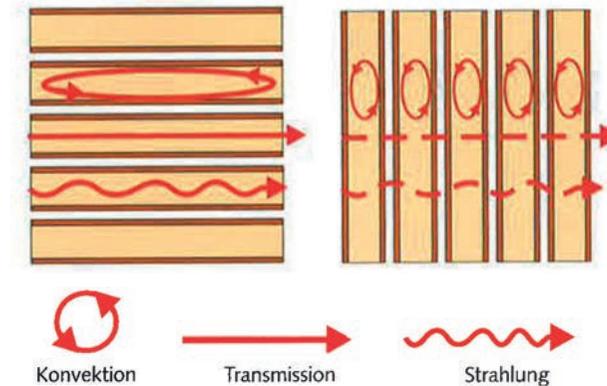


Abb. 44_Wärmetransportarten

3.2.3. WÄRMESPEICHERFÄHIGKEIT¹⁰

Üblicher Weise gilt, je schwerer ein Baustoff ist, desto besser speichert er die Wärme und umso besser leitet er sie. Somit gilt auch: je leichter ein Baustoff, desto schlechter die Wärmespeichfähigkeit, aber umso besser die Wärmedämmung. Weiters ist zu erwähnen, dass organische Baustoffe, wie zum Beispiel Stroh, bei gleicher Dichte, zirka doppelt so viel Wärme speichern wie mineralische Baustoffe.

Um die Wärmespeicherfähigkeit einer Strohballenwand zu verbessern, ist eine 3-6cm Lehmputzschicht an der Innenseite von Vorteil. Die Lehmputzschicht dient nicht nur als Wärmepuffer sondern sorgt auch, durch die feuchteregulierende Eigenschaft des Lehms, für ein angenehmes Raumklima.

3.2.4. BRANDSCHUTZ¹¹

Stroh ist als loses Material leicht brennbar. Strohballen, die als Baumaterialien eingesetzt werden, sind durch ihre dichte Pressung deutlich schwieriger in Brand zu setzen. Grund dafür ist die fehlende Sauerstoffversorgung.

Im Allgemeinen werden Baumaterialien hinsichtlich ihrer Brennbarkeit in verschiedene Baustoffklassen eingeteilt.

- A nicht brennbare Baustoffe
- B1 schwer entflammbare Baustoffe
- B2 normal entflammbare Baustoffe
- B3 leicht entflammbare Baustoffe

Strohballen werden der Baustoffklasse B2 – normal entflammbare Baustoffe – zugeteilt.

Verputzt man die Strohballenwand anschließend noch zusätzlich mit einer ca. 8mm dicken Lehmschicht, kann diese Wand der Baustoffklasse B1 – schwer entflammbar – zugeordnet werden. Der Lehmputz sorgt dafür, dass kein Sauerstoff in die Strohballen eindringen kann.

3.2.5. PRIMÄRENERGIEINHALT UND TREIBHAUSPOTENZIAL¹²

Zur Herstellung jedes Baustoffes wird Energie benötigt. Diesen Energiebedarf bezeichnet man als Primärenergieinhalt eines Baustoffes. Handelt es sich um ein naturnahes Produkt sowie Stroh, wird weniger Energie benötigt als bei einem industriell verarbeiteten Material.

Eine weitere Kennzahl ist das Treibhauspotenzial. Während das Getreide wächst, nimmt es CO₂ auf. Würde man dieses Getreide einfach verrotten lassen, würde es genau diese Menge an gespeichertem CO₂ wieder abgeben. Somit wäre dieser Prozess CO₂-neutral. Wird das Getreide jedoch gedroschen und verwertet, und das als Nebenprodukt anfallende Stroh als Baumaterial verwendet, bleibt das aufgenommene CO₂ im Strohballen gespeichert. Somit entsteht für den Zeitraum, in dem der Strohballen als Baumaterial im Einsatz ist, ein negatives Treibhauspotenzial. Erst wenn der Strohballen nach dem Abbruch des Gebäudes verrottet oder verbrannt wird, wird das gespeicherte CO₂ wieder freigesetzt.

Material	Wärmeleitfähigkeit (λ) W/mK	Spezifische Wärmespeicherfähigkeit (c) J/kgK	Dichte (ρ) kg/m ³	Primärenergieinhalt (PEI) MJ/kg	Treibhauspotenzial (GWP) kgCO _{2equ} /kg
Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen					
Baumwolle Dämmfilz	0,040	1600	40	Keine Angaben	Keine Angaben
Baustrohballen	0,049-0,051	1600-2000 ¹	85-120 ¹	0,801	-1,25
Dämmkork	0,041-0,050	1560	100-160	6,45	-1,22
Flachsfaserdämmstoff mit Stützfasern	0,039	1600	33	35,3	0,497
Flachsfaserdämmstoff ohne Stützgitter	0,040	1600	40	31,5	0,218
Hanfaserdämmstoff	0,041-0,045	1600	41	28,7	0,0774
Holzfasern	0,051-0,057	1700	250	14,4	-0,804
Kokosfasermatte	0,051-0,054	1600	60-80	31	0,428
Schafwolle-Dämmfilz	0,035-0,043	1600	18-37	19,7	0,537
Schilfdämmplatte	0,061	1600	145	1,15	-1,59
Wärmedämmplatte aus Grasfasern	0,043	1600	55	17,8	-0,555
Zellulose-Schüttdämmung	0,044	1600	48	7,18	-0,885
Mineralische Dämmstoffe					
Glaswolle	0,033-0,035	1030	105	46,2	2,45
Schaumglas	0,059	1000	180	41,0	2,43
Steinwolle	0,038-0,041	1030	150	21,4	1,93
Synthetische Dämmstoffe					
EPS	0,031	1450	23	98,9	4,17
Phenolharzschaum	0,038	1400	45	131	4,98
XPS	0,034-0,040	1450	32	93,6	4,20

Sofern nicht anders angegeben, sind die Kennzahlen Richtwerte aus dem Baubook (Stand 6.10.2018)

¹<https://baustoffe.fnr.de/daemmstoffe/materialien/stroh/>

Höhe: 661m ü. A.
Koordinaten: Breite: N 47°30'28.3"
Länge: E16°10'25.65"
Grundstücksgröße: ca. 1.100m²

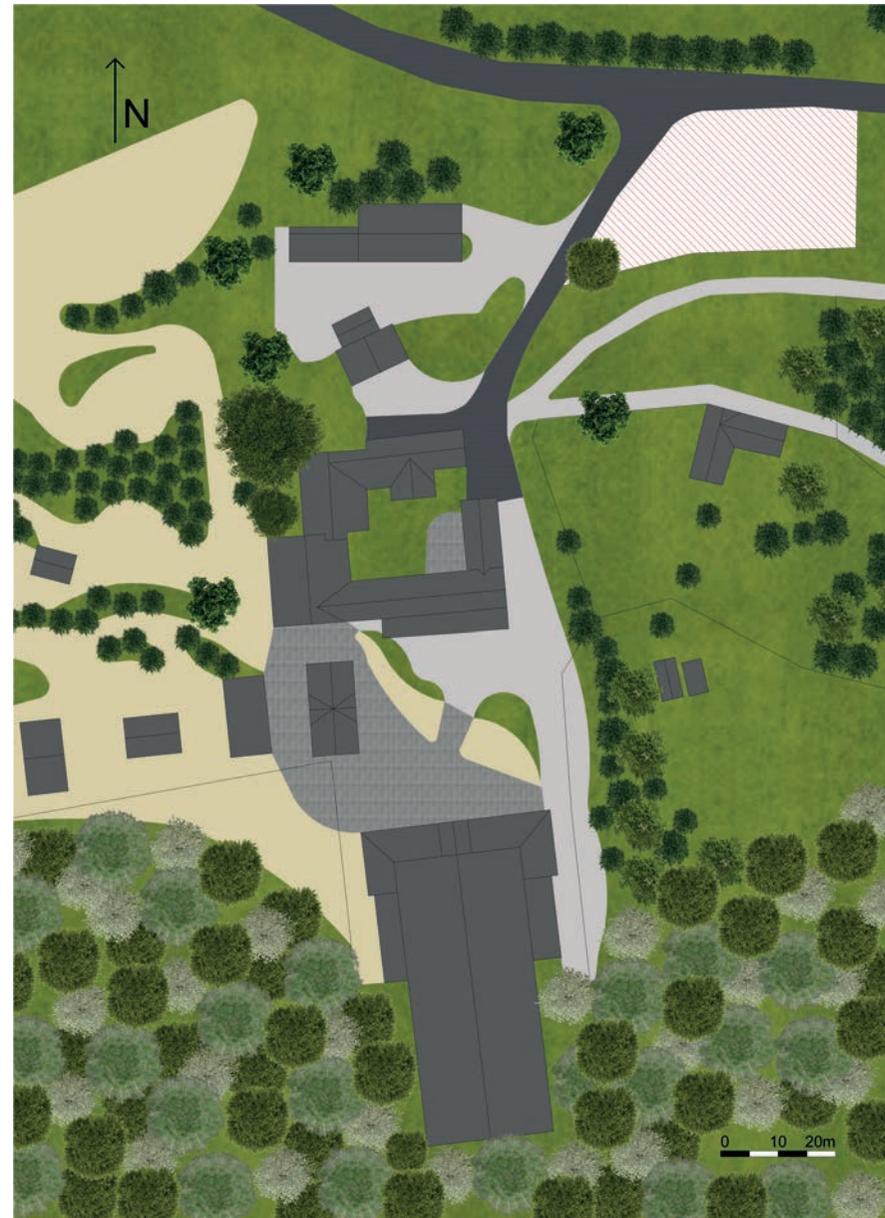


Abb. 45_Lageplan

4. DER ENTWURF

4.1. STANDORT

Der landwirtschaftlich genutzte Betrieb der Bauherren Sibylle und Thomas Colleselli liegt in der Nähe von Krumbach in der Buckligen Welt. Er umfasst 52,78ha. Davon sind 29,08 ha landwirtschaftlich genutzte Fläche und 23,7 ha Wald. Die bereits bestehenden Gebäude, darunter Wohnhäuser, Maschinenunterstände und Wirtschaftsgebäude weisen derzeit eine bedeckte Fläche von zirka 4.000 m² auf. Da der Hof in einigen Jahren übergeben werden soll und somit auch das Hauptwohnhaus, wurde für den Neubau nach einem geeigneten Grundstück gesucht.

4.2. GRUNDSTÜCK

Da auf dem Eigengrund kein gewidmetes Bauland existierte, war eine Bewilligung zum Bauen im Grünland notwendig. Wichtig bei der Wahl des Grundstückes war, dass es sich im Hofverband befand. Dieses Kriterium konnte mit dem Bauplatz östlich der Einfahrt erfüllt werden. Laut § 19 Abs. 2 Ziffer 6 der NÖ Bauordnung 2014 sind in der Baubeschreibung bei Bauwerken im Grünland Angaben über die geplante Nutzung des eingereichten Vorhabens in Form eines Betriebskonzeptes zu machen. Dieses wurde erstellt, akzeptiert und das Bauvorhaben wurde genehmigt. Das Grundstück umfasst ca 1.100m². Es handelt sich um ein Hanggrundstück, das nach Süden ausgerichtet ist.



Abb. 46_Luftbild

4.2.1. SONNENVERLAUF¹³

	21. Dezember	20. März	21. Juni	20. September
Sonnenaufgang	07:39:42	05:58:23	04:57:28	06:38:40
Sonnenuntergang	16:06:57	18:08:04	20:56:42	18:57:59
Tageslichtdauer	8h27m15s	12h9m41s	15h59m14s	12h19m19s
Sonnenhöchststand	11:53:20	12:02:48	12:57:05	12:48:45
Sonnenhöhe	19,10°	42,42°	65,93°	43,53°

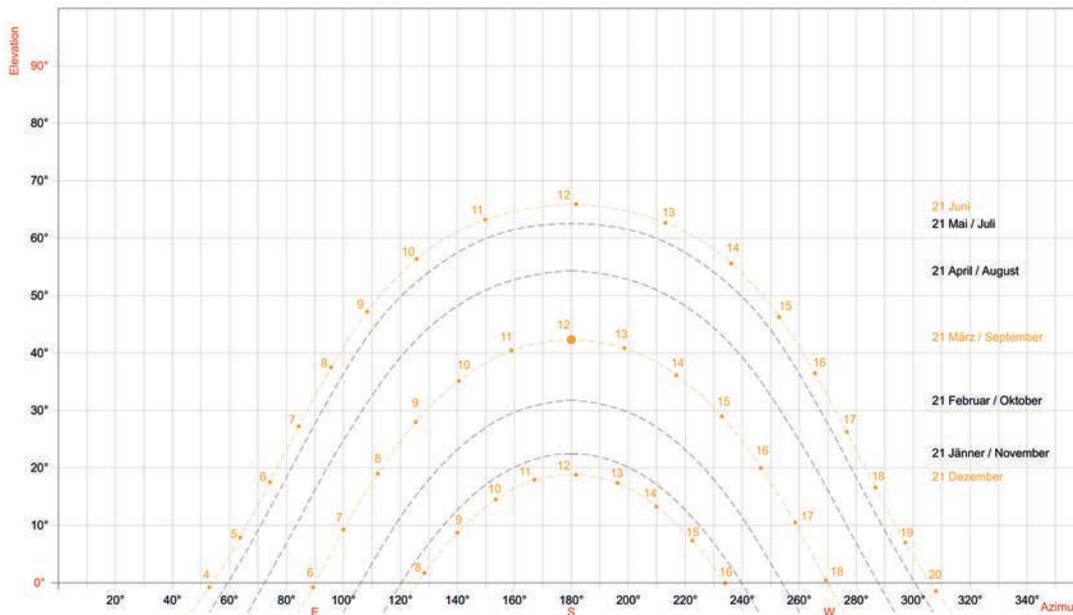


Abb. 47_Sonnenstandsdiagramm

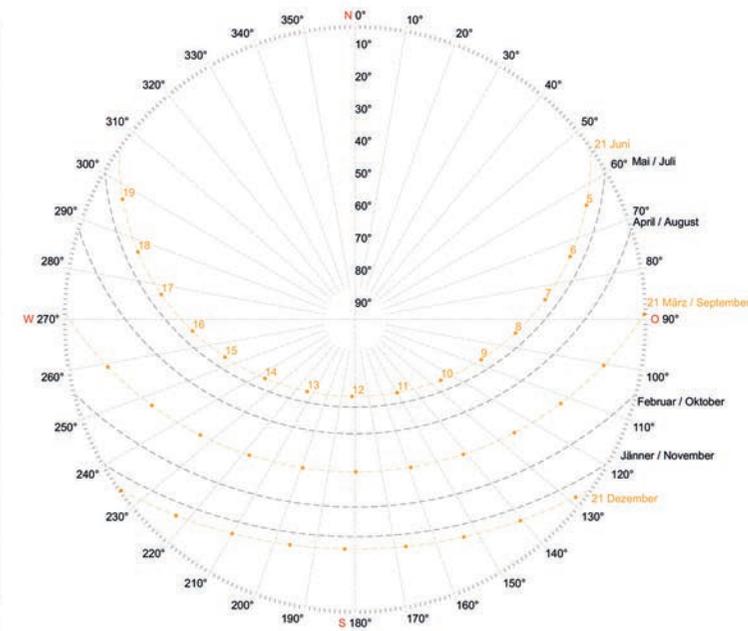


Abb. 48_polares Sonnenstandsdiagramm

4.3. GRUNDRISS

Zu Beginn wurden mit den Bauherren Ziele festgesetzt, die das zukünftige Haus erfüllen sollte.

Ziele:

- an die Landschaft angepasst
- natürliche Baustoffe verwenden
- soviel Eigenleistung wie möglich
- Passivhausstandart
- barrierefreier Grundriss
- flexibler Grundriss
- frostfreier Keller
- kalte Vorratskammer
- überdachter Stellplatz

Da, wie bereits erwähnt, derzeit eine Fläche von zirka 4.000 m² überdachter Fläche besteht, wurde beschlossen, den Neubau unter die Erde zu setzen. Sichtbar ist das Gebäude nur von Süden, wo es über große Glasflächen Licht in die dahinter liegenden Räume lässt und gleichzeitig die Solargewinne nutzt.

Da der Neubau als Ausgedinge Haus genutzt werden soll, muss er die Kriterien für Barrierefreiheit erfüllen. Aus diesem Grund war es von Anfang an klar, dass die gesamte genutzte Fläche auf gleichem Niveau liegen, beziehungsweise durch kleine Rampen erreichbar sein muss. Ein weiteres Kriterium waren die Raumgrößen, die ebenfalls so gewählt werden mussten, dass sie barrierefrei sind. In weiterer Folge wurde der Grundriss so gestaltet, dass

in ferner Zukunft auch eine Pflegekraft untergebracht werden kann.

Der Haupteingang des Hauses liegt wettergeschützt im Westen des Grundstücks. Zu Beginn gelangt man in einen großen Vorraum. Da er im hinteren Bereich des Gebäudes liegt, möchte man meinen, dass er dunkel und beengt wirkt. Doch am Ende des Tunnels ist - wie bekannt - Licht und so ist es auch in diesem Fall. Am Ende des enger und wieder breiter werdenden Gangs kann man bereits den dahinter liegenden hellen Wohnraum spüren. Zusätzlich wird der Gang über Oberlichten, die in der Trennwand zum vorderen Bereich liegen, belichtet. Über den Vorraum gelangt man in das kleinere Badezimmer und den Haushalts- und Technikraum. Der Haushalts- und Technikraum bietet Platz für Waschmaschine und Trockner, sowie Raum für die Haustechnik. Er verfügt über ein kleines Fenster, das zum Lüften gedacht ist. Betritt man das kleinere Badezimmer, fällt einem als erstes das große runde Fenster ins Auge, durch das der Raum beleuchtet wird. Die Anordnung der Sanitäreinrichtung ist so gewählt, dass der Raum barrierefrei ist. Im Gang befindet sich noch eine weitere Tür, die in das kleinere Zimmer führt. Dieses kann als Gästezimmer und Büro genutzt werden und in späterer Folge bietet es die Möglichkeit eine eventuell erforderliche Pflegekraft unterzubringen. Durch Glasschiebeelemente, die sich über die komplette Südseite erstrecken, wird der Raum lichtdurchflutet.

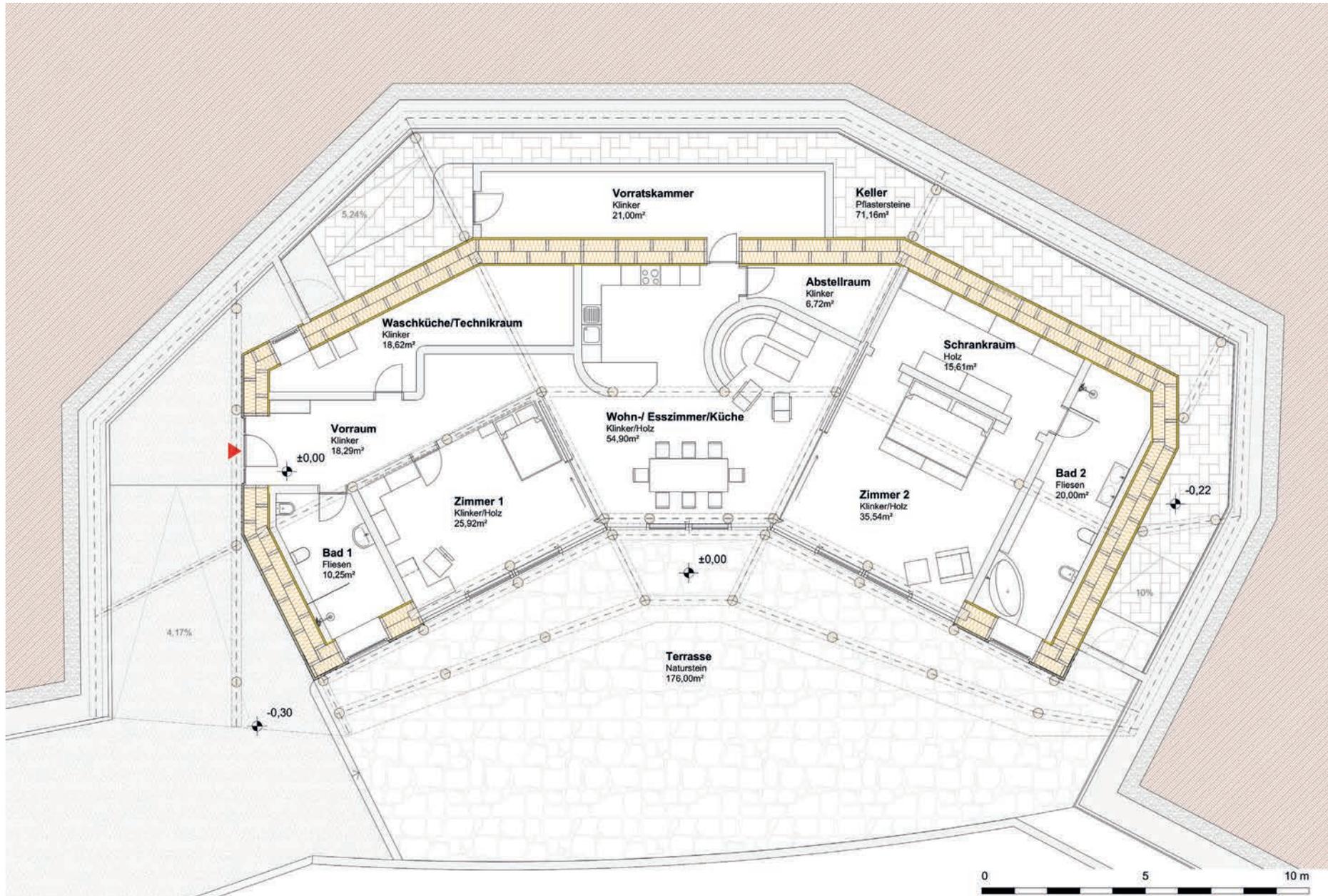


Abb. 49_Grundriss

Geht man an der Tür zum kleineren Zimmer vorbei, gelangt man in den großen Wohnbereich. Auch dieser ist im Süden vollständig durch Glasschiebeelemente begrenzt. Hier beträgt die Raumhöhe vier Meter und ermöglicht somit, dass auch der hintere Bereich des nicht ganz acht Meter tiefen Gebäudes ausreichend Licht bekommt. Dort befindet sich die großzügige offene Küche mit direktem Zugang zur Speisekammer und weiter zum Keller. Im vorderen Bereich liegt der helle freundliche Essbereich, der sich im Sommer auf die davorliegende Terrasse ausweiten lässt. Durch die trichterförmige Gestaltung des Wohnbereichs erreicht man, dass im hinteren Bereich neben der Küche noch genug Platz für eine Wohnzimmerecke bleibt. Durch eine geschwungene Stampflehmwand wird diese von der Küche getrennt und wirkt somit als gemütlicher Rückzugsort. Hinter der Wohnzimmerwand liegt noch ein kleiner separater Abstellraum, der über die Küche zugänglich ist.

Durch große Schiebelemente können sowohl das kleinere Zimmer als auch das große, im Osten liegende, Zimmer zugeschaltet werden. Öffnet man die große Schiebetür zum östlichen Schlafzimmer, gelangt man in eine kleine Bibliothek. Auch in diesem Raum gewähren die raumhohen Glaselemente einen freien Blick in die Natur. Verschiebbare Bücherregale verstecken tagsüber das Bett. Über den Schlafbereich gelangt man in einen großen Schrankraum, der durch Oberlichten indirekt beleuchtet wird. Im Schrankraum befindet sich der Eingang zum zweiten Badezimmer. Dieses wird, wie auch schon das Erste, über ein großes rundes Fenster belichtet und ist ebenfalls barrierefrei gestaltet.

Raumaufteilung

Räume	m ²
Vorraum	18,29 m ²
Wasch-/Technikraum	18,62 m ²
Wohnzimmer/Küche	54,90 m ²
Abstellraum	6,72 m ²
Zimmer 1	25,92 m ²
Zimmer 2	35,54 m ²
Schrankraum	15,61 m ²
Bad 1	10,25 m ²
Bad 2	20,00 m ²
Gesamt	205,85 m²

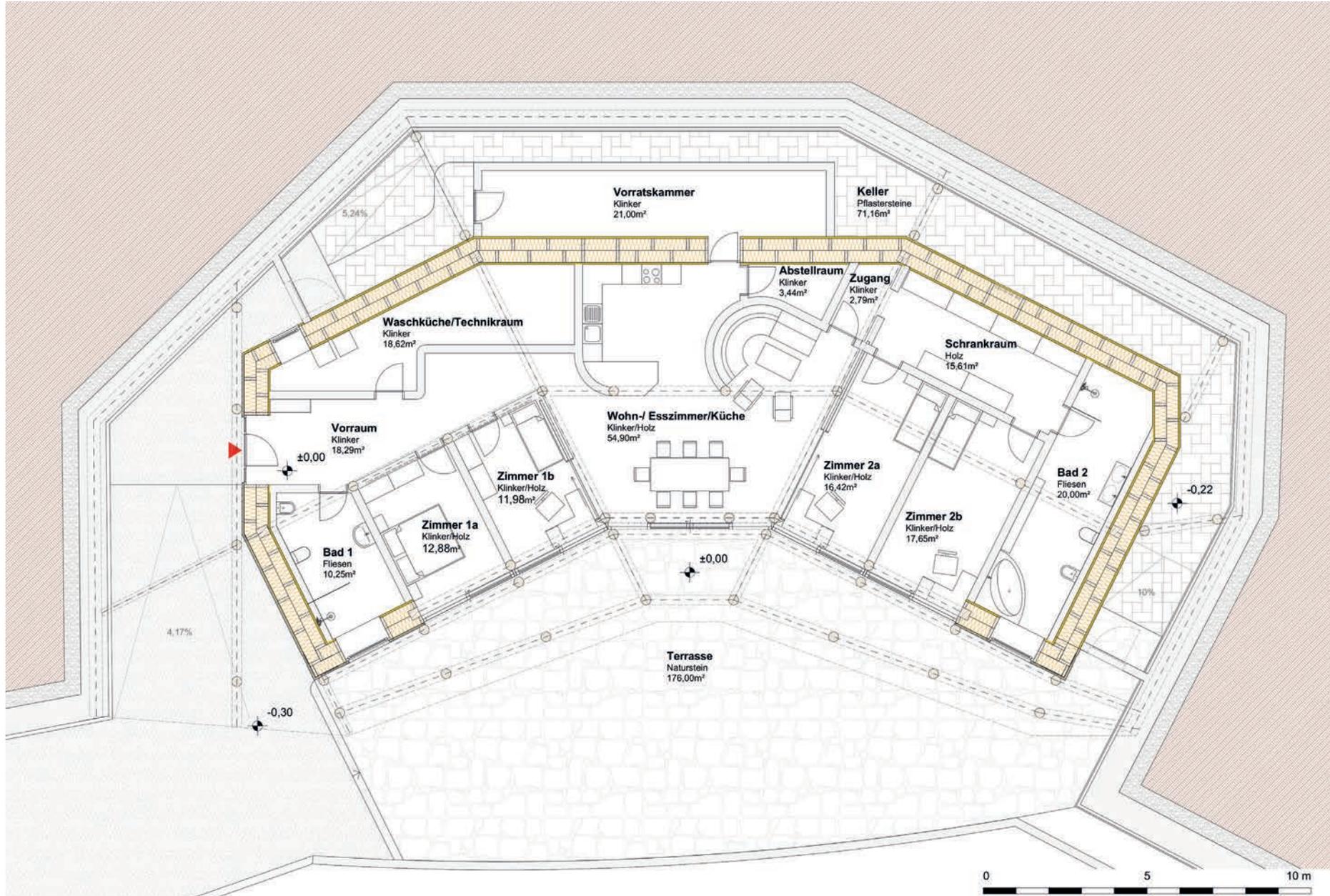


Abb. 50_Grundriss_geteilte Variante

Der Grundriss wurde so flexibel erstellt, dass in späterer Folge auch eine Familie darin wohnen kann. Beide Schlafzimmer können durch den Einzug einer Mittelwand zu zwei separaten Zimmern gestaltet werden. Somit wäre es auch möglich, dass eine größere Familie dort wohnt, und trotzdem jeder seinen eigenen privaten Bereich hat. Teilt man das Zimmer 1, wird lediglich eine weitere Tür im Gang eingebaut, um beide Zimmer separat begehen zu können. Teilt man das Zimmer 2, erfolgt der Zugang zu den Zimmern über den Abstellraum und den Schrankraum. Da die Glasschiebetüren jeweils in der Mitte der Außenwand zusammenlaufen, bleibt auch bei einer Teilung der Räume für jedes Zimmer ein direkter Zugang zur Terrasse bestehen.

Raumaufteilung

Räume	m ²
Vorraum	18,29 m ²
Wasch-/Technikraum	18,62 m ²
Wohnzimmer/Küche	54,90 m ²
Abstellraum	3,44 m ²
Zugangsraum	2,79 m ²
Zimmer 1a	12,88 m ²
Zimmer 1b	11,98 m ²
Zimmer 2a	16,42 m ²
Zimmer 2b	17,65 m ²
Schrankraum	15,61 m ²
Bad 1	10,25 m ²
Bad 2	20,00 m ²
Gesamt	202,83 m²

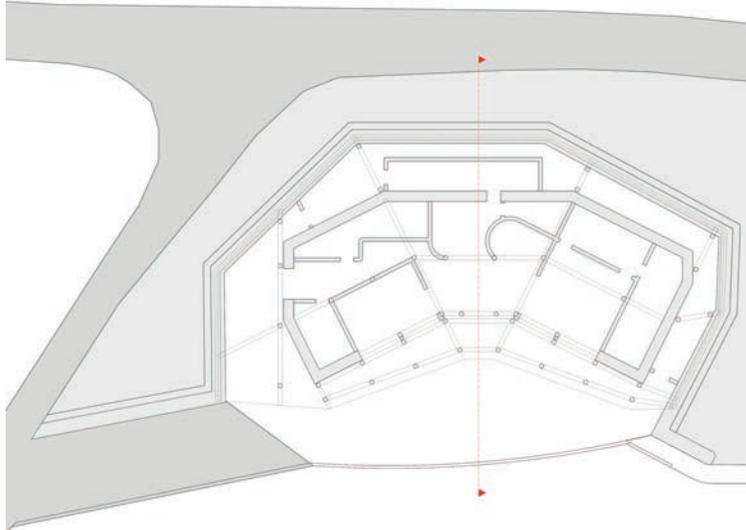


Abb. 51_Grundriss für Schnitt

4.4. SCHNITT

Betrachtet man den Schnitt durchs Gebäude von Nord nach Süd, erkennt man, dass das Bauwerk nach hinten abfällt. Dadurch fügt sich das Gebäude gut in die Landschaft ein und von der Straße aus ist nur ein kleiner Hügel zu sehen. Durch das leichte Gefälle wird gewährleistet, dass das durchsickernde Regenwasser von der Dachhaut ablaufen kann.

Die Größe des Vordaches wurde so gewählt, dass es im Sommer, bei Sonnenhöchststand, die Sonnenstrahlen nicht in das Gebäude lässt. In den Wintermonaten, wenn die Sonne tiefer steht, reichen die Strahlen jedoch tief ins Gebäude.

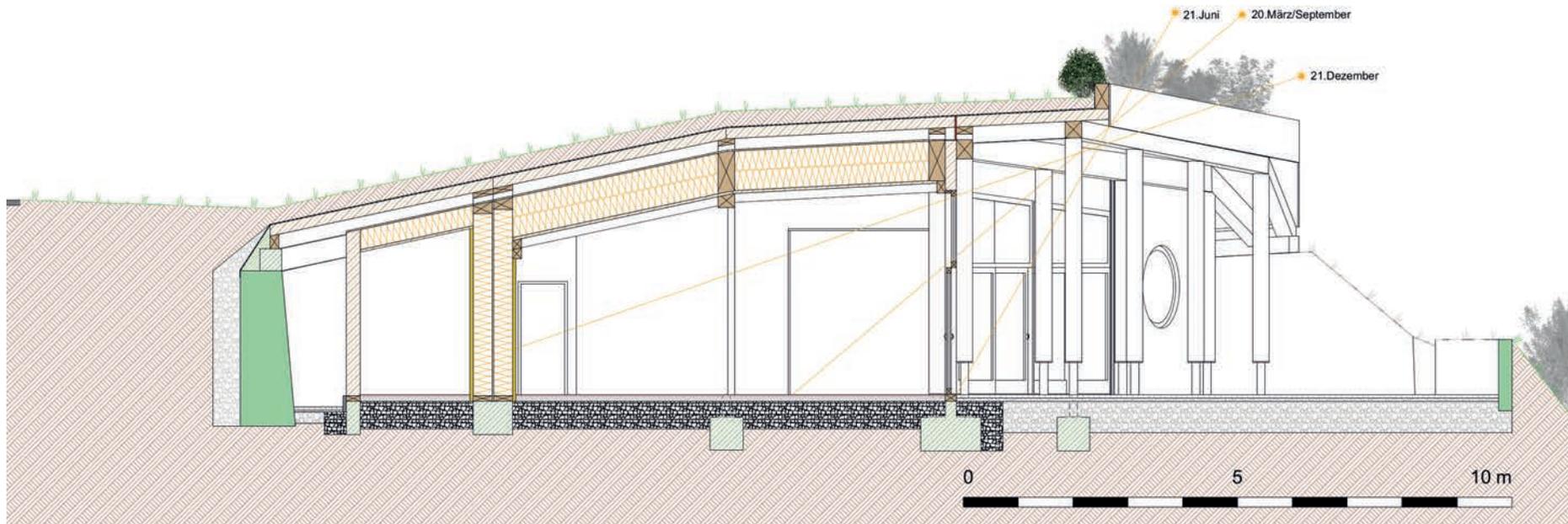


Abb. 52_Schnitt

4.5. EINBLICKE

Das Gebäude liegt leicht erhaben über dem Hauptwohngebäude. Dadurch hat man von der Terrasse aus einen Überblick über den kompletten Hofkomplex und einen Fernblick auf die nächste Hügelkette.

Im Inneren des Gebäudes, möchte man allerdings vor fremden Blicken geschützt werden. Dies wird neben dem natürlichen Blickschutz, wie Bäumen und Sträucher, durch die ein Meter hohe Terrassenbegrenzung gewährleistet.

Somit ist es nicht möglich vom Vorplatz des derzeitigen Wohnhauses in die Privatsphäre des neuen Gebäudes einzusehen.

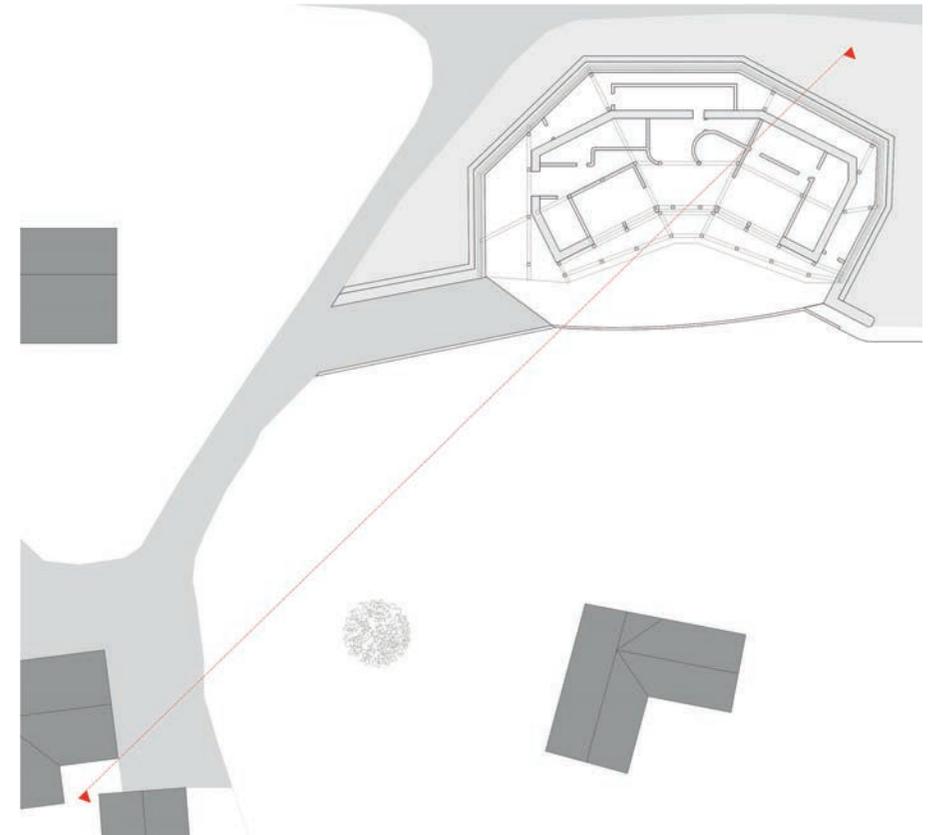


Abb. 53_Grundriss für Einsicht

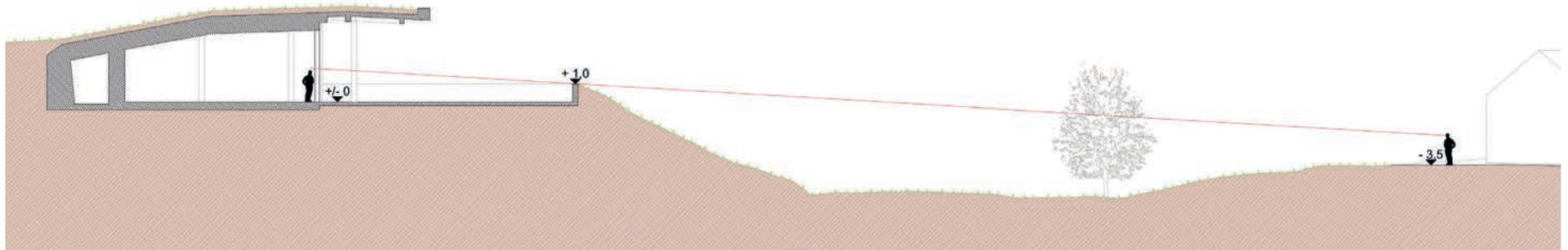


Abb. 54_Einsicht

4.6. ANSICHT

Da das Gebäude von Westen, Osten und Norden mit Erde bedeckt ist, ist es nur von Süden her, also nur vom Hofgelände aus, als Gebäude erkennbar. Durch seine geneigten Dachflächen fügt es sich hervorragend in die Landschaft ein und präsentiert sich von der Straßenseite her als ein weiterer Hügel in der Buckligen Welt. Damit seine doch enorme Höhe von 5,5m im Süden nicht zur Gänze

ersichtlich ist, wird die Böschung vor der Terrasse 1m über das Nullniveau des Neubaus angeschüttet. Dadurch und durch die Bepflanzung auf der Böschung, wirkt es nicht so hoch wie es tatsächlich ist. Durch die Bepflanzung des Daches und die, in späterer Folge über die Attika hängenden, Sträucher integriert es sich noch mehr in die Landschaft.



Abb. 55_Südansicht

4.7. KELLER

Es war eine große Herausforderung bei dem Entwurf dieses Erdhauses die verwendeten nachwachsenden und ökologischen Baustoffe (Holz, Stroh und Lehm) vor ihrem größten Feind zu schützen – der Feuchtigkeit. Um das, soweit möglich, ohne Folien zu schaffen, wurde beschlossen, das gesamte Gebäude zu hinterkellern, anstatt, wie üblich, den Keller unter den Wohnraum zu setzen.

Der Keller erstreckt sich somit vom, im Westen liegenden, Carport bis hin zur, im Südosten beginnenden, Terrasse. Der Keller wird durch eine hinterfüllte Natursteinmauer vom Erdreich getrennt. Die zwischen 20mm und 40mm grobe Hinterfüllung dient als Drainageebene für die davor sitzende Natursteinwand.

Da der Keller nicht nur als Schutzzone für das davor liegende Gebäude dienen soll, sondern auch als Lagerraum, in dem Pflanzen überwintern können und Obst und Gemüse gelagert werden soll,

wird er durch Türen von der Außenluft abgegrenzt. An der tiefsten Stelle im Norden wird noch eine zusätzliche Speisekammer, die direkt von der Küche aus begehbar ist, eingepplant. Diese wird weder gedämmt noch beheizt und soll somit als kühler Lagerraum dienen.

Der Boden des Kellers wird zum größten Teil mit Pflastersteinen ausgelegt. Da dieser eine geringere Aufbauhöhe hat, als der Boden des Hauses, liegt er zirka 20cm unter dem fertigen Fußbodenniveau des Hauses. Dadurch wird das Gebäude zusätzlich vor möglicher aufsteigender Feuchtigkeit geschützt. Um den Keller trotz des Niveauunterschieds barrierefrei erreichen zu können, sind sowohl im Westen als auch im Südosten kleine Rampen geplant. Die Wände zwischen Keller und Gebäude bekommen zur besseren Feuchteregulierung des Kellers eine 5cm dicke Lehmputzschicht.

Bodenaufbau

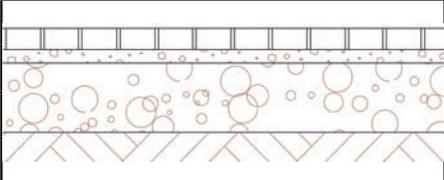
Schichten	Stärke in cm	
Pflastersteine	6,00	
Kiesbett	4,00	
Schotter	20,00	
Erdreich		

Abb. 56_Kellerbodenaufbau

Raumaufteilung

Räume	m ²
Keller	71,16 m ²
Speisekammer	21,00 m ²
Gesamt	92,16 m²

4.8. STATIK

Zum besseren Verständnis werden auf den folgenden Seiten die einzelnen tragenden Elemente kurz erklärt und veranschaulicht. Da der Bau bereits begonnen hat, werden bereits gemeisterte Schritte mit Fotos gezeigt.



Abb. 57_Bauplatz



Abb. 58_erste Baggerarbeiten



Abb. 59_Baugrube

In den Abbildungen 60 und 61 sieht man die bereits ausgehobene Baugrube. Sie umfasst ca 730m². An den höchsten Stellen ist sie knapp 4,50m hoch. Die oberste Schicht (Humusschicht) wurde bei den Baggararbeiten vorsichtig vom restlichen Material getrennt und separiert. Dieser Humus soll schlussendlich als oberste Schicht für das Dach verwendet werden. Das übrige Material wurde zum Anpassen des umliegenden Geländes verwendet.

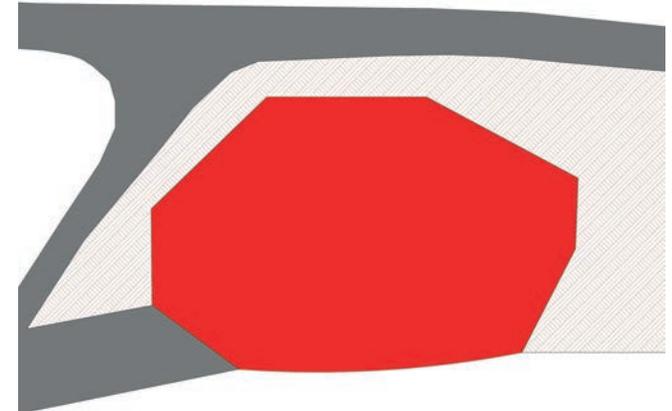


Abb. 60_Grundriss Schritt 1

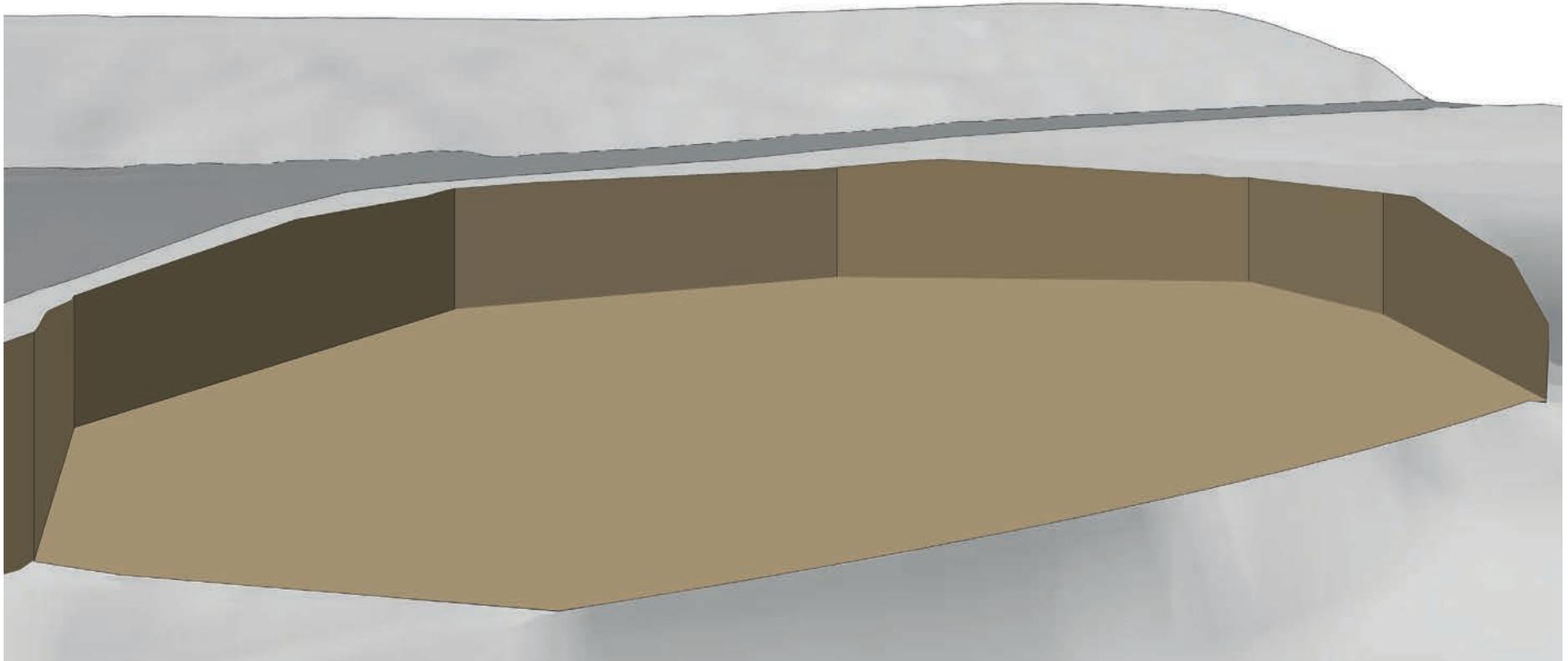


Abb. 61_Schritt 1_Baugrube



Abb. 62_die ersten Steine werden platziert



Abb. 63_Steinmauer wird hinterfüllt

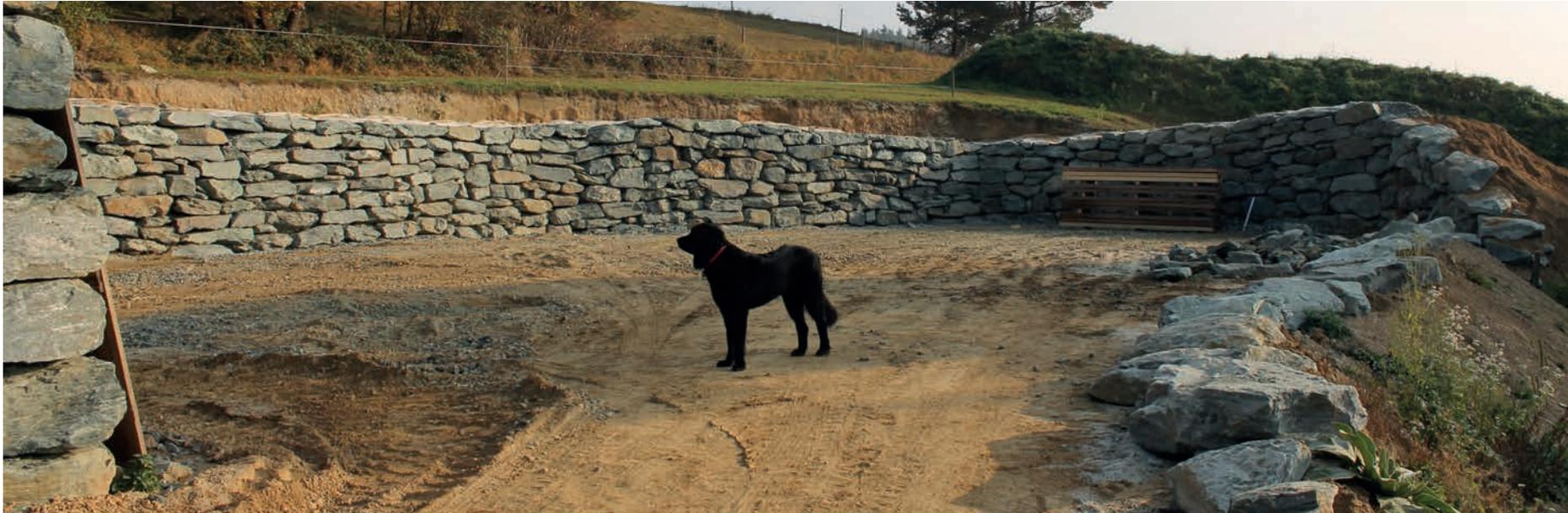


Abb. 64_fertige Trockensteinmauer

Die Abbildungen 65 und 66 zeigen die hinterfüllte Trockensteinmauer, die das Grundstück im Westen, Norden und Osten vom natürlichen Erdreich und dessen Feuchtigkeit abgrenzt. Beim Verlegen der Steinmauer wurde auf die unterschiedlichen Traufhöhen eingegangen, damit für das Betonauflager möglichst wenig Material gebraucht wird.

Die von 500kg bis zu 1,5 Tonnen schweren Steine und der zwischen 20-40mm grobe Schotter, zum Hinterfüllen der Trockensteinmauer, kommen aus einem in der Nähe gelegenen Steinbruch.

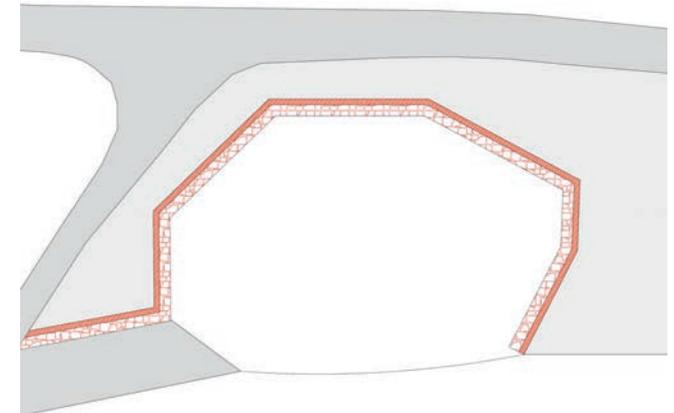


Abb. 65_Grundriss Schritt 2

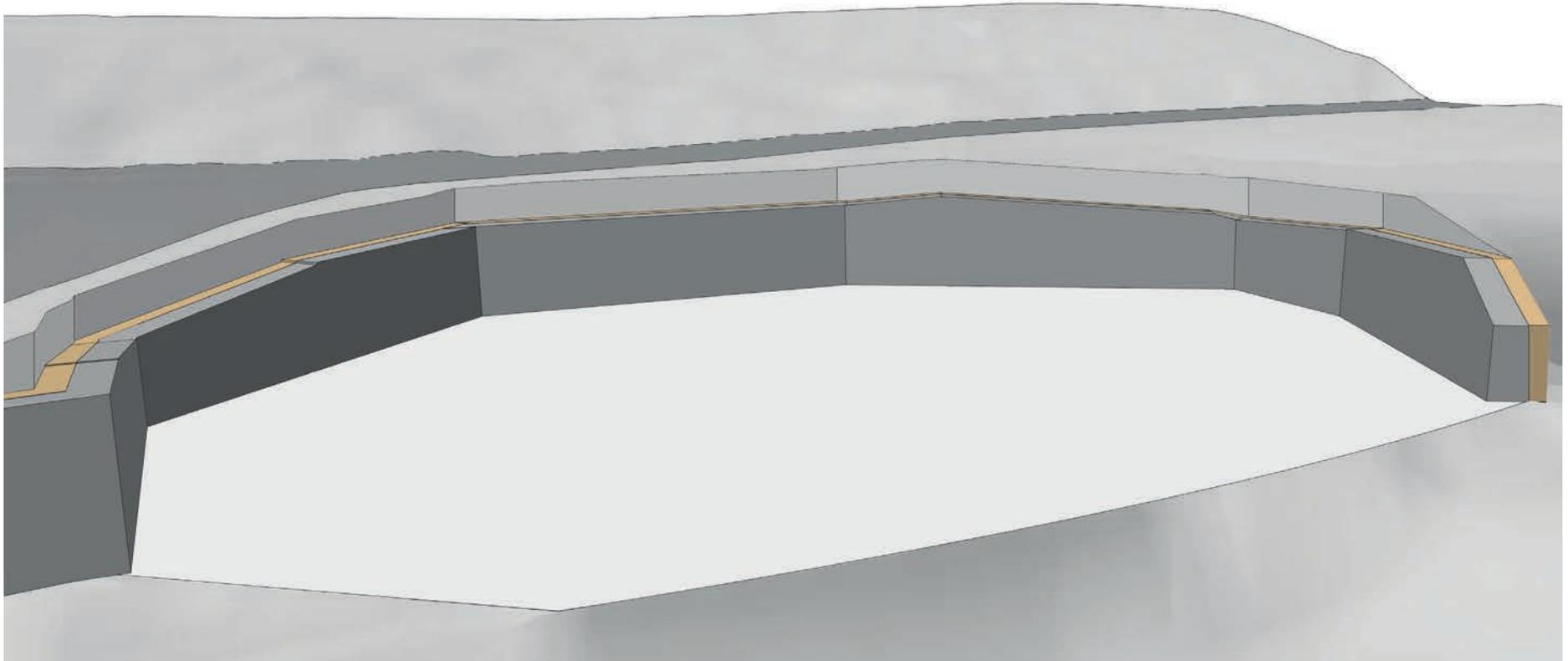


Abb. 66_Schritt 2_Trockensteinmauer



Abb. 67_Aushub für Fundament



Abb. 68_Aushub für Außenmauerfundament



Abb. 69_befülltes Fundament



Abb. 70_fertiges Fundament mit Markierung für Außenstütze

Im nächsten Schritt werden die Fundamente ausgehoben und anschließend mit bewehrtem Beton aufgefüllt. Auf den Abbildungen 71 und 72 sind die Streifen- bzw. Einzelfundamente für die Stützen und das Streifenfundament, das bereits die Umrisse des Hauses erkennen lässt, ersichtlich.

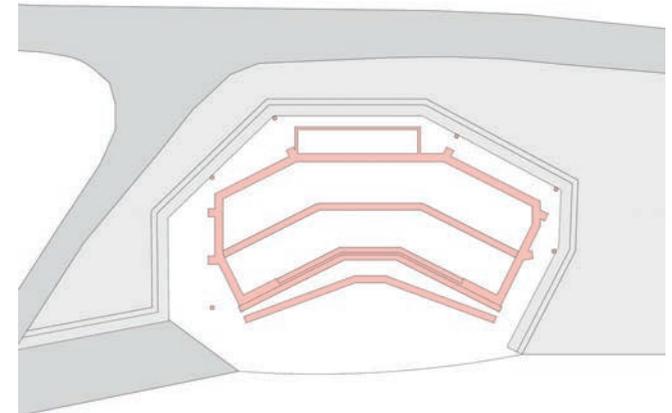


Abb. 71_Grundriss Schritt 3

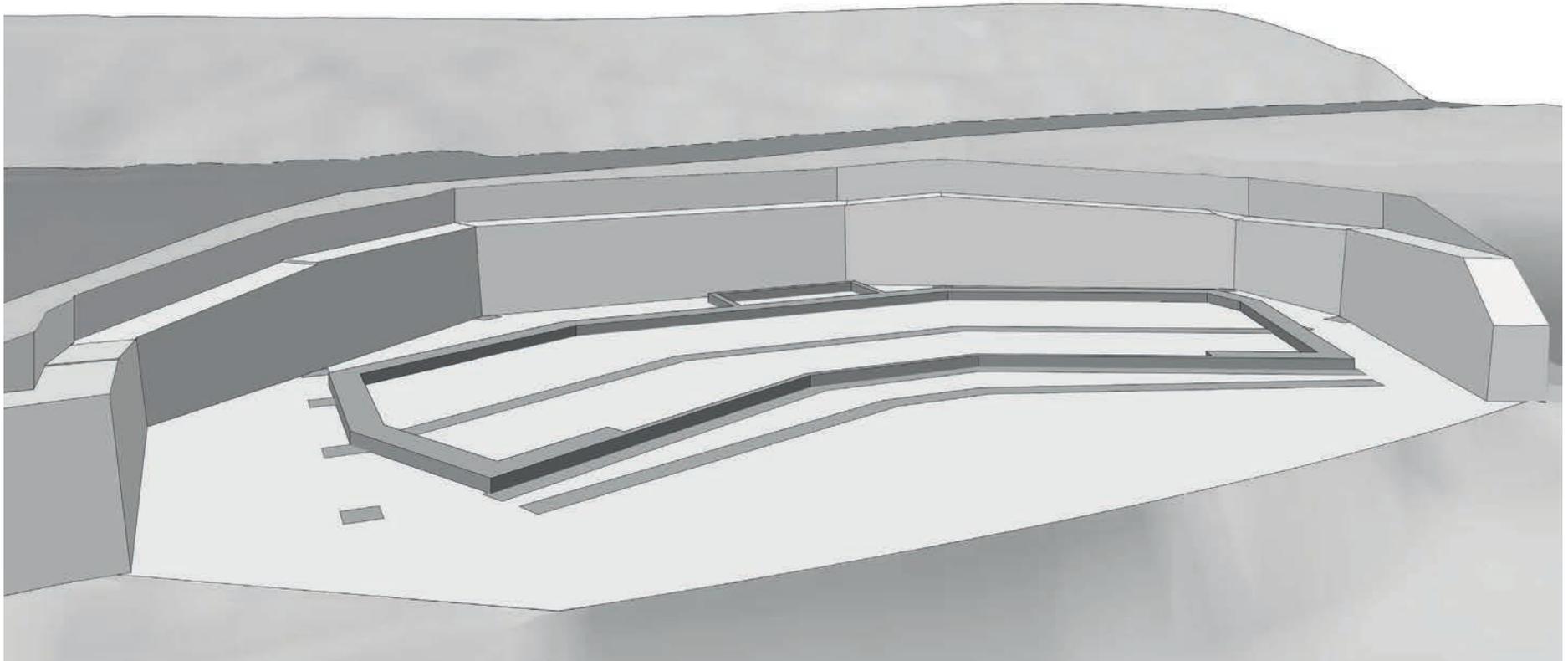


Abb. 72_ Schritt 3_Fundamente

Die Abbildungen 73 und 74 zeigen die Positionen der einzelnen Stützen. Der Großteil befindet sich im Außenbereich.

Da es sich um Vollholzstützen aus Fichte und Tanne handelt, müssen sie vor Feuchtigkeit geschützt werden. Das ausreichende Vordach hält den Regen ab. Um sie vor der Bodenfeuchtigkeit zu schützen, werden sie auf verzinkte Stahlsäulenfüße montiert. Im Innenbereich sind diese Säulenfüße zirka 40cm und im Außenbereich zirka 100cm hoch.

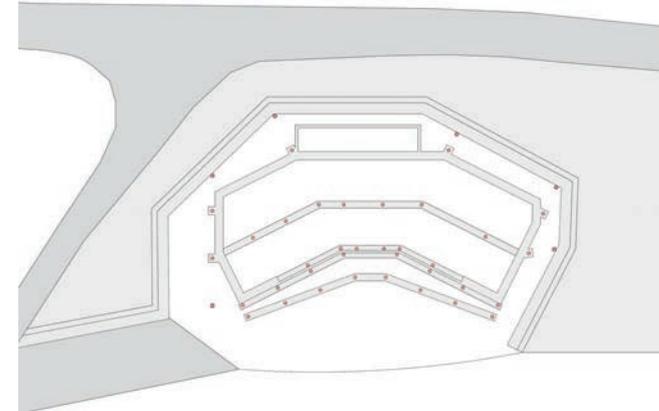


Abb. 73_Grundriss Schritt 4



Abb. 74_Schritt 4_Stützen

In den Abbildungen 75 und 76 ist die Holzständerkonstruktion zu sehen, die die Außenwand des Gebäudes ausmacht. Zur Aussteifung werden zwischen den zwei hintereinanderliegenden Konstruktionsebenen diagonale Holzbretter angebracht (siehe Wandaufbau Seite 60).

Als Bauholz wird Fichten- und Tannenholz aus dem Wald der Bauherren verwendet.

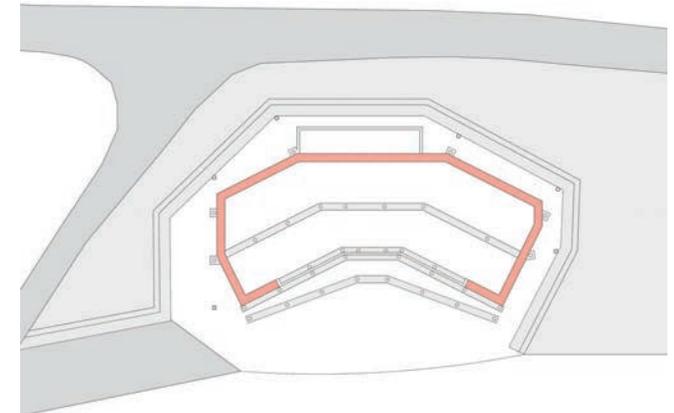


Abb. 75_Grundriss Schritt 5

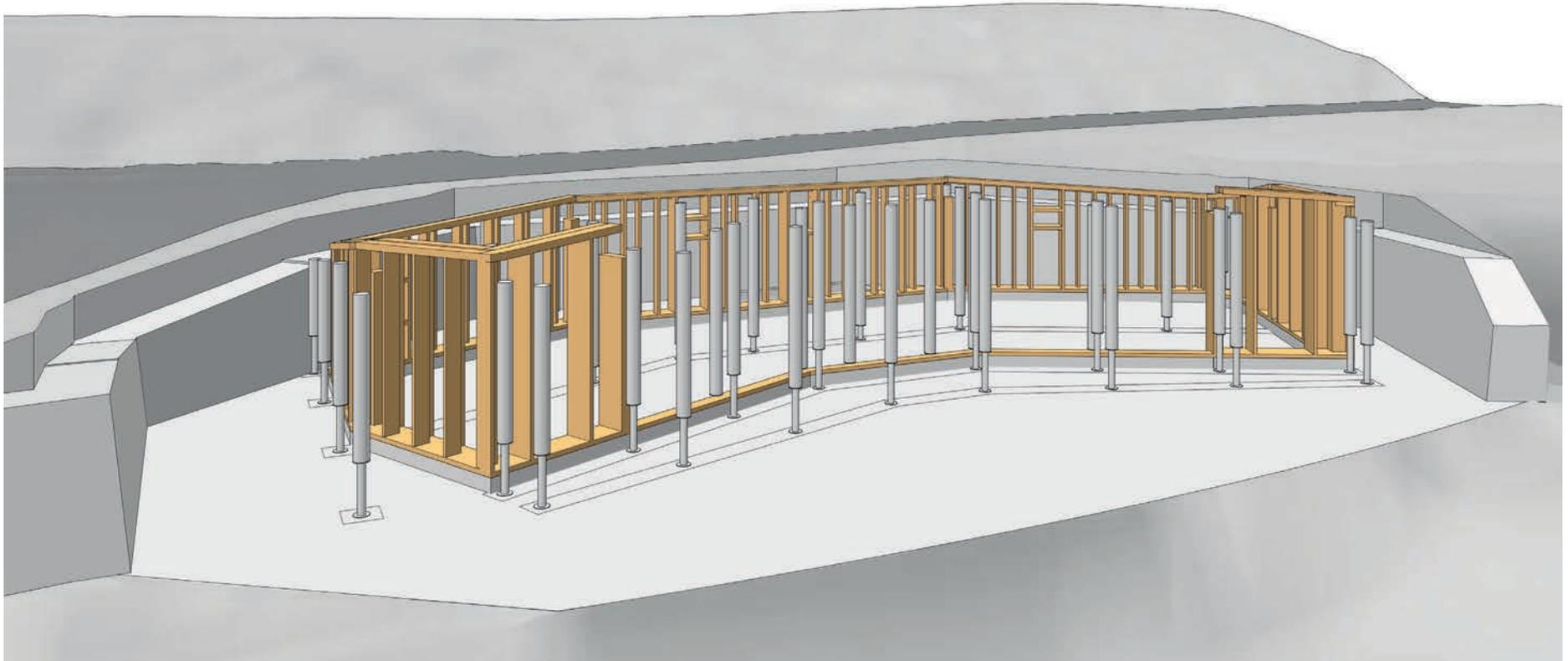


Abb. 76_Schritt 5_Holzständerwand



Abb. 77_Schalung für Betonaufleger



Abb. 78_Befüllung der Schalung

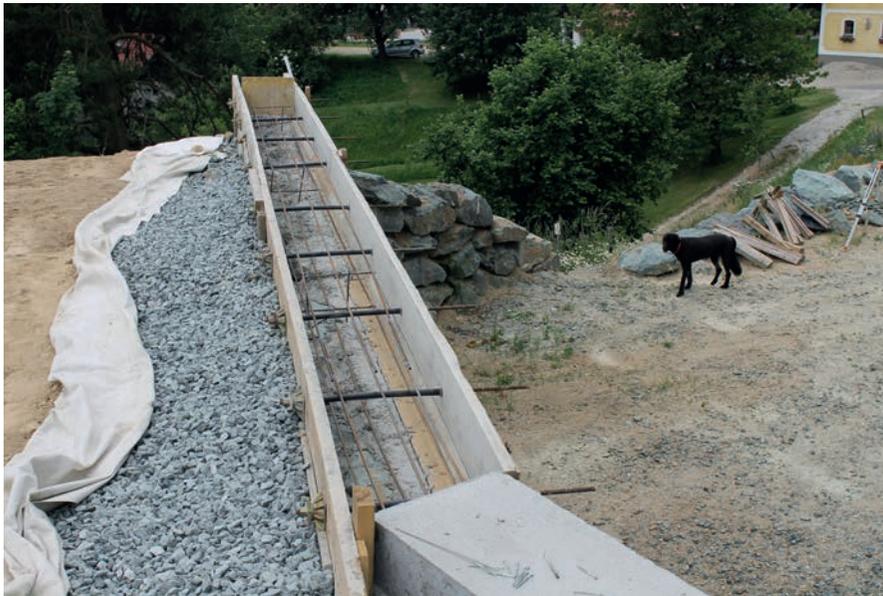


Abb. 79_Schalung mit Bewehrung



Abb. 80_letzter Abschnitt für Betonaufleger

Im nächsten Schritt werden die Auflager für die Deckenbalken auf die Trockensteinmauer aufgesetzt. Die Abbildungen 81 und 82 zeigen die Position der Auflager auf der Trockensteinmauer.

Direkt auf die Trockensteinmauer wird eine Schalung angebracht und mit bewehrtem Beton aufgefüllt. Darauf werden die Holzaufleger montiert.

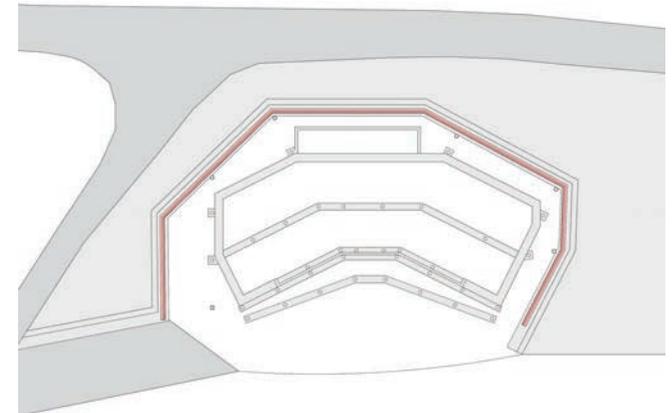


Abb. 81_Grundriss Schritt 6

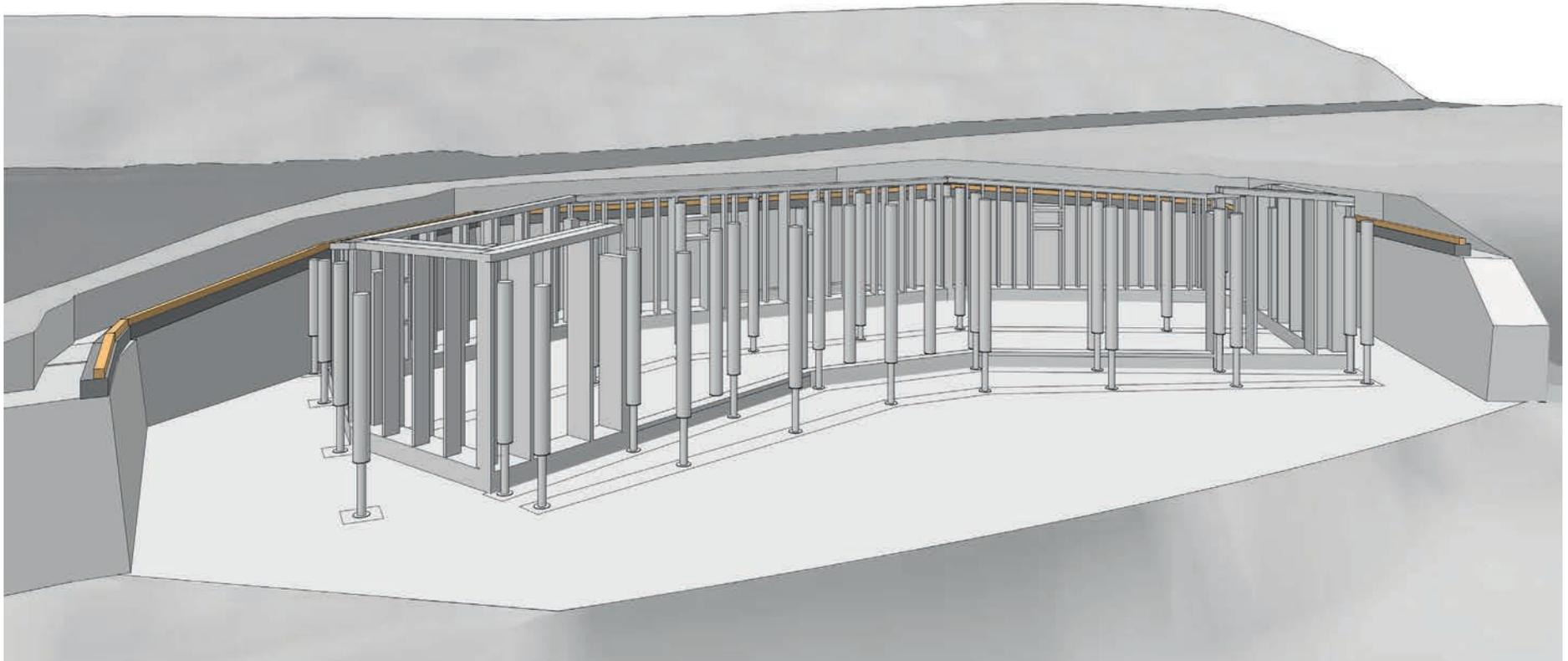


Abb. 82_Schritt 6_Auflager Steinwand für Deckenbalken

Auf den Abbildungen 83 und 84 sieht man die einzelnen Hauptträger, die auf den Stützen und der Holzständerwand aufliegen und die darüber liegende Holzdecke tragen.

Neben den von Westen nach Osten verlaufenden Hauptträgern gibt es auf Grund der Dachform auch von Norden nach Süden verlaufende Gratträger.

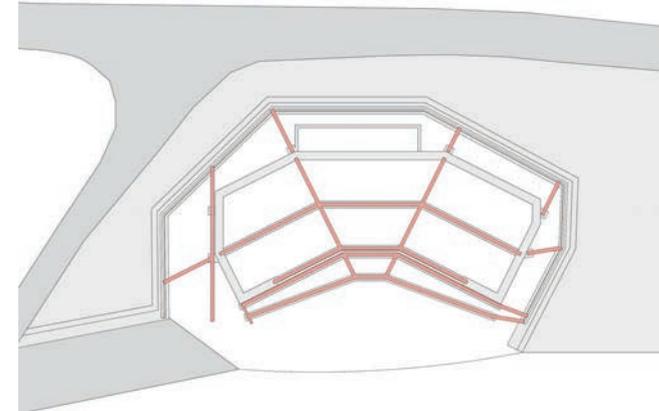


Abb. 83_Grundriss Schritt 7



Abb. 84_Schritt 7_Hauptträger

Die Abbildungen 85 und 86 zeigen die tragenden Deckenelemente, die das gesamte Gebäude, den Keller, das Carport und Teile des Außenbereiches überspannen. Es handelt sich dabei um eine 20cm hohe Dippelbaumdecke. Da die Balken „Mann an Mann“ liegen und miteinander verschraubt sind, entsteht annähernd eine Plattenwirkung.

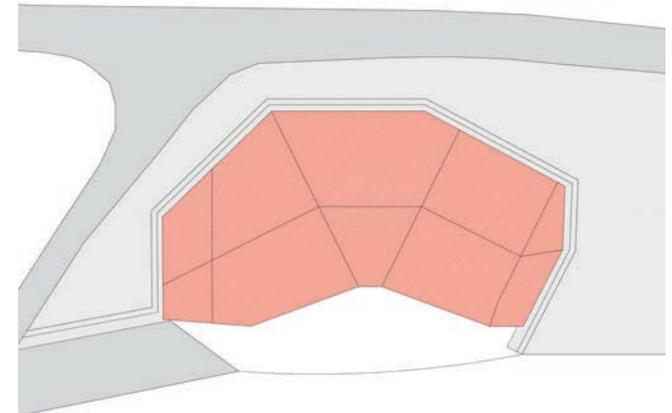


Abb. 85_Grundriss Schritt 8

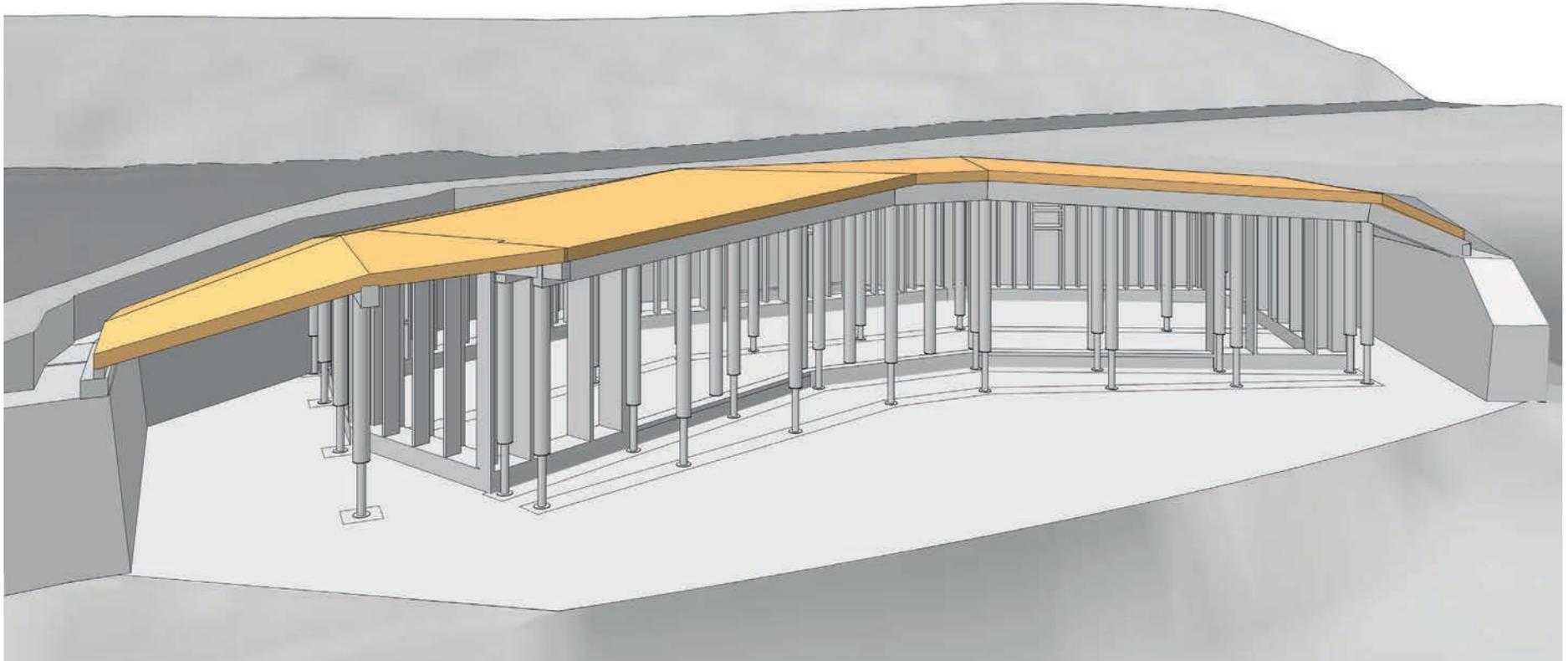


Abb. 86_Schritt 8_Dippelbaumdecke



Abb. 87_Bewehrung für Streifenfundament mit gleichmäßiger Belastung



Abb. 88_Bewehrung für Streifenfundament mit hoher Punktbelastung

4.9. FUNDAMENT

Bei dem Entwurf kommen zwei verschiedene Fundamentarten zum Einsatz. Hauptsächlich handelt es sich um Streifenfundamente, vereinzelt werden auch Punktfundamente angelegt.

Unter den 84cm dicken Außenwänden wird ein Streifenfundament mit bewehrtem Beton angelegt. Es werden 4 Bewehrungs-eisen, - zwei unten, zwei oben – verlegt. Im vorderen Bereich ist es 90cm tief und 74cm breit. Im hinteren Bereich des Hauses (Kellerseite) wird das Fundament nur 60cm tief, weil hier keine Frost- gefahr besteht.

Um die Lasten, die über die Stützen nach unten geleitet werden,

ins Erdreich abzugeben, werden größtenteils ebenfalls Streifen- fundamente betoniert. Da gerade bei den innen liegenden Stützen eine hohe punktuelle Belastung auf das Fundament wirkt, werden hier jeweils unten und oben vier Bewehrungseisen einbetoniert. Bei dem Fundament für die Stützen, die das Vordach tragen, ist die Belastung geringer und somit sind jeweils zwei Bewehrungs- eisen ausreichend.

Unter den restlichen außen stehenden Stützen werden Punktfundamente betoniert.

Details zu den Fundamenten werden im Kapitel 4.14. Details ge- zeigt.

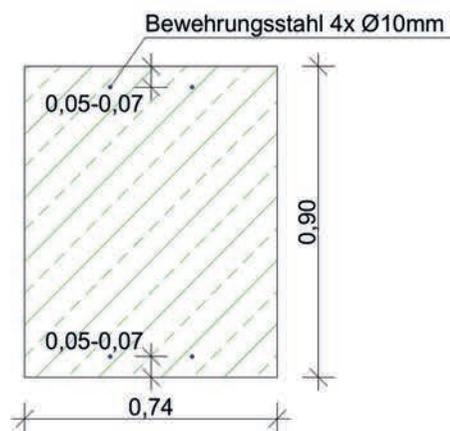


Abb. 89_Fundament vorne

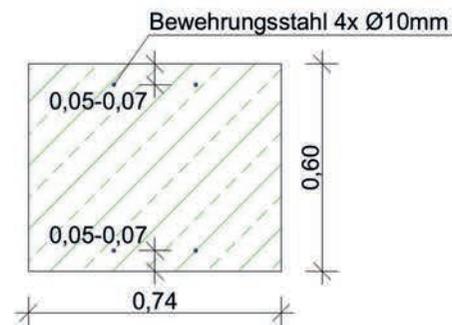


Abb. 90_Fundament hinten

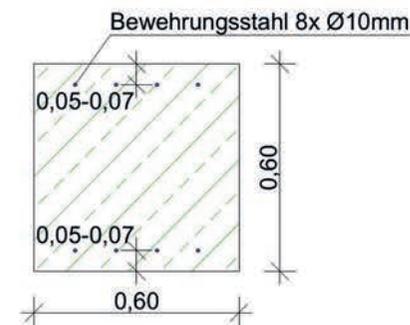


Abb. 91_Fundament Innenstützen

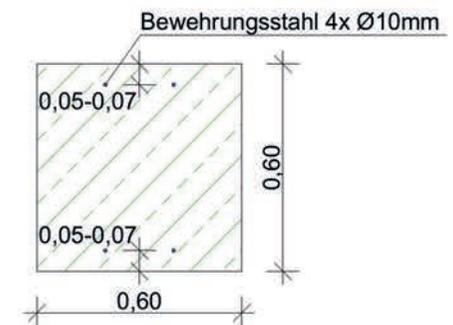


Abb. 92_Fundament Außenstützen

Konstruktionsaufbau und Berechnung Fußbodenaufbau 2					
	Baustoffschichten	d	λ	Anteil	
Nr.	von Innen nach Außen Bezeichnung	D i c k e [m]	Leitfähigkeit [W/mK]	[%]	
1	Holzboden, Vollholz	0,025	0,16		
2	Dämmkork (130kg/m ³)	0,005	0,045		
3	Riegel dazwischen		0,120	6,0	
	Blähglasgranulat	0,090	0,070	94,0	
4	Vlies	0,0004	0,220		
5	Geocell Schaumglasschotter	0,500	0,082		
6	Vlies	0,0004	0,220		
Dicke des Bauteils [m]		0,621			
Abb. 93_Fußbodenaufbau 2					
Zusammengesetzter Bauteil					
Riegel: Achsabstand [m]: 1,000		Breite[m]:0,060		$R_{si} + R_{se} = 0,170$	
Oberer Grenzwert: $R_{T0} = 7,7899$		Unterer Grenzwert: $R_{TU} = 7,7714$		$R_T = 7,7807$ [m ² K/W]	
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1 / R_T$				0,13 [W/m ² K]	

4.10. BODEN

Im Bereich des Bodens wird versucht so wenig Beton wie möglich zu verwenden. Das wird durch eine 50cm dicke GEOCELL Schaumglasschotterschicht erzielt. Dafür wird das Erdreich geebnet und ein Geotextil darauf gelegt. Anschließend wird zweimalig Schaumglasschotter mit einer Höhe von jeweils zirka 33cm lose aufgebracht und verdichtet. Schaumglas wird 1,3:1 verdichtet. Diese Schicht wird mit einem Geotextil abgedeckt. Im nächsten Schritt wird der Zementestrich mit darin liegenden Fußbodenheizungsschläuchen aufgebracht. Als fertiger Bodenbelag werden

zum größten Teil alte Dachbodenziegel verwendet. Diese sorgen für ein gemütliches Wohnklima, außerdem sind sie robust und eine gute Speichermasse. Die Oberfläche wird mit Öl eingelassen, dadurch wird der Ziegelboden noch pflegeleichter. Neben den Dachbodenziegeln wird im Wohnbereich sowie im Schlafbereich ein gebürsteter und geölter Lärchendielenboden verlegt. Dieser vermittelt das Gefühl von Wärme und Geborgenheit. Im Badezimmer kommen Travertinfliesen in warmen Rot- Orangetönen zum Einsatz.

Konstruktionsaufbau und Berechnung Fußbodenaufbau 1					
	Baustoffschichten	d	λ	$R = d/\lambda$	
Nr.	von Innen nach Außen Bezeichnung	Dicke [m]	Leitfähigkeit [W/mK]	Durchlaßwiderstand [m ² K/W]	
1	Dachbodenziegel + Normalmauermörtel (1600kg/m ³)	0,040	0,690	0,058	
2	Zementestrich (1800kg/m ³) -> F	0,080	1,100	0,073	
3	Vlies	0,0004	0,220	0,002	
4	Geocell Schaumglasschotter	0,500	0,082	6,098	
5	Vlies	0,0004	0,220	0,002	
Dicke des Bauteils [m]		0,621			
Abb. 94_Fußbodenaufbau 1					
Summe der Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$			0,170	[m ² K/W]	
Wärmedurchgangswiderstand $R_T = R_{si} + \Sigma R_t + R_{se}$			6,403	[m ² K/W]	
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1 / R_T$			0,16	[W/m ² K]	

4.11. AUSSENWÄNDE

Für die Außenwände gibt es bei dem Entwurf zwei verschiedene Varianten: die Außenwände die den Wohnbereich vom Keller trennen und jene Außenwände, die dem Wetter ausgesetzt sind. Beide Varianten sollen dem Passivhaus Standard entsprechen und somit einen U-Wert kleiner $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ – empfohlen U-Wert kleiner $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ - aufweisen.

Da das Gebäude, soweit es möglich ist, im Selbstbau errichtet werden soll, wurde beschlossen, die Wände mit Kleinballen zu dämmen. Die Kleinballen haben eine Höhe von 36cm und eine Breite von 49cm, die Länge ist flexibel wählbar. Um die optimale Dämmwirkung der Strohballen zu nutzen, werden die Strohballen so verbaut, dass der Wärmestrom senkrecht zur Halmrichtung

läuft. Somit ergibt sich bei einem Strohballen eine Dämmdicke von 36cm. Den empfohlenen U-Wert erreicht man jedoch erst ab einer Dämmstärke von zirka 50cm bei senkrechter Halmorientierung. Eine Möglichkeit diesen U-Wert zu erreichen wäre, eine zusätzliche Dämmung entsprechend einer 10cm dicken Holzweichfaserplatte anzubringen.

Da in unserem Fall Platz eher eine Nebenrolle spielt, wurde beschlossen eine zweite Lage Strohballen aufzustellen. Da die Strohballen zwischen eine Holzständer Konstruktion gepresst werden, ergibt sich durch die zweite Lage ein weiterer Vorteil. Die Wärmebrücken, die bei einer einschichtigen Anordnung entstehen würden, werden durch die zweite Strohballenlage abgedeckt. Die ver-

Konstruktionsaufbau und Berechnung						
	Baustoffschichten	d	λ	Anteil		
Nr.	von Innen nach Außen Bezeichnung	Dicke [m]	Leitfähigkeit [W/mK]	[%]		
1	mehrschichtiger Lehmputz	0,050	0,810	0,058		
2	Riegel dazwischen		0,120	9,2		
	Strohballendämmung ($109\text{kg}/\text{m}^3$)	0,360	0,051	90,8		
3	Diagonalschalung	0,020	0,120			
4	Riegel dazwischen		0,120	9,2		
	Strohballendämmung ($109\text{kg}/\text{m}^3$)	0,360	0,051	90,8		
5	mehrschichtiger Lehmputz	0,050	0,810			
	Dicke des Bauteil [m]	0,840				
Zusammengesetzter Bauteil						Abb. 95 Wandaufbau 1
Riegel: Achsabstand [m]: 0,980 Breite[m]:0,090 $R_{si} + R_{se} = 0,170$						
Oberer Grenzwert: $R_{T0} = 13,069$ Unterer Grenzwert: $R_{TU} = 13,017$				$R_T = 13,043 \text{ [m}^2\text{K/W]}$		
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1 / R_T$				$0,08 \text{ [W}/\text{m}^2\text{K]}$		

statische Aussteifung des Gebäudes übernehmen diagonale Bretter zwischen den zwei Holzständerkonstruktionen.

Um das Stroh vor Feuchtigkeit zu schützen, wird beidseitig eine jeweils 5cm dicke Lehmschicht in mehreren Lagen aufgebracht. Diese schützt nicht nur das Stroh, sondern sorgt durch seine feuchtigkeitsregulierende Eigenschaft auch für ein angenehmes

Raumklima. Lehm kann zwar überschüssige Feuchtigkeit aufnehmen und wenn notwendig wieder abgeben, sollte jedoch keiner direkter Nässe ausgesetzt sein. Somit muss der Lehmputz bei den, dem Wetter ausgesetzten, Wänden vor direktem Regen oder Spritzwasser geschützt werden. Dies gelingt mit einer hinterlüfteten Lärchenschalung.

Konstruktionsaufbau und Berechnung					
	Baustoffschichten	d	λ	Anteil	
Nr.	von Innen nach Außen Bezeichnung	Dicke [m]	Leitfähigkeit [W/mK]	[%]	
1	Travertinfliesen	0,015	1,300		
2	Fliesenkleber	0,010	1,000		
3	Fermacell Powerpanel H2O	0,013	0,170		
4	OSB Platte	0,013	0,120		
5	Riegel dazwischen		0,120	9,2	
	Strohballendämmung (109kg/m ³)	0,360	0,051	90,8	
6	Diagonalschalung	0,020	0,120		
7	Riegel dazwischen		0,120	9,2	
	Strohballendämmung (109kg/m ³)	0,360	0,051	90,2	
8	mehrschichtiger Lehmputz	0,050	0,810		
9	Luftschicht mit Lattung	0,030		90,8	
10	Lärchenschalung	0,030			
Wärmetechnisch relevante Dicke des Bauteil [m]		0,840			Abb. 96 Wandaufbau 2
Zusammengesetzter Bauteil					
Riegel: Achsabstand [m]: 0,980		Breite[m]:0,090		$R_{si} + R_{se} = 0,260$	
Oberer Grenzwert: $R_{T0} = 13,320$		Unterer Grenzwert: $R_{TU} = 13,245$		$R_T = 13,282 \text{ [m}^2\text{K/W]}$	
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1 / R_T$				0,08 [W/m ² K]	

4.12. INNENWÄNDE

Bei den Innenwänden gibt es ebenfalls zwei verschiedene Varianten: die Holzständerwand und die Stampflehmwand. Bei den Holzständerwänden werden 14/7 Pfosten auf einem Auflagerholz montiert. Die Zwischenräume werden mit trockenem Lehm befüllt. Alternativ dazu können die Zwischenräume auch mit Stroh ausgestopft werden. An den Pfosten werden beidseitig Rauschalungsbretter montiert. Dabei ist darauf zu achten, dass zwischen den Brettern ein Spalt bleibt, damit das Holz arbeiten kann. Auf diese werden Schilfrohrmatten fixiert, anschließend werden zirka 2,5cm Lehmgrobputz aufgetragen und ein Armierungsgewebe eingearbeitet. Nach einer Austrocknungszeit von ungefähr 3 Wochen werden sie mit einer 0,5cm dicken Lehmfeinputz Schicht verputzt.

Für die Stampflehmwände wird eine mitwachsende Schalung gebaut. In diese werden 10cm bis maximal 15cm hohe Schichten feuchter Lehm eingebracht und verdichtet. Die Stampflehmwände sind durch ihre Oberflächenstruktur und -färbung sehr dekorativ und eignen sich durch ihre hohe Masse hervorragend als zusätzliche Speichermasse. Dadurch können hohe Temperaturschwankungen im Laufe des Tages ausgeglichen werden.

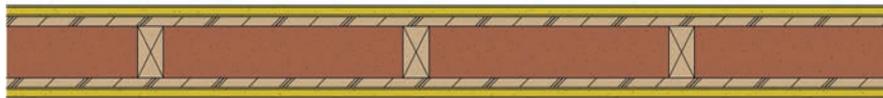


Abb. 98_Innenwand



Abb. 97_Stampflehmwand schematische Ansicht



Abb. 99_Stampflehmwand

4.13. DACH¹⁴

Ein Dach mit Strohballen zu dämmen kann auf verschiedene Weisen ausgeführt werden. Die häufigste Variante ist, die Ballen zwischen den Sparren anzuordnen. Darunter wird eine Dampfsperre angebracht, die das Stroh vor Feuchtigkeit aus dem Innenraum schützt. Diese ist gleichzeitig auch ein Schutz gegen mögliche herabfallende Strohteilchen. Unter der Dampfsperre wird zusätzlich eine Schalung angebracht. Um den Aufbau feuerfest zu gestalten, muss entweder die Schalung dick genug sein oder eine zusätzliche Gipskartonplatte angebracht werden. Nach oben hin wird empfohlen, die Strohballenschicht zu belüften. Wird diese Variante gewählt, muss von Anfang an berücksichtigt werden, dass die Sparren den richtigen Abstand für die Ballen haben, weil es sehr aufwendig wäre, jeden einzelnen Strohballen in die richtige Form zu bringen. Ein zusätzlicher Nachteil ist, dass die Sparrenhöhe mindestens der Strohballenhöhe – bei Kleinballen also 36cm – entsprechen muss.

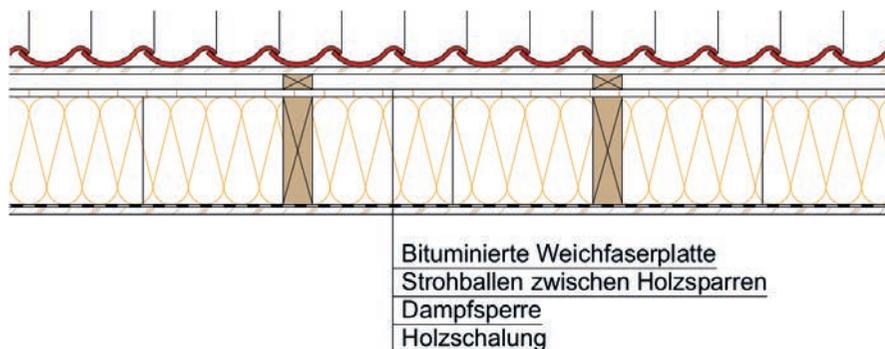


Abb. 100_Dachaufbau Tragkonstruktion in Dämmebene

Möchte man die Sparrenhöhe verringern, ist es auch möglich die Strohballenlage über den Sparren und der darauf liegenden Schalung anzuordnen. Der komplette Aufbau wird dadurch zwar höher, jedoch spielen die Abmessungen der Strohballen bei dieser Variante keine Rolle. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass die, über den Strohballen liegende, Dachhaut gegen Abheben durch Windsogkräfte mit einer Hilfskonstruktion am Unterbau befestigt werden muss. Am einfachsten ist es diese Variante mit einem Gründach zu kombinieren, weil der Gründachaufbau als Beschwerung für die Dachhaut ausreichend ist. Dafür wird direkt auf der Strohballenlage die wurzelfeste Dachhaut verlegt, und darüber werden die einzelnen Schichten des Gründaches aufgebracht. Dieser Aufbau ist allerdings problematisch, weil die Dachhaut eine Dampfbremse ist und es an ihrer Unterseite zur Bildung von Kondenswasser kommen kann.

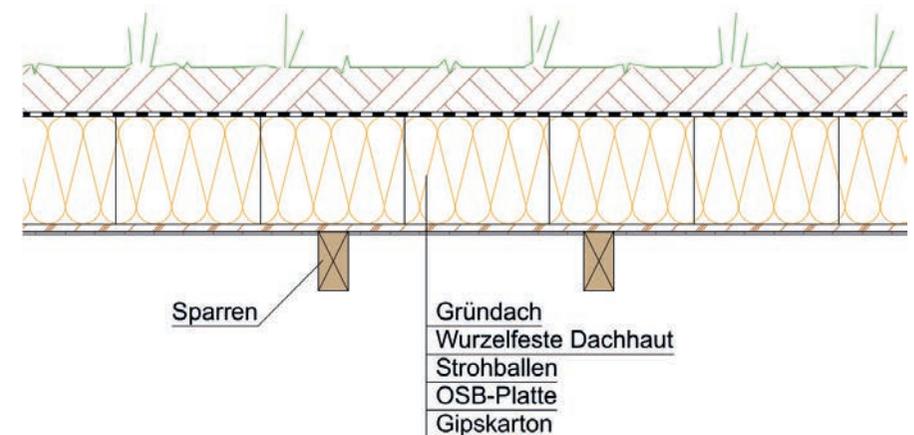


Abb. 101_Dachaufbau Tragkonstruktion unter Dämmebene

Konstruktionsaufbau und Berechnung Dachaufbau					
	Baustoffschichten	d	λ	$R = d/\lambda$	
Nr.	von Innen nach Außen Bezeichnung	Dicke [m]	Leitfähigkeit [W/mK]	Durchlaßwiderstand [m ² K/W]	
1	Pflanzensubstrat	0,300			
2	Wurzelvlies	0,0004			
3	EPDM Baufolie	0,0015			
4	Vlies	0,0004			
5	Holzdecke	0,200			
6	Luftschicht	0,200			
7	DWD Platte	0,016	0,090	0,178	
8	Strohballendämmung (109 kg/m ³)	0,720	0,051	14,11	
9	Dampfbremse	0,0004	0,220	0,002	
10	Holzschalung	0,040	0,120	0,333	
Wärmetechnisch relevante Dicke des Bauteils [m]		0,776			
Abb. 102_Dachaufbau					
Summe der Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$			0,140	[m ² K/W]	
Wärmedurchgangswiderstand $R_T = R_{si} + \Sigma R_t + R_{se}$			14,76	[m ² K/W]	
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1 / R_T$			0,07	[W/m ² K]	

Bei meinem Entwurf werden die Strohballen nicht zwischen den Sparren untergebracht. Der Grund dafür ist – wie bereits im Kapitel 4.8. Statik erwähnt –, dass für das enorme Gewicht, das ein intensiv begrüntes Dach mit sich bringt, eine einfache Sparrenkonstruktion nicht ausreicht. Die Sparren müssen „Mann an Mann“ liegen, um das Gewicht an die Hauptträger weiter geben zu können. Daher wurde anfangs die vorhin beschriebene zweite Variante gewählt.

Als im Zuge der weiteren Planungsphase klar wurde, dass das Gründach aus landschaftlichen Gründen stellenweise bis zu 50cm hoch wird, kam eine weitere Frage auf. Können Strohballen ein derartiges Gewicht von 9KN/m^2 aufnehmen? Aufnehmen können sie es, jedoch treten Verformungen auf. Da Stroh nun mal ein natürliches Material ist, kann es dazu kommen, dass die Verformungen der Strohballen unterschiedlich sind. Verformt sich nun ein Ballen mehr als ein anderer, kann es sein, dass sich Lacken auf der wurzelfesten Dachhaut bilden, und das sollte vermieden werden. Da das Gebäude ja Großteils im Selbstbau entstehen sollte, ergab sich ein weiteres Problem. Die Dachfläche erstreckt sich über eine gewaltige Fläche von zirka 500m^2 . Diese Fläche unter einmal zu decken ist im Selbstbau schwer zu koordinieren. Da die Ballen,

sobald sie sich einmal auf dem Dach befinden, dem Wetter ausgesetzt sind, müssten sie auch sofort vor Nässe geschützt werden. Um das Gewichtsproblem zu umgehen, wurde der Dachaufbau schlussendlich so gewählt, dass die „Mann an Mann“ liegenden Sparren auf die untere Tragkonstruktion gelegt werden und direkt auf ihnen die Wurzelfeste Dachhaut (EPDM-Folie) verlegt wird. Somit liegt die Strohballendämmschicht unterhalb der Tragkonstruktion.

Damit das Wetter nicht zum Problem werden kann, wurde beschlossen, die einzelnen Felder schrittweise zu dämmen und das freiliegende Stroh direkt nach Einbringung mit DWD-Platten abzudecken. Diese können bis zur Montage des darüberliegenden Daches ausreichend Feuchtigkeitsschutz bieten.

Das nächste Problem verursachte die von innen aufsteigende Feuchtigkeit. Auch wenn unterhalb der Strohballendämmung eine Dampfsperre angebracht wird, ist es in der Realität nicht gewährleistet, dass nicht doch Feuchtigkeit nach oben gelangt und an der Unterseite der EPDM Folie kondensiert. Um dem entgegenzuwirken, wird die Strohballendämmung nicht direkt unter die Tragkonstruktion gesetzt, sondern eine Hinterlüftungsebene zwischen Strohballen und Holzträger eingeplant.

4.14. DETAILS_M 1:20

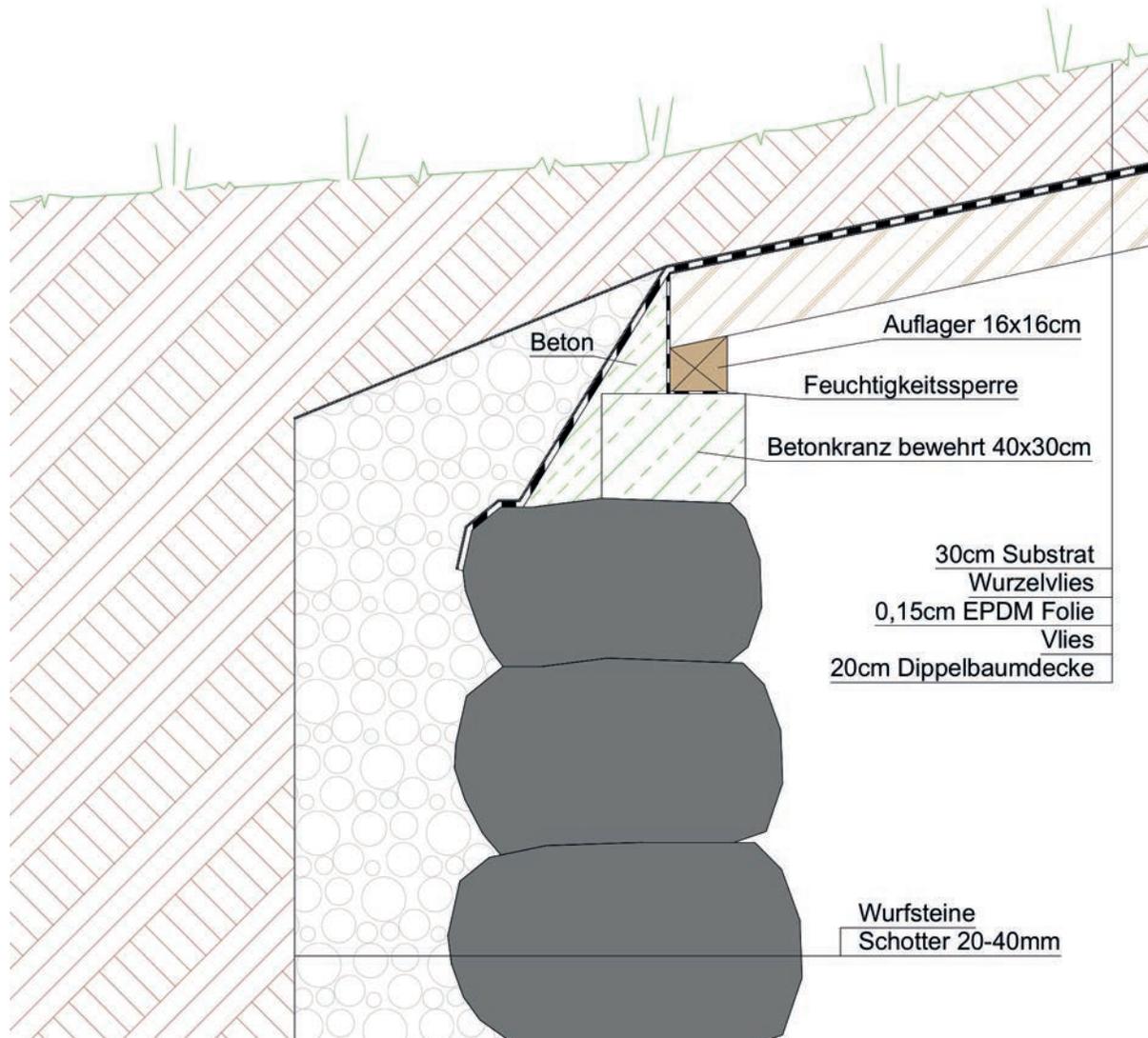


Abb. 103_Detail Kellerwand

4.14.1. KELLERWAND

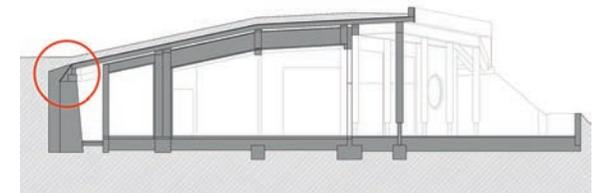


Abb. 104_Schematischer Schnitt Detail Kellerwand

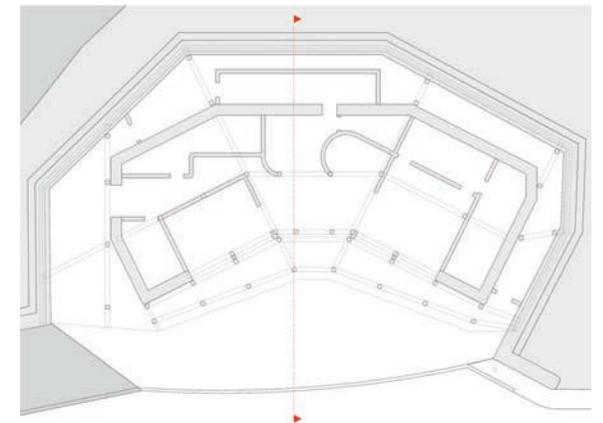


Abb. 105_Schematischer Grundriss Detail Kellerwand



4.14.2. WAND-/DACHANSCHLUSS HINTEN

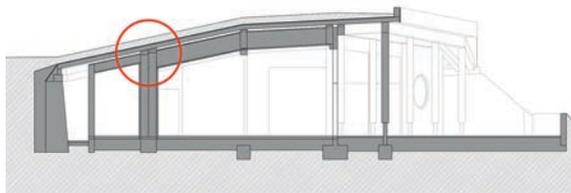


Abb. 107_Schematischer Schnitt Detail Wand-/Dachanschluss hinten

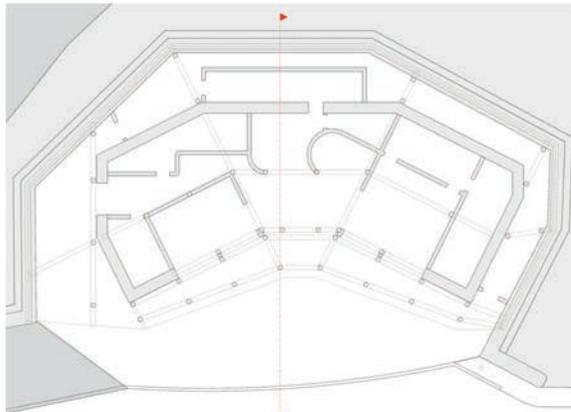


Abb. 108_Schematischer Grundriss Detail Wand-/Dachanschluss hinten

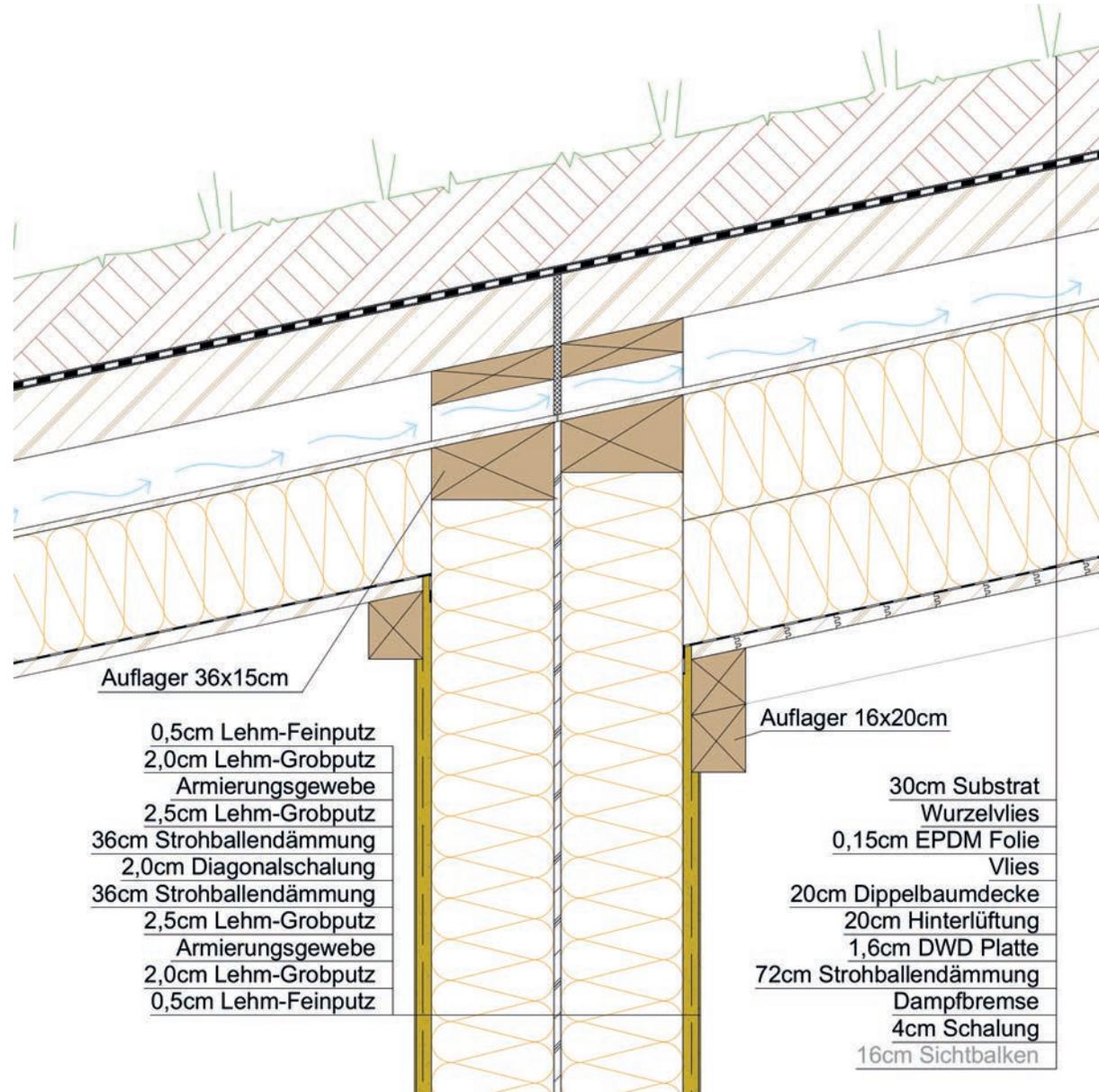


Abb. 106_Detail Wand-/Dachanschluss hinten

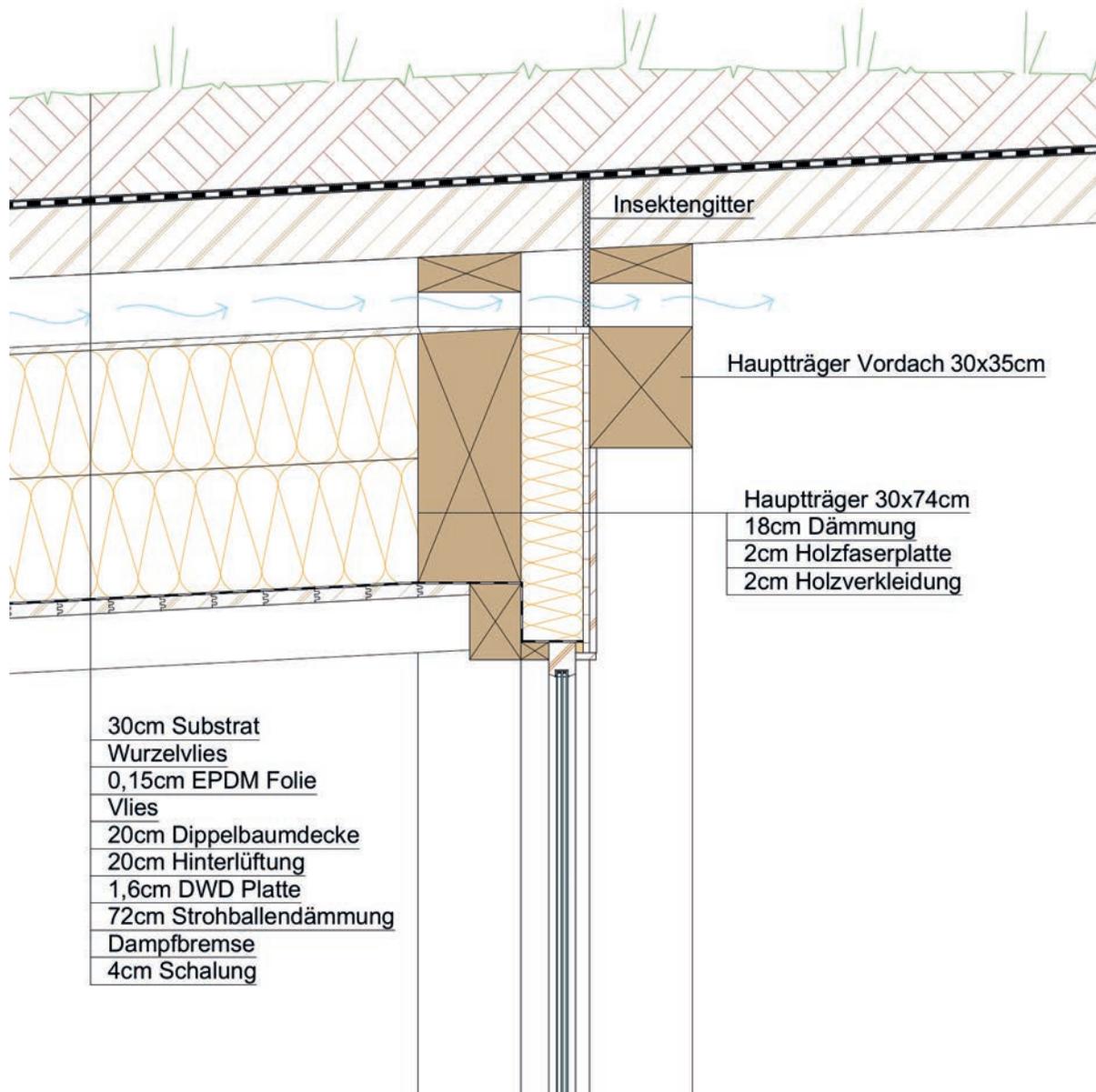


Abb. 109_Detail Wand-/Dachanschluss vorne

4.14.3. WAND-/DACHANSCHLUSS VORNE

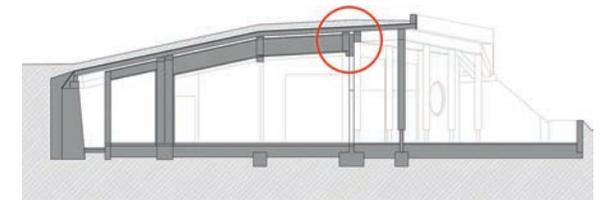


Abb. 110_Schematischer Schnitt Detail Wand-/Dachanschluss vorne

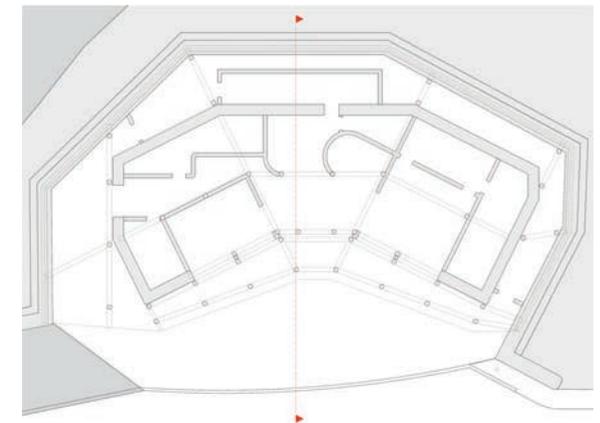


Abb. 111_Schematischer Grundriss Detail Wand-/Dachanschluss vorne



4.14.4. FUNDAMENT-/WANDANSCHLUSS HINTEN

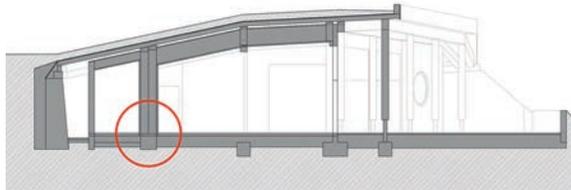


Abb. 113_Schematischer Schnitt Detail Fundament-/Wandanschluss hinten

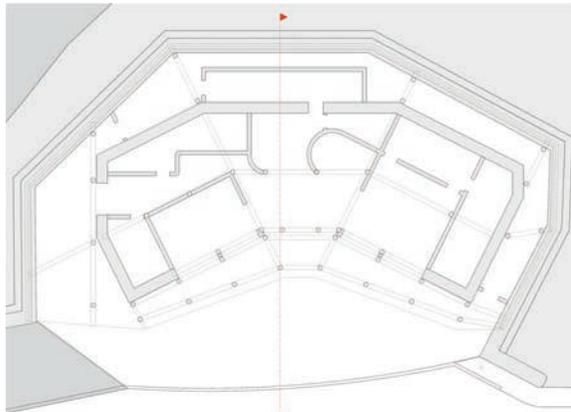


Abb. 114_Schematischer Grundriss Detail Fundament-/Wandanschluss hinten

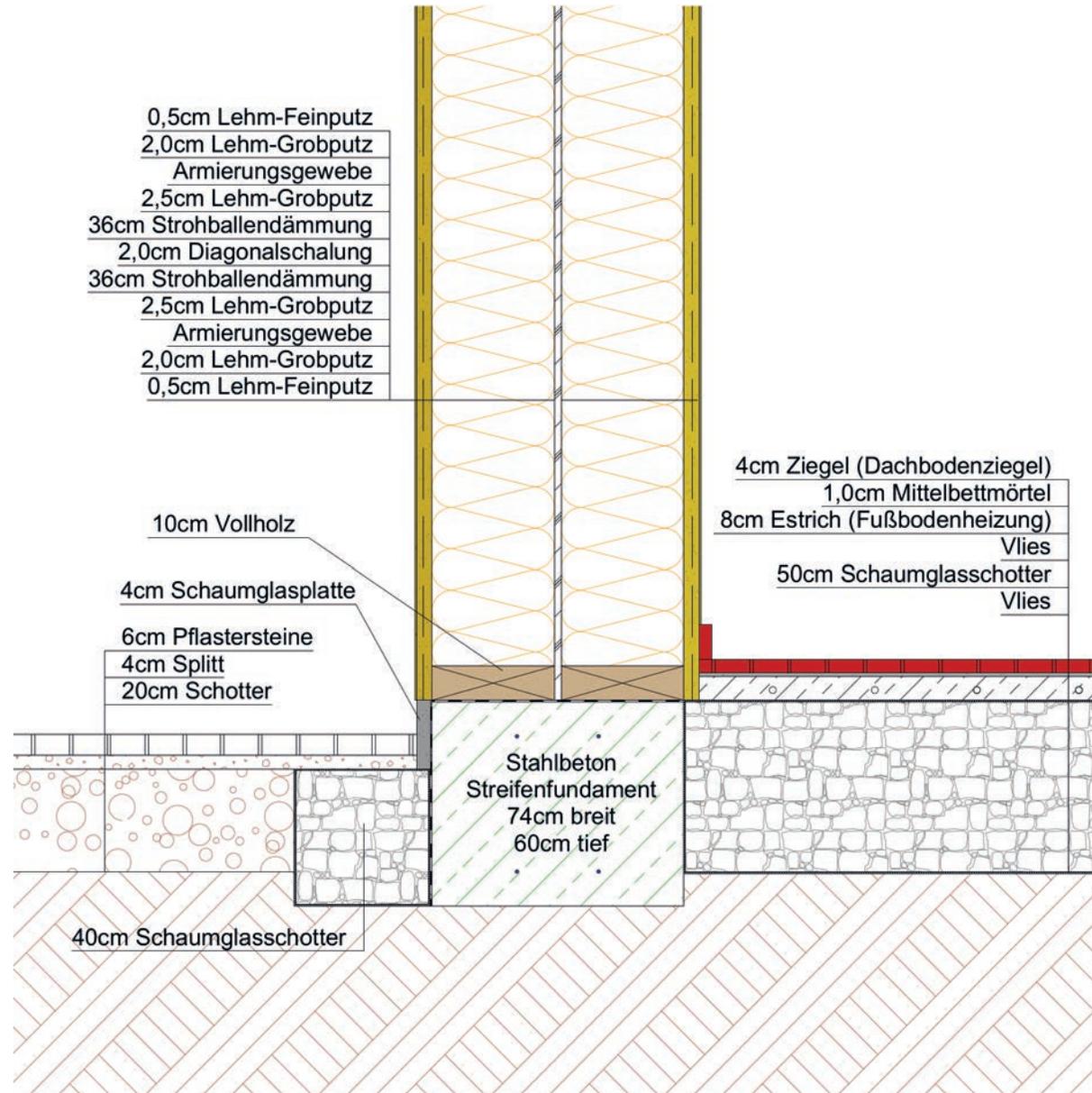


Abb. 112_Detail Fundament-/Wandanschluss hinten

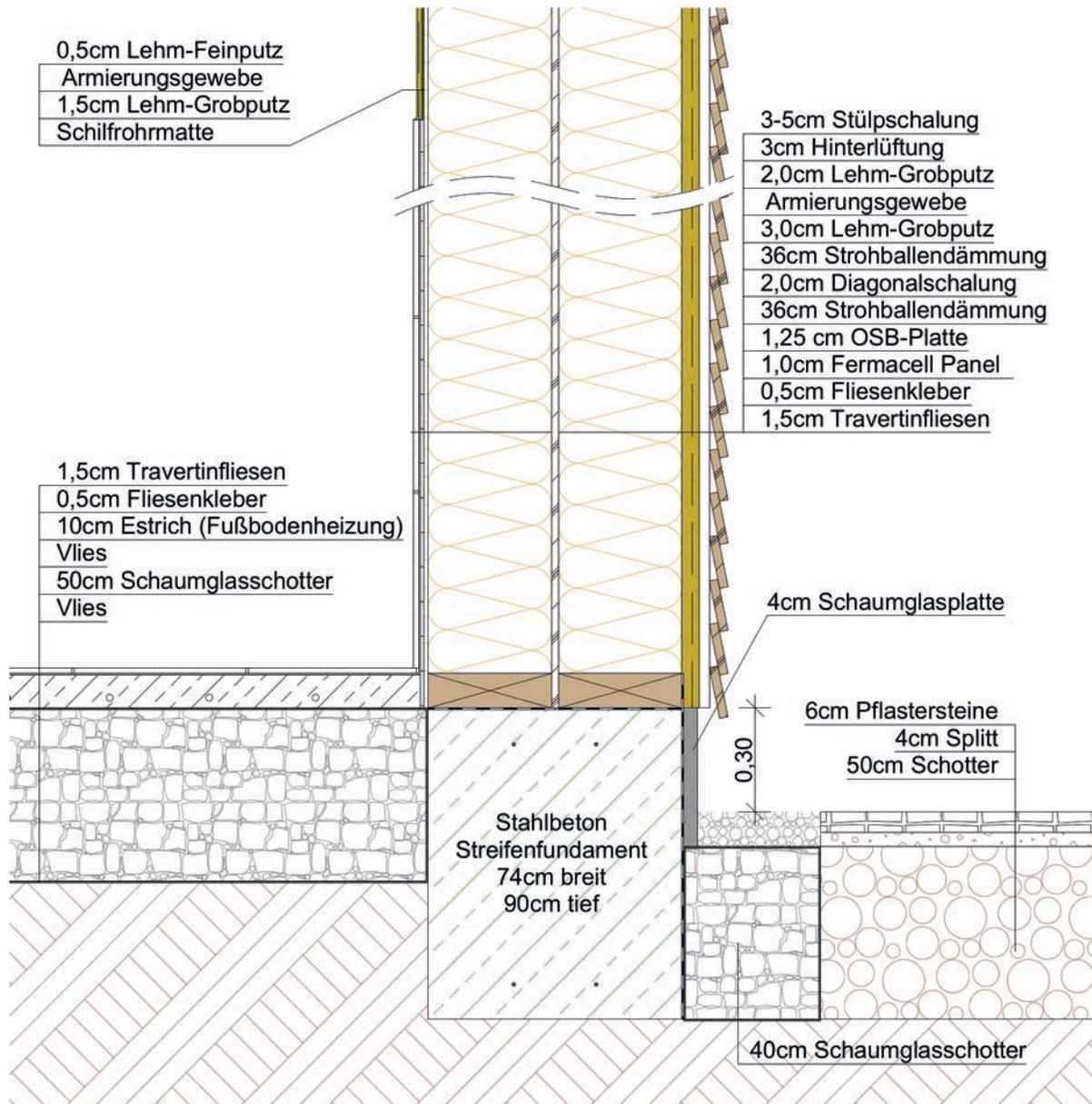


Abb. 115_Detail Fundament-/Wandanschluss vorne

4.14.5. FUNDAMENT-/WANDANSCHLUSS VORNE

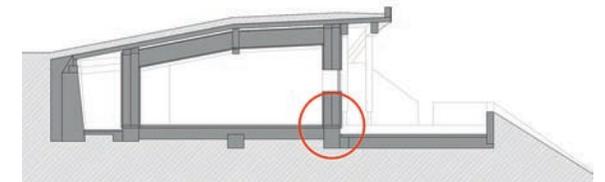


Abb. 116_Schematischer Schnitt Detail Fundament-/Wandanschluss vorne

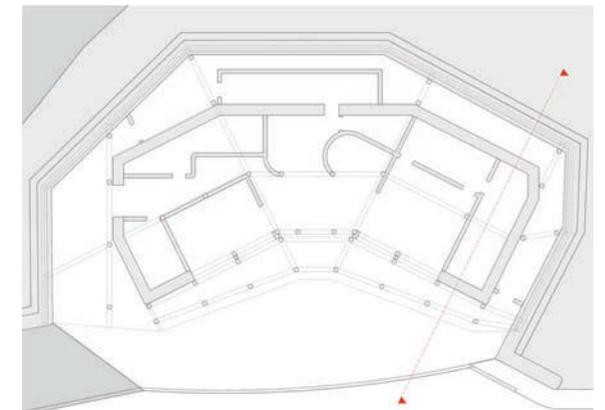


Abb. 117_Schematischer Grundriss Detail Fundament-/Wandanschluss vorne



4.14.6. INNENSTÜTZE

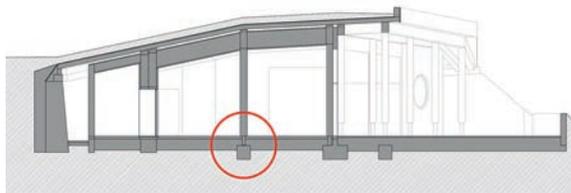


Abb. 119_Schematischer Schnitt Detail Innenstütze

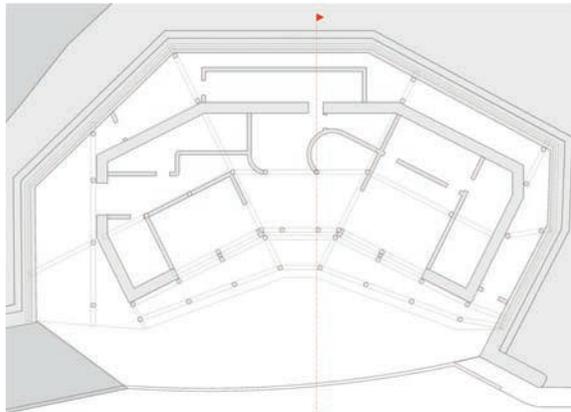


Abb. 120_Schematischer Grundriss Detail Innenstütze

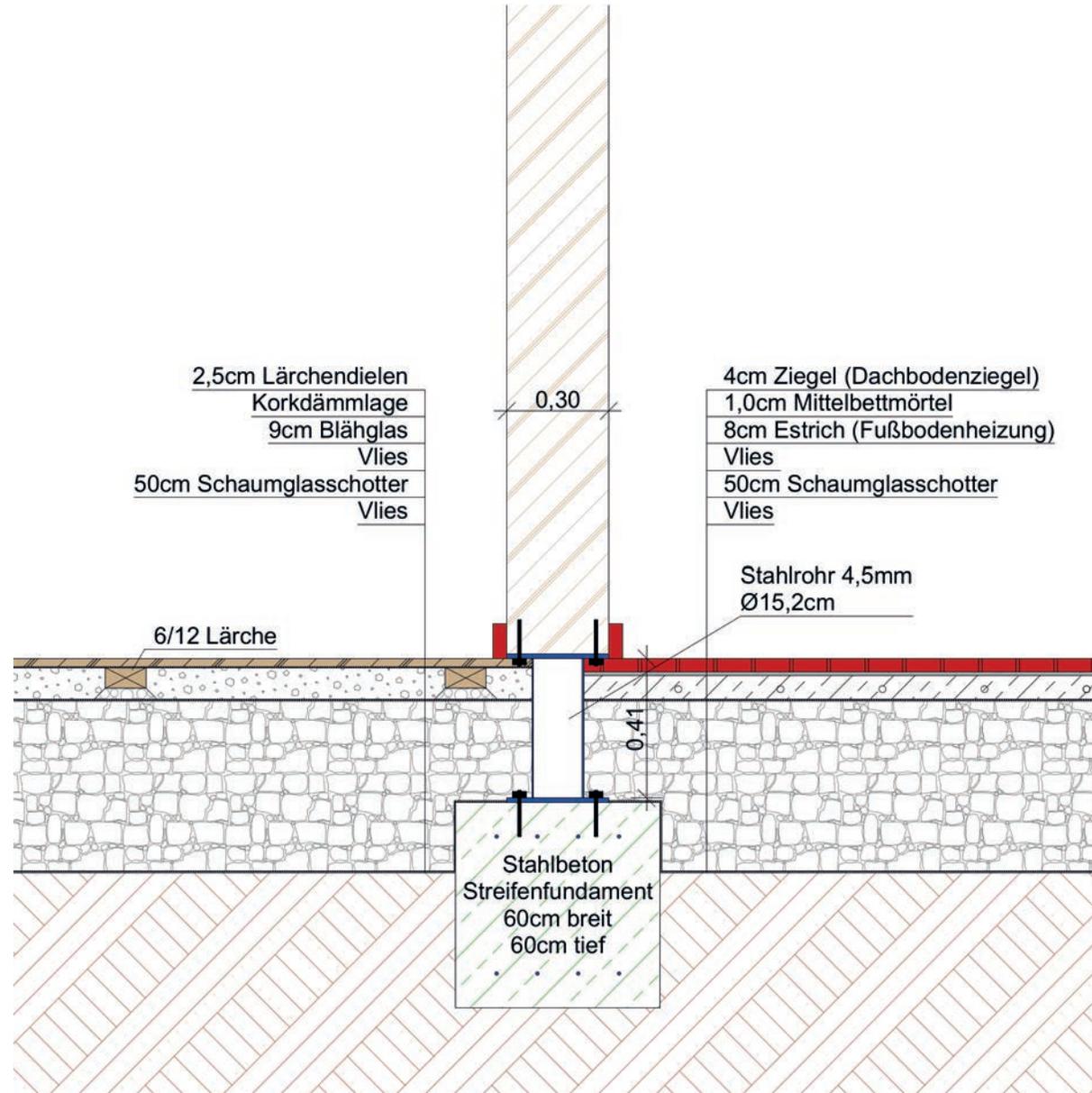


Abb. 118_Detail Innenstütze

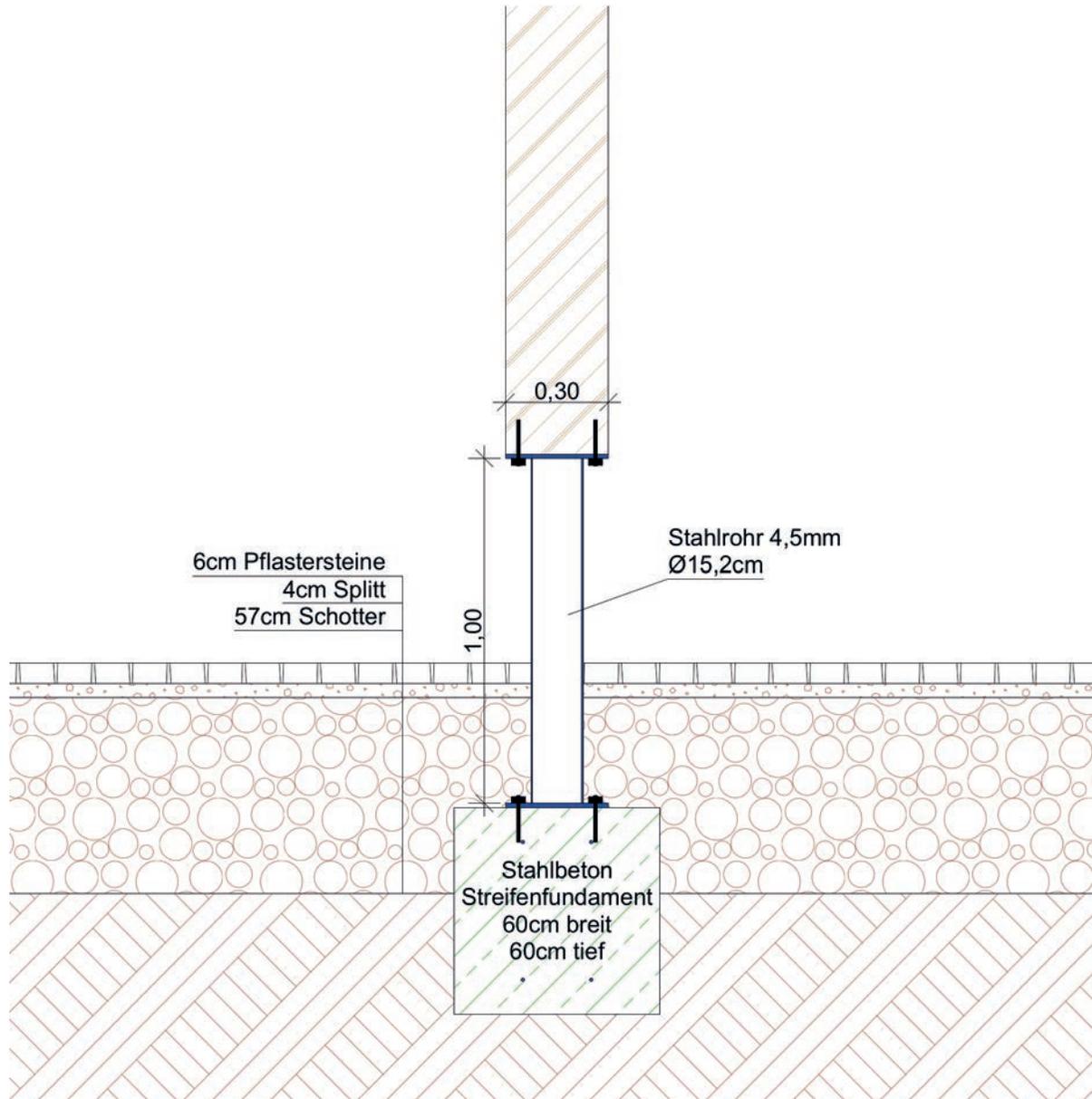


Abb. 121_Detail Außenstütze

4.14.7. AUSSENSTÜTZE

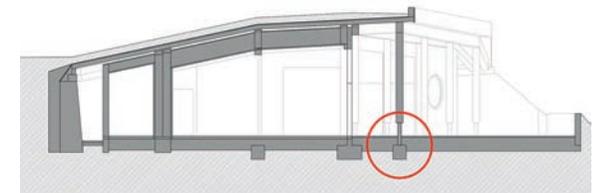


Abb. 122_Schematischer Schnitt Detail Außenstütze

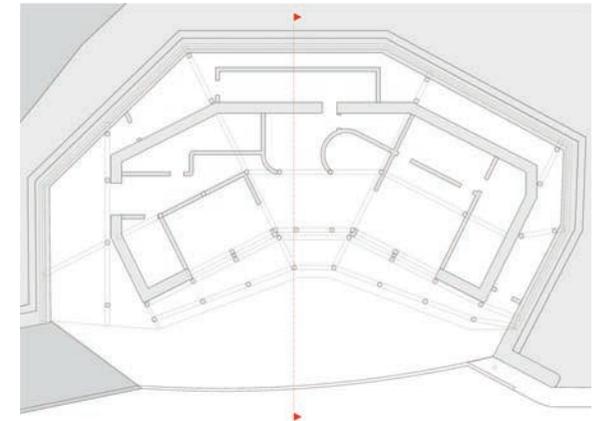


Abb. 123_Schematischer Grundriss Detail Außenstütze



4.15. MATERIALIEN



Abb. 124_Konstruktionsholz

Konstruktionsholz

Das gesamte Holz für die Konstruktion (Decke, Wände) stammt aus dem eigenen Wald. Es handelt sich um Fichten und Tannenholz.



Abb. 127_Schotter

Schotter

Der Schotter, mit einer Größe von 20-40mm, wird als Drainageschicht hinter der Natursteinmauer eingebracht.



Abb. 125_Stroh

Dämmmaterial

Als Dämmmaterial werden vor Ort selbst gepresste Strohballen verwendet.



Abb. 128_Wurfsteine

Wurfsteine

Die Wurfsteine (auch Ufersteine genannt) für die Natursteinmauer kommen aus einem Steinbruch in Rechnitz/Burgenland. Die einzelnen Steine wiegen zwischen 500kg und 1,5 Tonnen.



Abb. 126_Schaumglas

Schaumglas

Im Bodenbereich wird Schaumglas sowohl als Dämmmaterial als auch zur Lastabtragung verwendet. Dieses Material besteht zum größten Teil aus recyceltem Altglas.



Abb. 129_Lärchenschalung

Lärchenschalung

Die dem Wetter ausgesetzte Seite des Hauses wird mit Lärchenbrettern verkleidet. Lärche ist witterungsresistenter als andere Nadelhölzer und eignet sich daher gut für den Einsatz im Außenbereich.



Abb. 130_Granit Pflastersteine

Granit Pflastersteine

In der Einfahrt werden Granit Pflastersteine verlegt. Das Material stammt aus Österreich und ist sehr robust.



Abb. 133_Glas

Glas

Für die große Glasfläche im Süden wird sowohl für die Fenster als auch für die Schiebetüren 3-Scheiben-Isolierglas verwendet.



Abb. 131_Natursteinplatten

Naturstein Polygonalplatten

Für die Terrasse werden Natursteinplatten verwendet. Dadurch hebt sich die Terrasse vom Einfahrtsbereich optisch ab.



Abb. 134_Lehmputz

Lehmputz

Ein Großteil der Wände – sowohl Innen als auch Außen - wird mit Lehm verputzt. Lehmputz hat nicht nur eine positive Wirkung auf das Raumklima, auch seine Gestaltungsvielfalt ist enorm.



Abb. 132_verzinkter Stahl

verzinkter Stahl

Die Säulenfüße werden aus Stahlrohren gefertigt und anschließend verzinkt.



Abb. 135_Stampflehm

Stampflehm

Ein paar der nicht tragenden Innenwände werden als Stampflehmwände ausgeführt. Sie sind aufgrund ihres Gewichtes nicht nur zusätzliche Speichermasse sondern auch echte „Hingucker“.



Abb. 136_Dachbodenziegel

Dachbodenziegel

Für einen Großteil des Bodens werden alte Dachbodenziegel verwendet. Diese sind robust, wirken warm und gemütlich und bieten eine sehr große Speichermasse.



Abb. 137_Travertinfliesen

Travertinfliesen

Der Boden und Teile der Wände werden mit Travertinfliesen verkleidet. Diese eignen sich gut für Nassräume und ihr warmer Farbton passt gut zum Lehmputz. Travertin wird in Teilen Italiens und der Türkei abgebaut.



Abb. 138_Lärchendielen

Lärchenboden

Teile des Wohnbereiches und Teile der Schlafzimmer werden mit gebürsteten und geölten Lärchenboden ausgelegt. Dieser Bodenbelag ist robust, wirkt heimelig und harmoniert gut mit den alten Dachbodenziegeln.



Abb. 139_Fichtenschalung

Fichtenschalung

An der Decke wird die Fichtenschalung, die als Unterkonstruktion für die Strohballendämmung verwendet wird und als Brandschutzschalung ausgeführt wird, sichtbar bleiben.



Abb. 140_Fichtenholz

Fichtenholz

Die Türen werden aus gebürstetem, gehacktem und geöltem Fichtenholz gemacht.



Abb. 141_Granit

Granit

Der aus Österreich stammende Granit ist sehr robust und eignet sich hervorragend für die Küchenarbeitsplatte. Seine Farbgebung passt gut zu anderen verwendeten Materialien in der Küche.

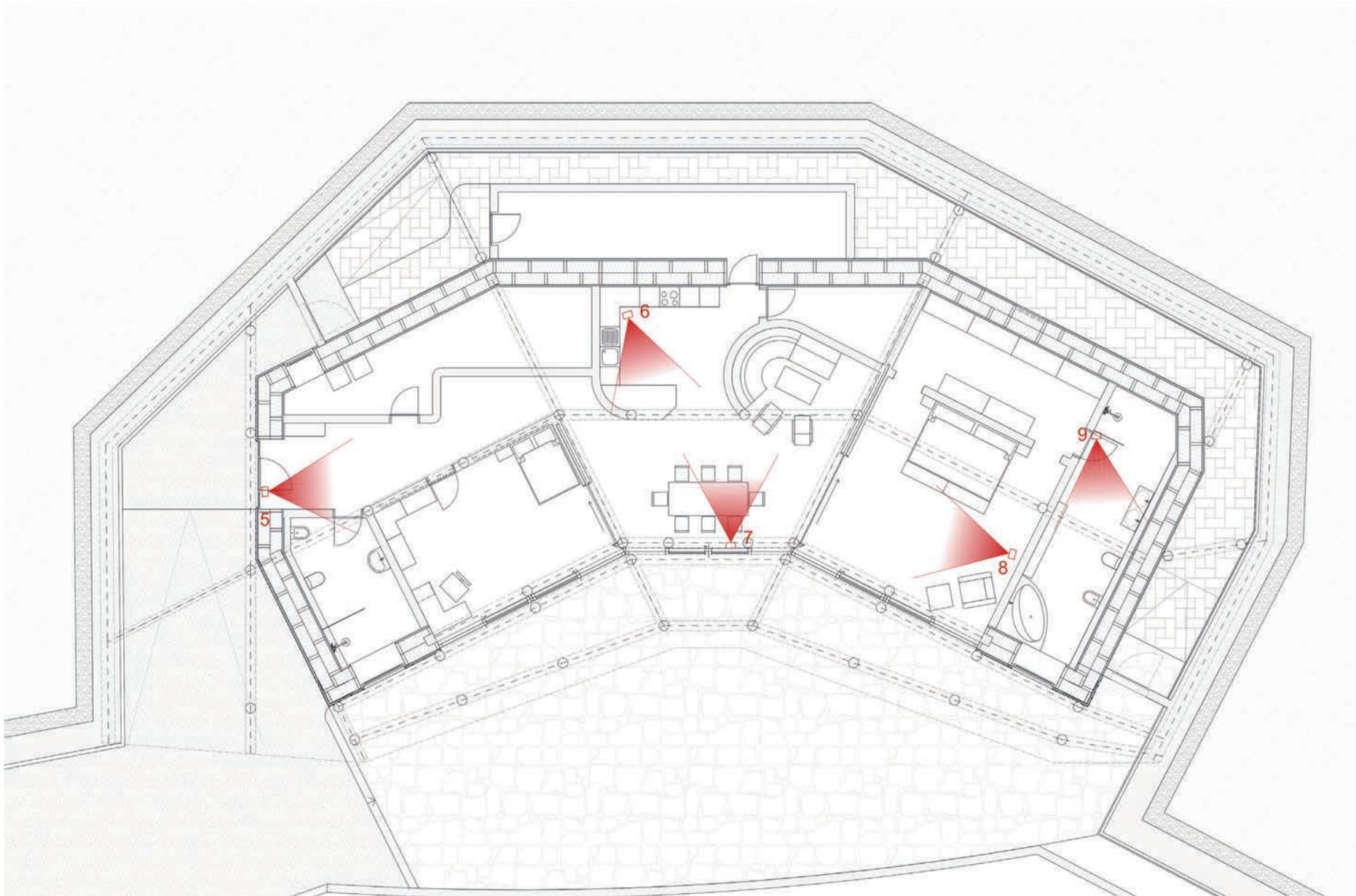


Abb. 142_Kamerapositionen Innenaufnahmen

4.16. VISUALISIERUNGEN

1. Blick von Straße auf Hügel
2. Blick vom Haupthaus
3. Südensicht
4. Blick von Einfahrt auf die Terrasse
5. Blick vom Eingang zur Küche
6. Blick von Küche zur Terrasse
7. Blick in Richtung Küche und Wohnbereich
8. Blick aus Schlafzimmer in den Wohnbereich
9. Badezimmer
10. Nachtaufnahme

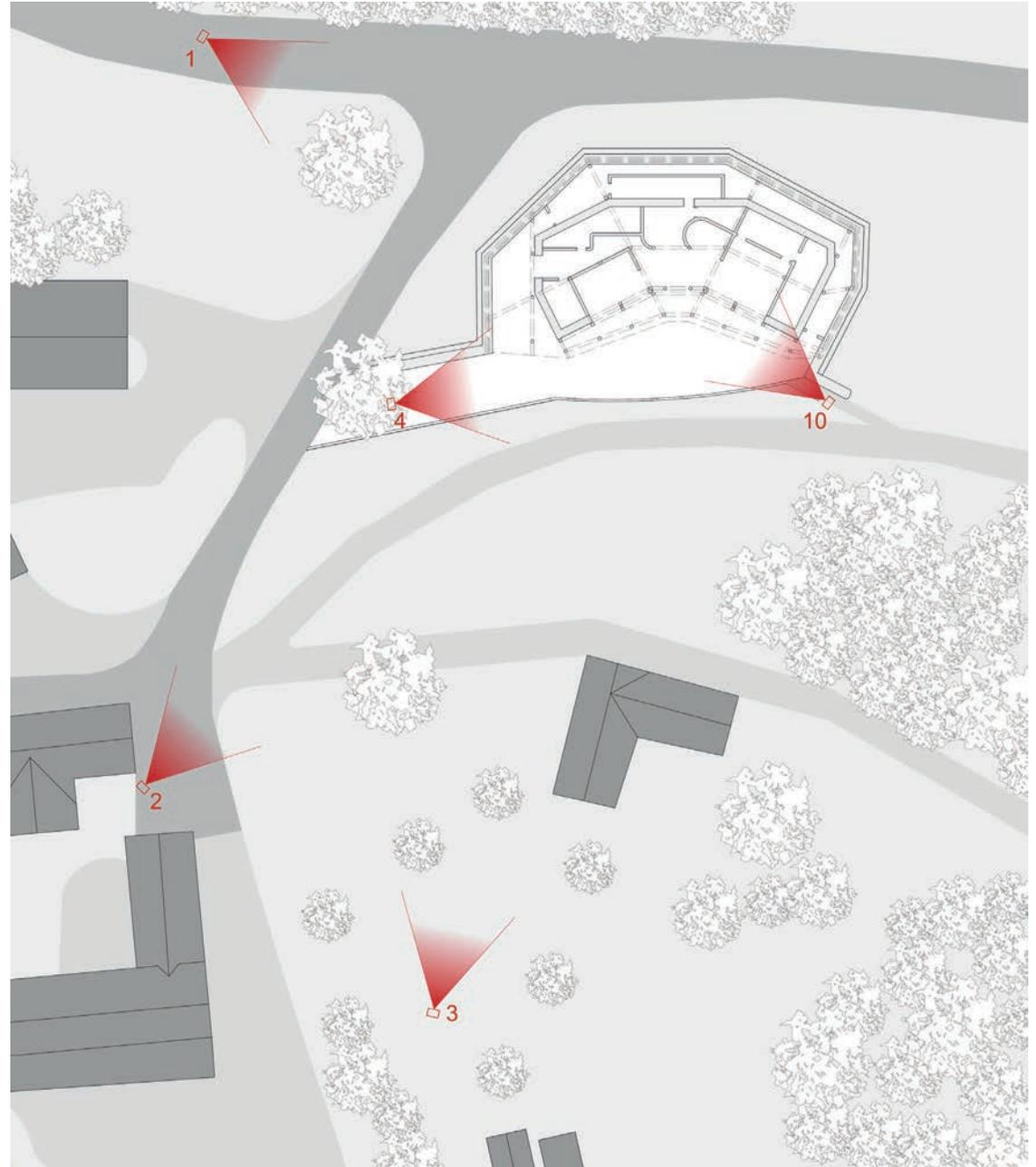


Abb. 143_Kamerapositionen Außenaufnahmen



Abb. 144_Blick von Straße auf Hügel



Abb. 145_Blick vom Haupthaus



Abb. 146_Südansicht



Abb. 147_Blick von Einfahrt auf Terrasse



Abb. 148_Blick vom Eingang zur Küche



Abb. 149_Blick von Küche zur Terrasse



Abb. 150_Blick in Richtung Küche und Wohnbereich



Abb. 151_Blick aus Schlafzmmr in den Wohnbereich





Abb. 152_Badezimmer



Abb. 153_Nachtaufnahme

4.17. INFRASTRUKTUR

Da das Projekt nicht nur hinsichtlich der gewählten Bauart und Baustoffe ökologisch sein soll, ist eine gut überlegte Versorgung und Entsorgung notwendig. Hierfür wurden ein Konzept zur Energieversorgung und ein Konzept für Frisch- und Abwasser erstellt.

4.17.1. ENERGIEKONZEPT

Das Gebäude steht in unmittelbarer Nähe zu den bereits bestehenden Gebäuden, daher ist eine eigene Photovoltaikanlage zur Strom Gewinnung nicht notwendig. Es gibt bereits eine 10kWp Anlage auf einem der Wirtschaftsgebäude, die einen Großteil des Stromverbrauches deckt. Somit wird im Technikraum nur ein Verteilerkasten benötigt. Sollte das Gebäude in ferner Zukunft einmal einen eigenen Anschluss benötigen, wird ein separater Anschlusskasten vorgesehen. Durch die hohen solaren Gewinne der verglasten Südseite sollte der Heizbedarf gering sein. Der Anschluss an die bereits bestehende Hackschnitzelanlage mit 2x50kW über Fernheizschläuche wird vorrangig für den Warmwasserbedarf gemacht. Im Technikraum ist zur Speicherung dafür ein 300 Liter Boiler vorgesehen. Das Holz für die Hackschnitzelanlage stammt aus dem eigenen, 23,4 Hektar großem, Wald. Das gehackte Material wird in einer eigenen Hackschnitzeltrocknungsanlage für die weitere Verwendung getrocknet.

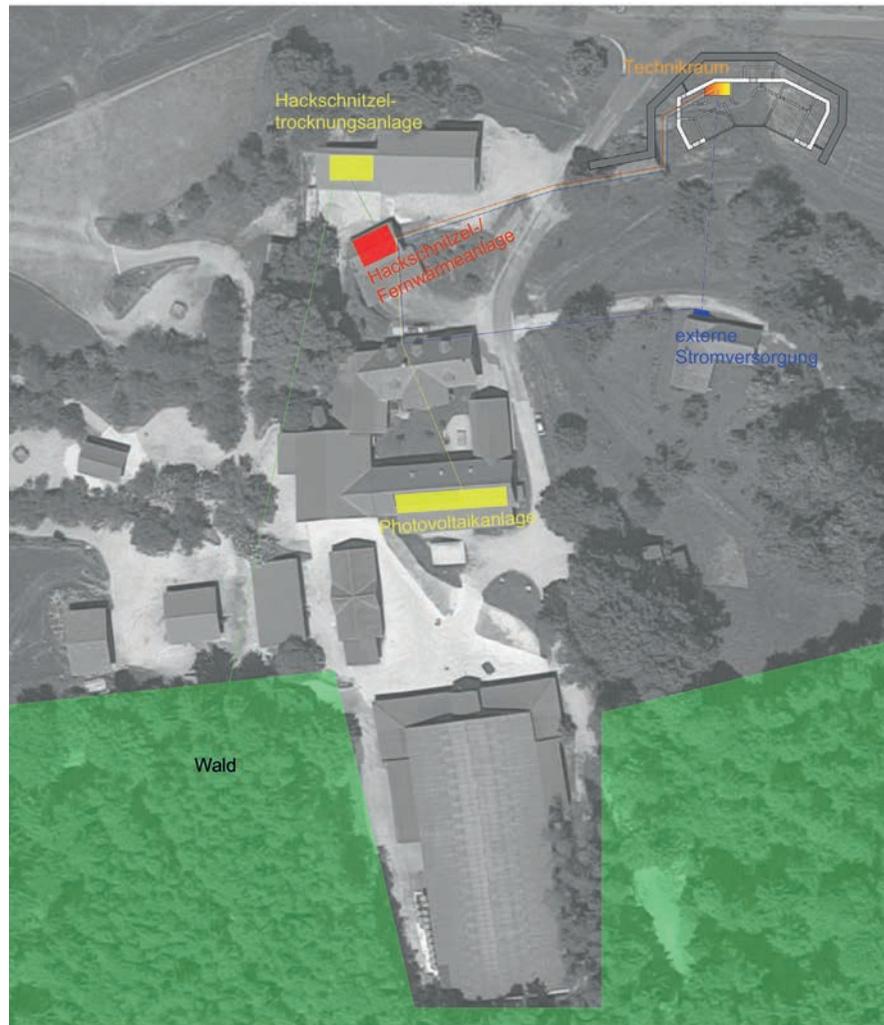


Abb. 154_Energiekonzept

Legende

GrünWald

Gelbsolare Gewinne

Rot Wärmeerzeugung/ -leitung

Blau externe Stromzufuhr

4.17.2. WASSERKONZEPT

Der Hof verfügt über eine eigene Quelle. Aus dieser wird das benötigte Frischwasser gewonnen. Das Abwasser wird in die bereits bestehende Pflanzenkläranlage eingeleitet.

Das Regenwasser versickert am Eigengrund.

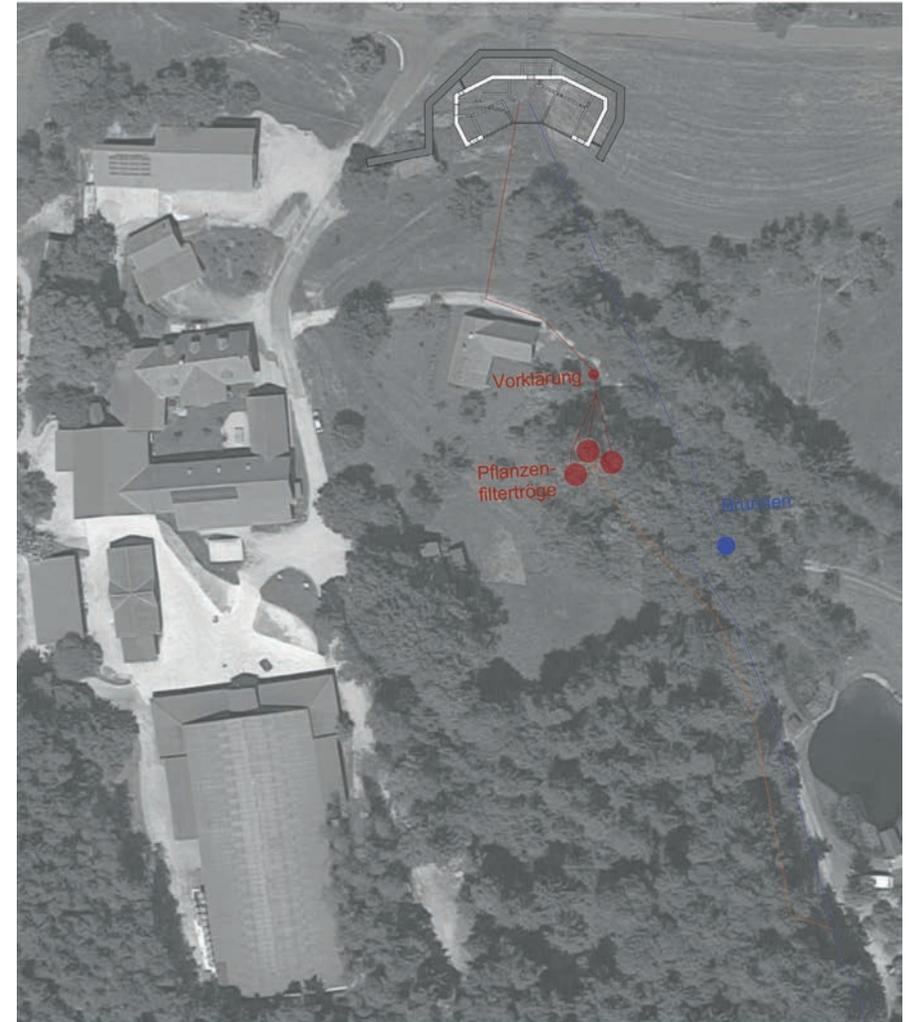


Abb. 155_Wasserkonzept

Legende

BlauFrischwasser

Rot Abwasser

4.18. SOMMERLICHE RAUMSIMULATION

Die Sommertauglichkeit des Gebäudes wurde mittels THESIM überprüft. Dafür wurden die zwei problematischsten Räume herangezogen. Zum Ersten das kleinere Zimmer im Westen und zum Zweiten das größere Zimmer im Osten des Hauses. Es wurden jeweils drei verschiedene Szenarien erstellt, um unterschiedliche Varianten darzustellen.

4.18.1. KLEINERES ZIMMER IM WESTEN

Das Zimmer ist knapp 26m² groß und ist nach Südsüdosten orientiert. Fußboden-, Wand- und Dachaufbauten werden wie in Kapitel 4.10. – 4.13. beschrieben angenommen. Die relevante Außenfassade ist fast zur Gänze verglast. Der obere Teil besteht aus Fixverglasungen. Im unteren Bereich befinden sich zwei Glasschiebetüren. Als Glastypen werden 3-Scheiben Wärmeschutzgläser angenommen. Als konstruktiver Sonnenschutz ist ein zwischen 2,45m und 3,16m auskragendes Vordach vorgesehen.

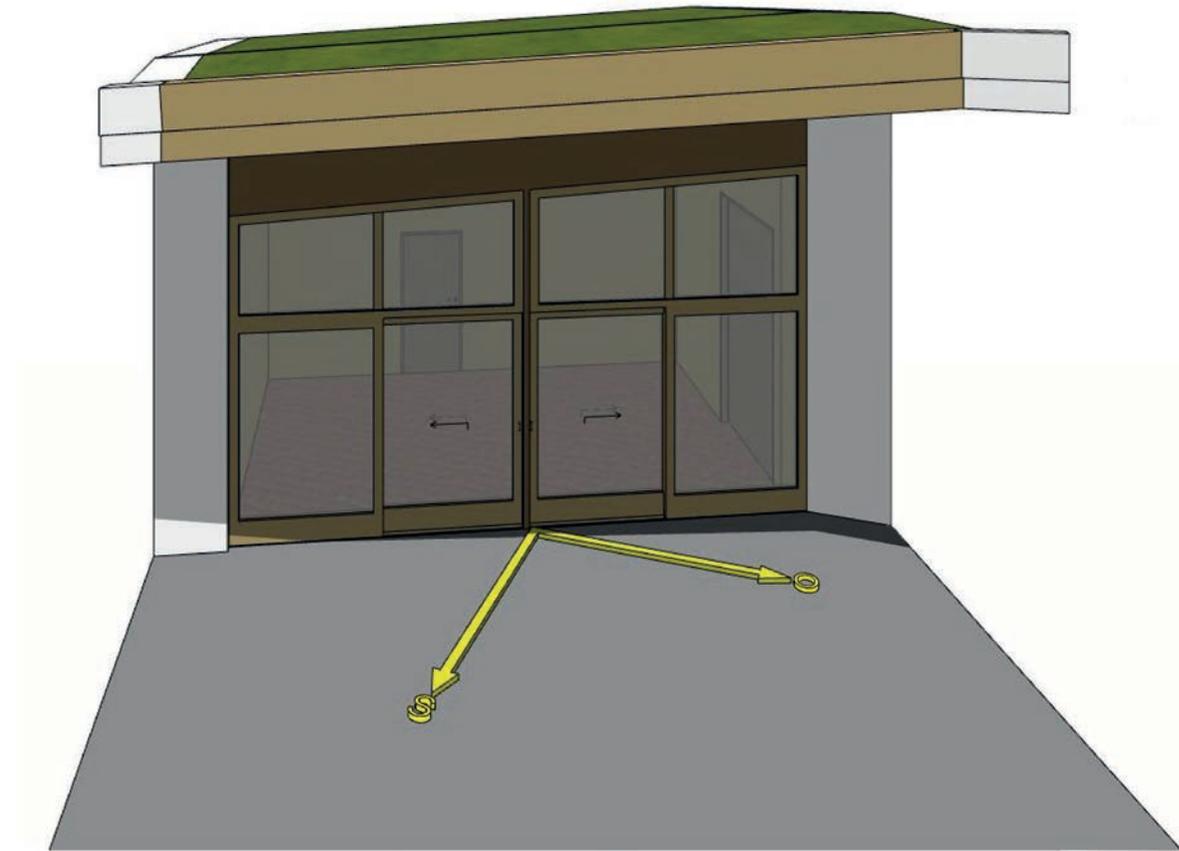


Abb. 156_kleines Zimmer im Westen

4.18.1.1. VARIANTE 1

In diesem Szenario befinden sich 2 Personen rund um die Uhr im Zimmer. Zusätzlich werden Werte für interne Lasten laut ÖNORM B8110-3 angenommen. Die Fenster werden nachts zum Lüften geöffnet. Jalousien gibt es in diesem Szenario keine.

Durch das gezeigte Diagramm und den daraus resultierenden Werten wird ersichtlich, dass der höchst Wert bei 26,3 Grad Celsius liegt.

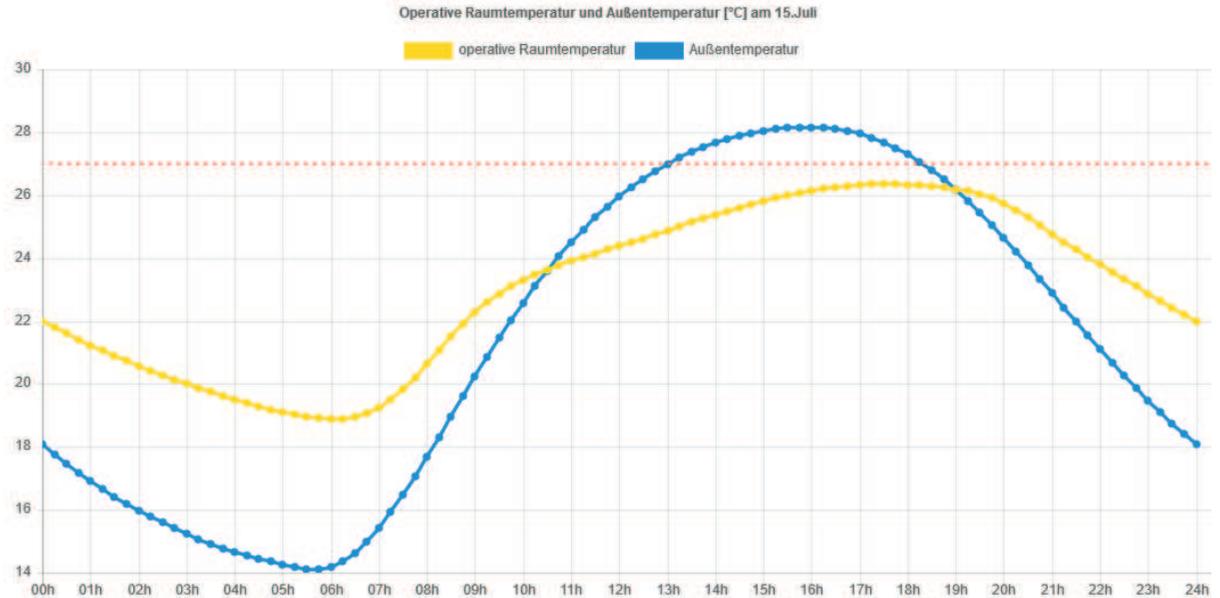


Abb. 157_grafische Darstellung Temperaturverlauf kleines Zimmer Variante 1

t [h]	Θ_e [°C]	Θ_{op} [°C]	t [h]	Θ_e [°C]	Θ_{op} [°C]
0:00	18,1	22,0	12:00	26,0	24,4
1:00	16,9	21,2	13:00	27,0	24,9
2:00	16,0	20,6	14:00	27,7	25,4
3:00	15,2	20,0	15:00	28,0	25,8
4:00	14,6	19,5	16:00	28,2	26,1
5:00	14,3	19,1	17:00	27,9	26,3
6:00	14,2	18,9	18:00	27,3	26,3
7:00	15,4	19,3	19:00	26,2	26,2
8:00	17,7	20,6	20:00	24,6	25,7
9:00	20,2	22,3	21:00	22,9	24,8
10:00	22,6	23,3	22:00	21,1	23,8
11:00	24,5	23,9	23:00	19,5	22,9

4.18.1.2. VARIANTE 2

Um die Werte aus Variante 1 zu verbessern, werden bei diesem Szenario zusätzlich Jalousien angebracht. Diese werden bei direkter Sonneneinstrahlung geschlossen. Es befinden sich weiterhin 2 Personen rund um die Uhr im Zimmer und auch die internen Lasten bleiben unverändert. Die Fenster werden ebenfalls nachts zum Lüften geöffnet.

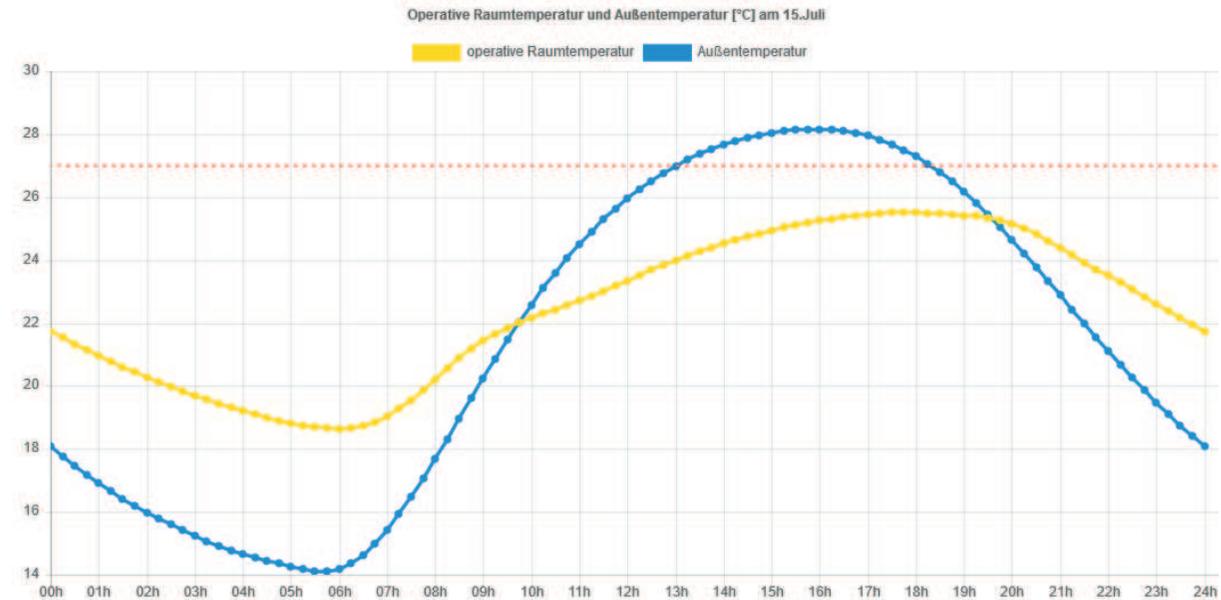


Abb. 158_grafische Darstellung Temperaturverlauf kleines Zimmer Variante 2

Unter der Voraussetzung, dass bei diesem Szenario lediglich Jalousien angebracht wurden, sieht man, dass damit eine Temperatursenkung von 0,8 Grad Celsius erreicht werden kann. Der Temperaturhöchstwert liegt somit bei 25,5 Grad Celsius.

t [h]	θ _e [°C]	θ _{op} [°C]	t [h]	θ _e [°C]	θ _{op} [°C]
0:00	18,1	21,7	12:00	26,0	23,3
1:00	16,9	21,0	13:00	27,0	24,0
2:00	16,0	20,3	14:00	27,7	24,5
3:00	15,2	19,7	15:00	28,0	24,9
4:00	14,6	19,2	16:00	28,2	25,3
5:00	14,3	18,8	17:00	27,9	25,4
6:00	14,2	18,6	18:00	27,3	25,5
7:00	15,4	19,0	19:00	26,2	25,4
8:00	17,7	20,2	20:00	24,6	25,2
9:00	20,2	21,4	21:00	22,9	24,4
10:00	22,6	22,2	22:00	21,1	23,5
11:00	24,5	22,7	23:00	19,5	22,6

4.18.1.3. VARIANTE 3

Bei dieser Variante wird gezeigt, wie sich die Raumtemperaturen verhalten, sollten die Bewohner verreist sein. Somit befinden sich 0 Personen im Raum, es gibt keine internen Lasten und die Fenster sowie die Jalousien bleiben ständig geschlossen.

Aus den errechneten Daten wird klar, dass sich der Raum trotz der geschlossenen Jalousien aufheizt. Die Höchstwerte liegen bei 27,6 Grad Celsius.

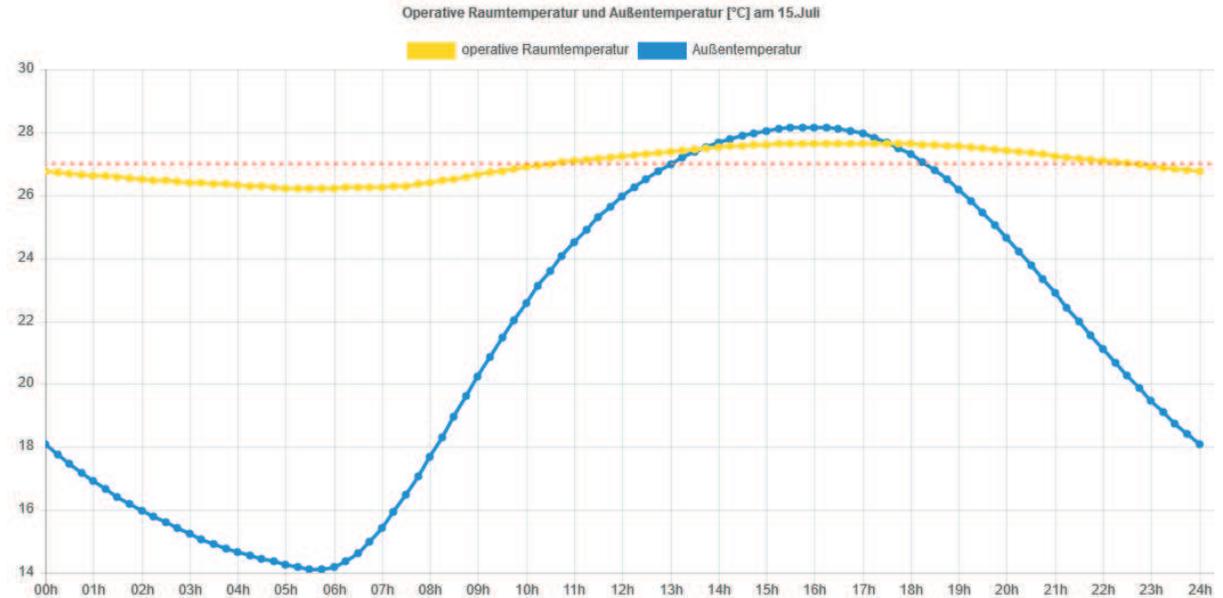


Abb. 159_grafische Darstellung Temperaturverlauf kleines Zimmer Variante 3

t [h]	Θ_e [°C]	Θ_{op} [°C]	t [h]	Θ_e [°C]	Θ_{op} [°C]
0:00	18,1	26,8	12:00	26,0	27,2
1:00	16,9	26,6	13:00	27,0	27,4
2:00	16,0	26,5	14:00	27,7	27,5
3:00	15,2	26,4	15:00	28,0	27,6
4:00	14,6	26,3	16:00	28,2	27,6
5:00	14,3	26,2	17:00	27,9	27,6
6:00	14,2	26,2	18:00	27,3	27,6
7:00	15,4	26,3	19:00	26,2	27,5
8:00	17,7	26,4	20:00	24,6	27,4
9:00	20,2	26,6	21:00	22,9	27,2
10:00	22,6	26,9	22:00	21,1	27,1
11:00	24,5	27,1	23:00	19,5	26,9

4.18.1.4. FAZIT KLEINERES ZIMMER

Durch Variante 1 wird klar, dass die Höchsttemperaturen des Raumes um 17:00 und 18:00 Uhr bei 26,3 Grad Celsius liegen. Bei Variante 2 zeigt sich die Verbesserung durch die angebrachten Jalousien. Hier liegt die Höchsttemperatur ebenfalls um 18:00 Uhr bei 25,5 Grad Celsius. Im Fall von Variante 3 sieht man, dass die Höchsttemperaturen von 15:00 bis 18:00 Uhr bei 27,6 Grad Celsius liegen.

Zu allen drei Varianten und deren Ergebnissen ist zu sagen, dass es sich jeweils um „Worst-Case Szenarien“ handelt. Bei allen drei Varianten wird angenommen, dass die Innentüren dauerhaft geschlossen sind. In der Realität wird das jedoch nicht der Fall sein, da das Zimmer als Ergänzung des Wohnbereiches gedacht ist.

Somit wird die große Holzschiebetür im Osten zumindest tagsüber geöffnet sein. Dadurch werden sich die Temperaturen verringern, da ein Luftaustausch mit dem kompletten Wohnbereich stattfinden kann.

Zusätzlich wird bei Variante 1 und 2 angenommen, dass sich dauerhaft 2 Personen im Raum befinden. Auch das wird in der Realität nicht der Fall sein. Das sich die Anzahl der Personen im Raum ebenfalls auf die Temperaturen auswirkt, wird durch folgende Beispiele klar. Verringert man zum Beispiel bei Variante 1 die Personenanzahl auf eine Person so fällt die Höchsttemperatur um 0,6 Grad Celsius. Verringert man die Personenanzahl bei Variante 2 auf 1 Person, so sinkt die Höchsttemperatur um 0,7 Grad Celsius.

4.18.2. GROSSES ZIMMER IM OSTEN

Dieser Raum ist knapp 36m² groß und nach Südsüdwest orientiert. Fußboden-, Wand- und Dachaufbauten werden ebenfalls wie in Kapitel 4.10. – 4.13. beschrieben angenommen. Die relevante Außenfassade ist ebenfalls fast zur Gänze verglast. Der obere Teil besteht wieder aus Fixverglasungen. Im unteren Bereich befinden sich auch hier zwei Glasschiebetüren. Als Glastypen werden ebenfalls 3-Scheiben Wärmeschutzgläser angenommen. Auch der konstruktive Sonnenschutz ist bei diesem Zimmer ein zwischen 2,45m und 3,16m auskragendes Vordach.

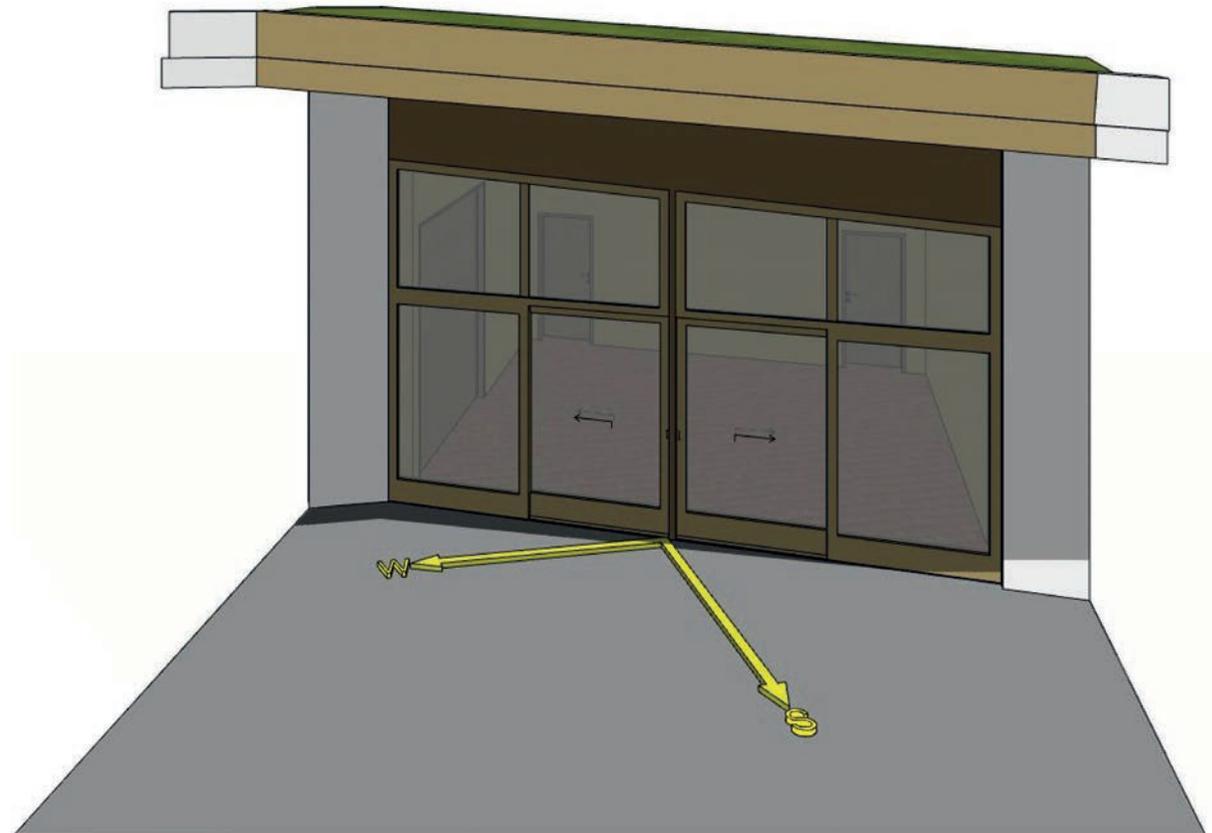


Abb. 160_großes Zimmer im Osten

4.18.2.1. VARIANTE 1

Es wird das gleiche Szenario wie bei Variante 1 des kleinen Zimmers angenommen:

- 2 Personen
- Interne Lasten laut ÖNORM B8110-3
- Fenster nachts geöffnet
- keine Jalousien

In diesem Zimmer steigen die Temperaturen maximal auf 25,9 Grad Celsius. Das sind 0,4 Grad weniger als im kleineren Zimmer.

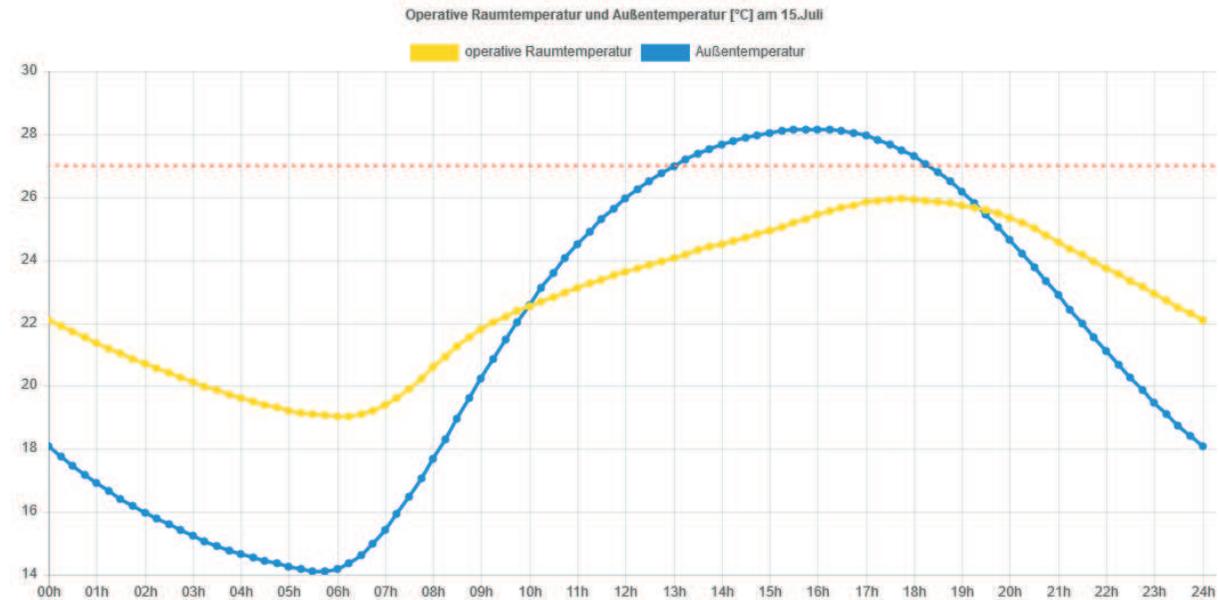


Abb. 161_grafische Darstellung Temperaturverlauf großes Zimmer Variante 1

t [h]	θ _e [°C]	θ _{op} [°C]	t [h]	θ _e [°C]	θ _{op} [°C]
0:00	18,1	22,1	12:00	26,0	23,6
1:00	16,9	21,4	13:00	27,0	24,1
2:00	16,0	20,7	14:00	27,7	24,5
3:00	15,2	20,1	15:00	28,0	24,9
4:00	14,6	19,6	16:00	28,2	25,4
5:00	14,3	19,2	17:00	27,9	25,8
6:00	14,2	19,0	18:00	27,3	25,9
7:00	15,4	19,4	19:00	26,2	25,7
8:00	17,7	20,6	20:00	24,6	25,4
9:00	20,2	21,8	21:00	22,9	24,6
10:00	22,6	22,5	22:00	21,1	23,7
11:00	24,5	23,1	23:00	19,5	22,9

4.18.2.2. VARIANTE 2

Auch dieses Szenario gleicht dem Szenario aus Variante 2 des kleinen Zimmers:

- 2 Personen
- Interne Lasten laut ÖNORM B8110-3
- Fenster nachts geöffnet
- Jalousien teilweise geschlossen

Es wird ersichtlich dass in diesem Raum Jalousien eine Temperatursenkung von 0,9 Grad Celsius mit sich bringen. Somit liegt die Höchsttemperatur bei 25,0 Grad Celsius.

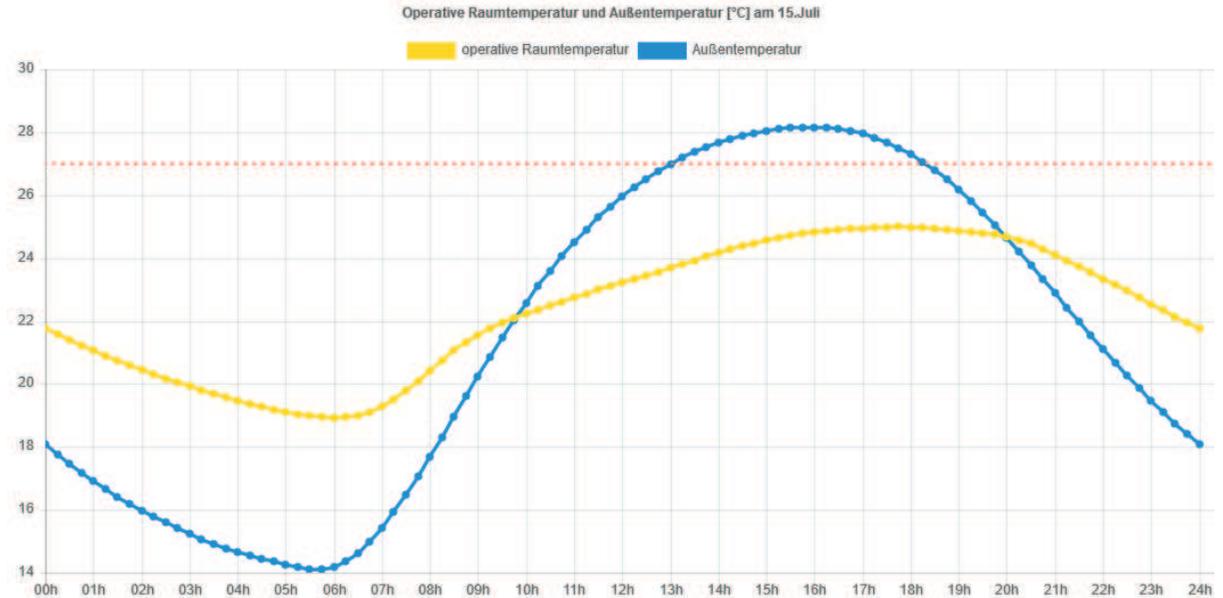


Abb. 162_grafische Darstellung Temperaturverlauf großes Zimmer Variante 2

t [h]	θ _e [°C]	θ _{op} [°C]	t [h]	θ _e [°C]	θ _{op} [°C]
0:00	18,1	21,8	12:00	26,0	23,2
1:00	16,9	21,1	13:00	27,0	23,7
2:00	16,0	20,5	14:00	27,7	24,2
3:00	15,2	19,9	15:00	28,0	24,6
4:00	14,6	19,5	16:00	28,2	24,8
5:00	14,3	19,1	17:00	27,9	24,9
6:00	14,2	18,9	18:00	27,3	25,0
7:00	15,4	19,3	19:00	26,2	24,9
8:00	17,7	20,4	20:00	24,6	24,7
9:00	20,2	21,6	21:00	22,9	24,1
10:00	22,6	22,2	22:00	21,1	23,3
11:00	24,5	22,7	23:00	19,5	22,5

4.18.2.3. VARIANTE 3

Gleiches Szenario wie bei Variante 3 des kleinen Zimmers:

- 0 Personen
- keine Interne Lasten
- Fenster geschlossen
- Jalousien geschlossen

Da dieser Raum größer ist – sich die Luft dadurch besser verteilen kann und es mehr Speichermasse gibt, heizt er sich nicht so extrem auf, wie der vorhin beschriebene Raum. Die Höchsttemperaturen liegen bei 27,2 Grad Celsius.

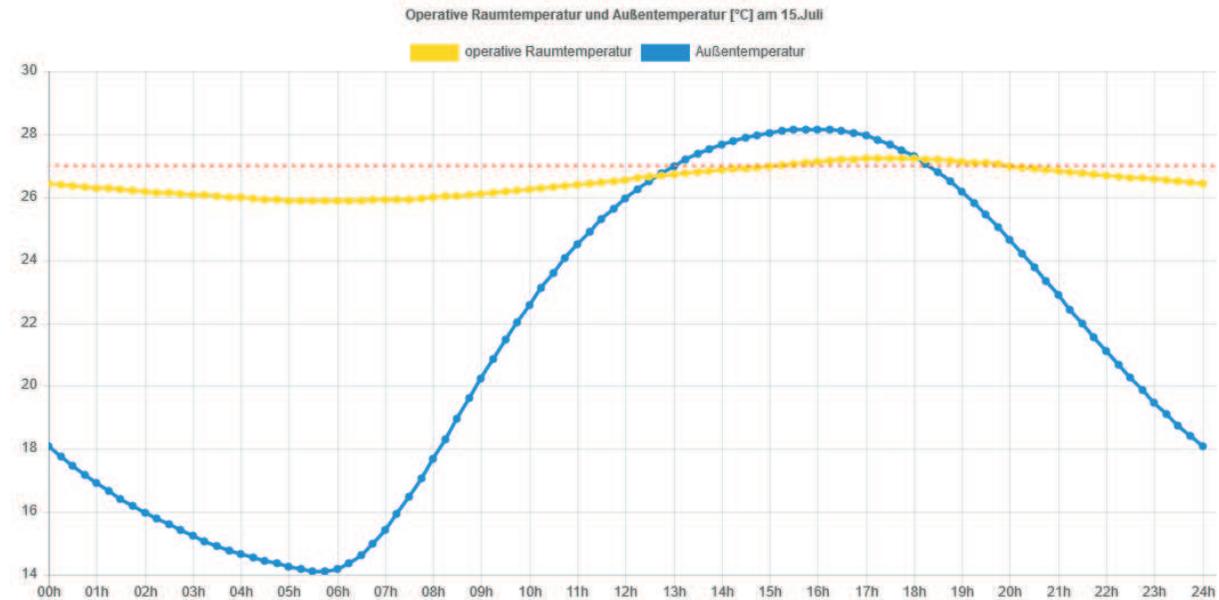


Abb. 163_grafische Darstellung Temperaturverlauf großes Zimmer Variante 3

t [h]	Θ_e [°C]	Θ_{op} [°C]	t [h]	Θ_e [°C]	Θ_{op} [°C]
0:00	18,1	26,4	12:00	26,0	26,6
1:00	16,9	26,3	13:00	27,0	26,7
2:00	16,0	26,2	14:00	27,7	26,9
3:00	15,2	26,1	15:00	28,0	27,0
4:00	14,6	26,0	16:00	28,2	27,1
5:00	14,3	25,9	17:00	27,9	27,2
6:00	14,2	25,9	18:00	27,3	27,2
7:00	15,4	25,9	19:00	26,2	27,1
8:00	17,7	26,0	20:00	24,6	27,0
9:00	20,2	26,1	21:00	22,9	26,8
10:00	22,6	26,2	22:00	21,1	26,7
11:00	24,5	26,4	23:00	19,5	26,6

4.18.2.4. FAZIT GROSSES ZIMMER

Auch in diesem Zimmer befinden sich die Temperaturspitzen bei Variante 1 und 2 um 18:00 Uhr. Jedoch sind es bei Variante 1 25,9 Grad Celsius, das sind 0,4 Grad weniger als im kleineren Zimmer. Bei Variante 2 liegt die Höchsttemperatur bei 25,0 Grad Celsius. Somit bringen in diesem Raum die Jalousien eine Verbesserung von 0,9 Grad Celsius. Bei Variante 3 liegen die Höchsttemperaturen um 17:00 und 18:00 Uhr bei 27,2 Grad Celsius. Im Vergleich zu den Werten des kleineren Raums ist das eine Temperatursenkung von 0,4 Grad Celsius.

Auch bei diesen drei Varianten handelt es sich um „Worst-Case Szenarien“.

So wie auch das kleinere Zimmer wird auch dieser Raum als Ergänzung des Wohnbereiches verwendet und somit wird auch hier die große Schiebetür tagsüber geöffnet sein. Bei diesem Zimmer kommt noch dazu, dass die zwei Türen im Norden in der Realität nur Wanddurchbrüche sind, die in den Schrankraum führen. Dadurch wird das Luftvolumen nochmal vergrößert. Auch hier werden bei Variante 1 und 2 dauerhaft 2 Personen als anwesend angenommen. Verringert man hier die Personenanzahl auf eine Person so ergeben sich bei Variante 1 Höchsttemperaturen von 25,4 Grad Celsius und bei Variante 2 Höchsttemperaturen von 24,4 Grad Celsius.

4.19. AUSZUG AUS DEM ENERGIEAUSWEIS

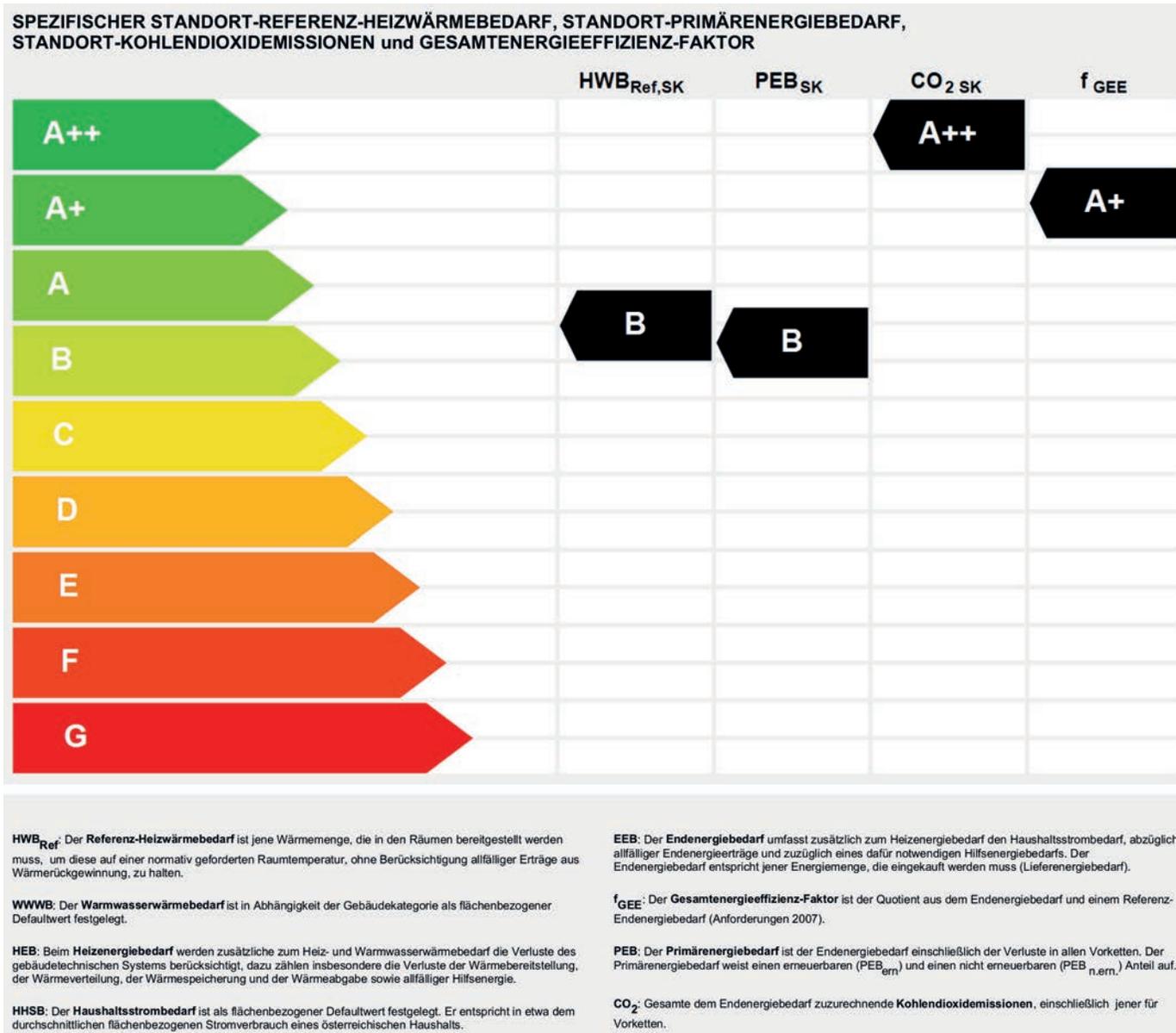


Abb. 164_Energieausweis Seite 1

GEBÄUDEKENNDATEN					
Brutto-Grundfläche	273,90 m ²	Charakteristische Länge	1,43 m	Mittlerer U-Wert	0,18 W/(m ² K)
Bezugsfläche	219,12 m ²	Heiztage	157 d	LEK _T -Wert	15,74
Brutto-Volumen	1.253,25 m ³	Heizgradtage	3.641 Kd	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Gebäude-Hüllfläche	876,23 m ²	Klimaregion	N/SO	Bauweise	mittelschwer
Kompaktheit A/V	0,70 1/m	Norm-Außentemperatur	-12,8 °C	Soll-Innentemperatur	20,0 °C

ANFORDERUNGEN (Referenzklima)					
Referenz-Heizwärmebedarf	Anforderung 49,6 kWh/m ² a	erfüllt	HWB _{ref,RK}	24,9	kWh/m ² a
Heizwärmebedarf			HWB _{RK}	24,9	kWh/m ² a
End-/Lieferenergiebedarf			E/LEB _{RK}	81,6	kWh/m ² a
Gesamtenergieeffizienz-Faktor	Anforderung 0,85	erfüllt	f _{GEE}	0,61	
Erneuerbarer Anteil		erfüllt			

WÄRME- und ENERGIEBEDARF (Standortklima)					
Referenz-Heizwärmebedarf	6.865 kWh/a		HWB _{ref,SK}	25,1	kWh/m ² a
Heizwärmebedarf	6.865 kWh/a		HWB _{SK}	25,1	kWh/m ² a
Warmwasserwärmebedarf	3.499 kWh/a		WWWB _{SK}	12,8	kWh/m ² a
Heizenergiebedarf	19.837 kWh/a		HEB _{SK}	72,4	kWh/m ² a
Energieaufwandszahl Heizen			e _{AWZ,H}	1,91	
Haushaltsstrombedarf	4.499 kWh/a		HHSB _{SK}	16,4	kWh/m ² a
End-/Lieferenergiebedarf	22.621 kWh/a		EEB _{SK}	82,6	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf	27.192 kWh/a		PEB _{SK}	99,3	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	5.549 kWh/a		PEB _{n,em,SK}	20,3	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf erneuerbar	21.643 kWh/a		PEB _{em,SK}	79,0	kWh/m ² a
Kohlendioxidemissionen	995 kg/a		CO ₂ _{SK}	3,6	kg/m ² a
Gesamtenergieeffizienz-Faktor			f _{GEE,SK}	0,61	
Photovoltaik-Export	199.599 kWh/a		PV _{Export,SK}	728,7	kWh/m ² a

Abb. 165_Energieausweis Seite 2

Anzeige in Druckwerken und elektronischen Medien		Ergebnisse bezogen auf Krumbach
HWB 25,1		f_{GEE} 0,61
Ermittlung der Eingabedaten		
Geometrische Daten:	-	
Bauphysikalische Daten:	-	
Haustechnik Daten:	-	
Haustechniksystem		
Raumheizung:	Festbrennstoffkessel, autom. besch., nach 1994 mit Brennstoff Pellets, Hackgut	
Warmwasser:	Warmwasserbereitung mit Heizung kombiniert	
Lüftung:	Lüftungsart natürlich	
Photovoltaik:	Kollektor - 1: 38 Module mit je 35,31 m ² und 3,88 kW-Peak; Mäßig belüftete Module; Richtungswinkel 180,0° (0°=N, 90° = O, 180° = S etc.); Neigungswinkel 42,0°; Gesamtfläche 1.341,78 m ² ; gesamt 147,59 kW-Peak; Kollektor - 2: 20 Module mit je 32,47 m ² und 3,57 kW-Peak; Mäßig belüftete Module; Richtungswinkel 180,0° (0°=N, 90° = O, 180° = S etc.); Neigungswinkel 42,0°; Gesamtfläche 649,40 m ² ; gesamt 71,44 kW-Peak	
Berechnungsgrundlagen		
Gegebenheiten aufgrund von Plänen und Begehung vor Ort; Berechnungen basierend auf der OIB-Richtlinie 6 (2015); Klimadaten und Nutzungsprofil nach ÖNORM B 8110-5; Heizwärmebedarf nach ÖNORM B 8110-6; Endenergiebedarf nach ÖNORM H 5056, 5057, 5058, 5059; Primärenergiebedarf und Gesamtenergieeffizienz nach OIB-Richtlinie 6 (Leitfaden); Anforderungsgrenzwerte nach OIB-Richtlinie 6; Berechnet mit ECOTECH 3.3		

Abb. 166_Energieausweis Seite 5

klimaaktiv Haus Silber (Katalog Neubau, OIB ab 2017)

Geplant, Deklaration in Arbeit
Einfamilienhaus
Konstruktion: keine Angabe

Anzahl Wohneinheiten: 1
Davon noch verfügbar: –
Größe der Wohneinheiten: jeweils m²
Obergeschosse: 1

Standort:

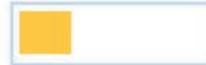
Kraxenberg 8
2851 Krumbach

Errichter:

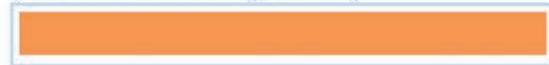
Corina Colleselli
2851 Krumbach

Punkteverteilung:

A: Standort und Qualitätssicherung 48 von 175 Punkte



**B: Energie und Versorgung
(Nachweisweg OIB)** 495 von 500 Punkte



C: Baustoffe und Konstruktion 150 von 150 Punkte



D: Komfort und Raumluftqualität 125 von 175 Punkte



klimaaktiv Haus - Bewertung 818 von 1000 Punkte



Kurzbeschreibung des Errichters:

Ausgedinge Haus aus nachwachsenden Rohstoffen

Abb. 167_Klimaaktiv Bewertung

klimaaktiv



Abb. 168_Logo Klimaaktiv

4.20. KLIMAAKTIV¹⁵

Die Plattform Klimaaktiv hat einen Gebäudestandard entwickelt, mit dem es möglich ist Gebäude hinsichtlich ihrer Qualität zu prüfen. Es werden unterschiedliche Bewertungskriterien herangezogen, um die Qualität eines Gebäudes umfassend zu beurteilen. Zu den Kriterien zählen:

- Standort und Qualitätssicherung
- Energie und Versorgung
- Baustoffe und Konstruktion
- Komfort und Raumluftqualität

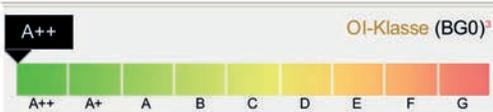
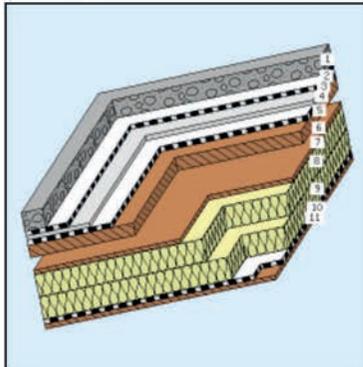
Die Bewertung eines Gebäudes ist kostenlos, und es steht jedem frei ein Gebäude nach dem klimaaktiv Qualitätsstandard auf www.klimaaktiv.at zu deklarieren. Gebäude können mit den Qualitätsstufen Bronze, Silber oder Gold ausgezeichnet werden.

Der in dieser Diplomarbeit behandelte Entwurf würde unter derzeitigen Umständen mit der Qualitätsstufe Silber ausgezeichnet werden. Für eine Auszeichnung mit Bronze müssen lediglich die angegebenen „Muss-Kriterien“ erfüllt werden. Für Silber braucht man eine Mindestpunktzahl von 750 Punkten. Eine Goldauszeichnung gibt es erst ab 900 von 1000 Punkten.

Die fehlenden Punkte für Gold befinden sich in den Kategorien Standort und Qualitätssicherung sowie Komfort und Raumluftqualität. Der Grund für die geringe Punktezahl in erster genannter Kategorie ist die abgeschiedene Lage des Gebäudes und fehlende Berechnungen in Bezug auf den Qualitätsnachweis. Bei der Kategorie Komfort und Raumluftqualität gibt es hohe Punktabzüge, da zum derzeitigen Zeitpunkt von einer Komfortlüftungsanlage abgesehen wird.

¹⁵<https://www.klimaaktiv.at>, 02.04.2019

Dachaufbau



Masse	714,1 kg/m²
PENRT	713 MJ/m ²
GWP100 Summe	-250 kg CO ₂ /m ²
AP	0,234 kg SO ₂ /m ²

Decke, Dach, 11.95°: Decke erdberührt - Wärmestrom nach oben (BG0)

Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔOI3 Pkt/m ²
1	Sand, Kies lufttrocken, Pflanzensubstrat		30,00	1	1	12
2	ISOCELL FH Forte Vliesdampfbremse		0,04	1	1	0
3	EPDM Baufoleie, Gummi		0,15	1	1	8
4	ISOCELL FH Forte Vliesdampfbremse		0,04	1	1	0
5	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, luftgetrocknet		20,00	1	1	-9
6	Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal 195 < d <= 200 mm		20,00	1	1	0
7	AGEPAN® DWD protect		1,60	0,090	0,18	7
8	Baustrohballen (109 kg/m ³)		36,00	0,051	7,06	-3
9	Baustrohballen (109 kg/m ³)		36,00	0,051	7,06	-3
10	Airstop Diva Dampfbremse		0,10	0,220	0,00	1
11	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, luftgetrocknet		4,00	0,120	0,33	-2
				$R_{si} / R_{se} =$		0,100 / 0,000
				R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		14,733 / 14,733
Bauteil			147,92	14,733	13	

¹ nicht relevant ² U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946. ³ Für die OI-Klasse wird neben den ökologischen Kennzahlen auch der U-Wert des Bauteils berücksichtigt.

Abb. 169_Dachaufbau

4.21. OEKOINDEX OI3¹⁶

Beim ökologischen und nachhaltigen Bauen spielen die verwendeten Baumaterialien eine große Rolle. Der Energiebedarf zur Herstellung eines Gebäudes kann auf Grund der verwendeten Baumaterialien extrem variieren.

Der Oekoindex OI3 ist ein Instrument um die ökologische Qualität aller verwendeten Materialien anhand ihres Treibhauspotenzials, Versauerungspotenzials und den Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie zu bewerten.

Dazu wird ein Punktesystem, das die einzelnen Werte aus oben erwähnten Bereichen berücksichtigt, verwendet. Das Punktesystem reicht bis 100 Punkte. Dabei gilt, je höher die Punkteanzahl, desto mehr wirkt sich das verwendete Material negativ auf die Umwelt aus.

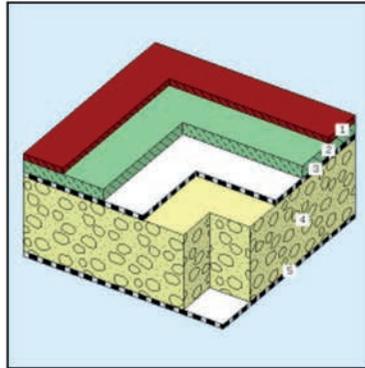
Im Rahmen meiner Diplomarbeit, habe ich einige in meinem Entwurf verwendete Aufbauten mit Hilfe des Oekoindex OI3 bewertet.

Anhand der Grafiken auf den folgenden Seiten kann man erkennen, dass die einzelnen Aufbauten sehr gut abschneiden.

Aufbauten	OI3
Dachaufbau	13 Pkt
Bodenaufbau mit Dachbodenziegel	66 Pkt
Bodenaufbau mit Holzboden	50 Pkt
Wandaufbau 1	-3 Pkt
Wandaufbau 2	48 Pkt

Im Vergleich dazu erreichen Standard Aufbauten meist mehr als 70 Punkten.

Bodenaufbau mit Dachbodenziegel



0,156 W/m²K

U-Wert ¹



A

OI-Klasse (BG0) ²



Masse	278,2 kg/m²
PENRT	854 MJ/m ²
GWP100 Summe	59,6 kg CO ₂ /m ²
AP	0,210 kg SO ₂ /m ²

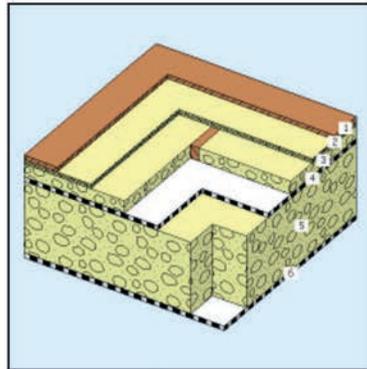
Boden: erdberührt - Wärmestrom nach unten (BG0)

Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² /K/W	ΔOI3 Pkt/m ²
1	Ziegelboden	(Mauerziegel voll + Normalmauermörtel (1600 kg	4,00	0,690	0,06	11
2	Estrich	(Zement- und Zementfließestrich (1800 kg/m ³))	8,00	1,100	0,07	13
3	Vlies	(ISOCELL FH Forte Vliesdampfbremse)	0,04	0,220	0,00	0
4	Schaumglas	(GEOCELL Schaumglasschotter (trocken))	50,00	0,082	6,10	41
5	Vlies	(ISOCELL FH Forte Vliesdampfbremse)	0,04	0,220	0,00	0
				$R_{\text{gl}} / R_{\text{ge}} =$		0,170 / 0,000
				R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		6,401 / 6,401
Bauteil			62,07	6,401	66	

¹ U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946. ² Für die OI-Klasse wird neben den ökologischen Kennzahlen auch der U-Wert des Bauteils berücksichtigt.

Abb. 170_Bodenaufbau 1

Bodenaufbau mit Holzboden



0,140 W/m²K

U-Wert¹



A+

OI-Klasse (BG0)²



Masse	102,7 kg/m²
PENRT	727 MJ/m ²
GWP100 Summe	6,71 kg CO ₂ /m ²
AP	0,186 kg SO ₂ /m ²

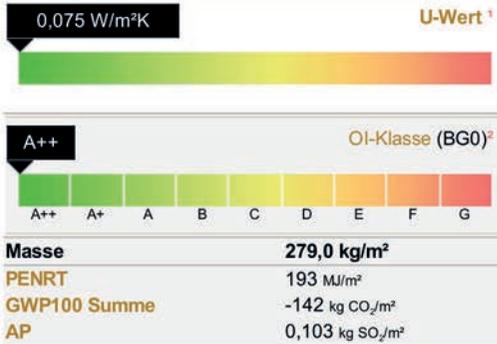
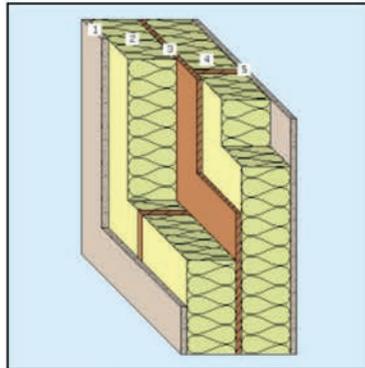
Boden: erdberührt - Wärmestrom nach unten (BG0)

Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔOI3 Pkt/m ²
1	Holzboden, Vollholz		2,50	0,160	0,16	1
2	Dämmkork (130 kg/m ³)		0,30	0,045	0,07	0
3	Blähglasgranulat		9,00			
		94 cm (94%) Schaumglasgranulat-Schüttung (150 kg/m ³)	9,00	0,140	0,64	7
		6 cm (6%) Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, luftg	9,00	0,120	0,75	0
4	Vlies (ISOCELL FH Forte Vliesdampfbremse)		0,04	0,220	0,00	0
5	Schaumglas (GEOCELL Schaumglasschotter (trocken))		50,00	0,082	6,10	41
6	Vlies (ISOCELL FH Forte Vliesdampfbremse)		0,04	0,220	0,00	0
				$R_{si} / R_{se} =$	0,170 / 0,000	
				R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =	7,143 / 7,142	
Bauteil			61,87	7,142	50	

¹ U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946. ² Für die OI-Klasse wird neben den ökologischen Kennzahlen auch der U-Wert des Bauteils berücksichtigt.

Abb. 171_Bodenaufbau 2

Wandaufbau 1



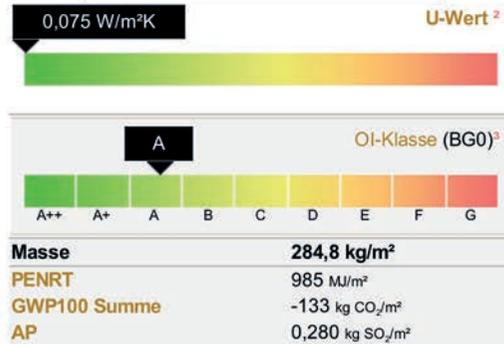
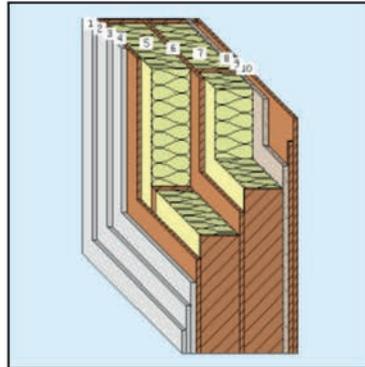
Wand: gegen unbeheizte, frostfrei zu haltende Gebäudeteile (ausgenommen Dachräume) (BG0)

Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔOI3 Pkt/m ²
1	Lehmputz		5,00	0,810	0,06	2
2	Inhomogen (Elemente vertikal)		36,00			
		98 cm (92%) Baustrohballen (109 kg/m ³)	36,00	0,051	7,06	-2
		8,5 cm (8%) Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, luf	36,00	0,120	3,00	-1
3	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, luftgetrocknet		2,00	0,120	0,17	-1
4	Inhomogen (Elemente vertikal)		36,00			
		98 cm (92%) Baustrohballen (109 kg/m ³)	36,00	0,051	7,06	-2
		8,5 cm (8%) Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, luf	36,00	0,120	3,00	-1
5	Lehmputz		5,00	0,810	0,06	2
			$R_{si} / R_{se} =$		0,130 / 0,130	
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,2%) =		13,348 / 13,292	
Bauteil			84,00	13,320	-3	

¹ U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946. ² Für die OI-Klasse wird neben den ökologischen Kennzahlen auch der U-Wert des Bauteils berücksichtigt.

Abb. 172_Wandaufbau 1

Wandaufbau 2



Wand: gegen Außenluft - hinterlüftet (BG0)

Nr.	Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1	Fliesen (2300 kg/m³)	1,50	1,300	0,01	35
2	ARDEX N 23 W Microtec Naturstein-und Fliesenkleber, weiß	1,00	1,000	0,01	6
3	FERMACELL Powerpanel H2O	1,25	0,170	0,07	12
4	OSB-Platten (650 kg/m³)	1,25	0,130	0,10	3
5	<i>Inhomogen (Elemente vertikal)</i>	36,00			
	97,5 cm (92%) Baustrohballen (109 kg/m³)	36,00	0,051	7,06	-2
	9 cm (8%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, luftg	36,00	0,120	3,00	-1
6	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, luftgetrocknet	2,00	0,120	0,17	-1
7	<i>Inhomogen (Elemente vertikal)</i>	36,00			
	97,5 cm (92%) Baustrohballen (109 kg/m³)	36,00	0,051	7,06	-2
	9 cm (8%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, luftg	36,00	0,120	3,00	-1
8	Lehmputz	5,00	0,810	0,06	2
9	<i>Inhomogen (Elemente vertikal)</i>	3,00			
	101,5 cm (95%) Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal 2f	3,00	1	1	0
	5 cm (5%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, luftg	3,00	1	1	0
10	Nutzholz (525 kg/m³ - zB Lärche) - rauh, luftgetrocknet	3,00	1	1	-2
		$R_{si} / R_{se} =$		0,130 / 0,130	
		R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,3%) =		13,419 / 13,349	
Bauteil		90,00	13,384	48	

¹ nicht relevant ² U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946. ³ Für die OI-Klasse wird neben den ökologischen Kennzahlen auch der U-Wert des Bauteils berücksichtigt

Abb. 173_Wandaufbau 2



Abb. 174_Modell M 1:500_1

4.22. MODELLFOTOS



Abb. 175_Modell M 1:500_2

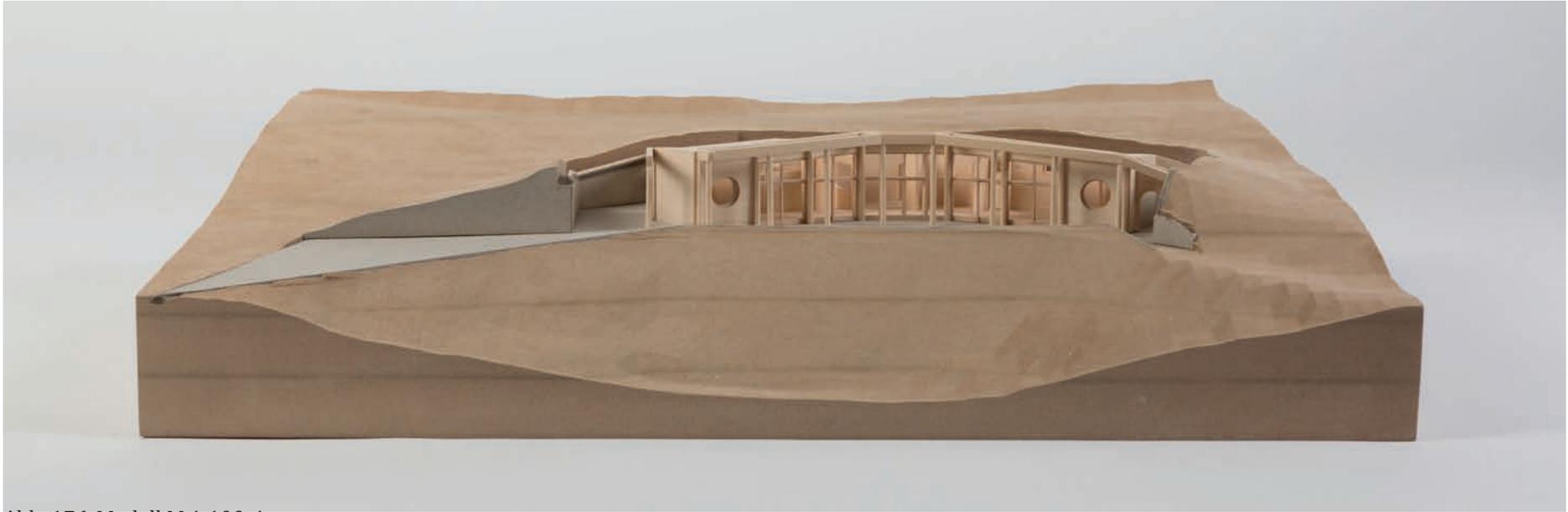


Abb. 176_Modell M 1:100_1



Abb. 177_Modell M 1:100_2



Abb. 178_Modell M 1:100_3

4.23. ZUSAMMENFASSUNG

Gebäude unter der Erde, egal ob in Form von Behausungen, Kultstätten oder Lagerräumen, waren schon vor mehreren tausend Jahren auf der ganzen Welt verbreitet. Durch die Weiterentwicklung der Menschheit und der Entwicklung neuer Baustoffe geriet diese Bauweise großteils in Vergessenheit. Erst vor etwas über hundert Jahren begann man sich wieder mehr für das Bauen unter der Erde zu interessieren.

Es sprechen viele Argumente dafür, Gebäude mit Erde zu bedecken. Abgesehen davon, dass sich derartige Bauwerke gut in die Landschaft fügen, haben sie den Vorteil, dass ein Großteil des Bauplatzes der Natur zurückgegeben wird und somit keine direkte Versiegelung der Erdoberfläche stattfindet. Durch die Begrünung von Dachflächen werden auch wieder neue Lebensräume für Tiere und Pflanzen geschaffen.

Geht man noch einen Schritt weiter und errichtet erdbedeckte Häuser aus Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen, wie Holz, Stroh und Lehm, kann auch in diesem Bereich auf die Umwelt geachtet werden. Eine geeignete Tragkonstruktion aus Holz kann die hohen Lasten, die durch eine Dachbegrünung anfallen, aufnehmen. Stroh hat gute wärmedämmende Eigenschaften und trotz seiner geringen Dichte eine relativ gute Wärmespeicherfähigkeit. Zusätzlich dient es in der Zeit, für die es verbaut ist, als CO₂ Speicher.

Lehm sorgt nicht nur für ein angenehmes Raumklima, sondern auch für den notwendigen Brandschutz.

Bei einer derartigen Bauweise ist besonders darauf zu achten, die extrem feuchtigkeitsempfindlichen Materialien entsprechend zu schützen.

Bei meinem Entwurf für ein Ausgedinge Haus habe ich nicht nur großen Wert auf Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit gelegt, sondern auch darauf geachtet, dass das Gebäude, soweit wie möglich, im Selbstbau errichtet werden kann. Der Grundriss wurde so gestaltet, dass sich nicht nur die Bauherren in ihrer derzeitigen Lebensphase dort wohl fühlen, sondern auch auf zukünftige Ereignisse eingegangen werden kann. Deshalb wurde das Haus so flexibel geplant, dass es unterschiedlichen Bedürfnissen gerecht werden kann. Alle Bereiche sind barrierefrei und die Unterbringung einer eventuell benötigten Pflegekraft ist möglich. Durch kleine Änderungen kann aber auch eine mehrköpfige Familie in ferner Zukunft dort einziehen.

Unter Beachtung all dieser Bedingungen entstand eine komplexe Gebäudeform, für die passende Aufbauten und Detaillösungen gefunden werden mussten. Zusätzlich wurde die Sommertauglichkeit des Gebäudes überprüft, eine Klimaaktiv Bewertung durchgeführt und einzelne Aufbauten mittels des Oekoindex OI3 bewertet.

5. LITERATURVERZEICHNIS

Bücher

- ARENS/ELLISON/STERING, Erdbedeckte Häuser, Grundlagen Beispiele Energiedaten, Düsseldorf (Beton-Verlag) 1983, S.15-17, 96, 98, 118, 119
- EDELHART, Mike, Das Erdhaus, Handbuch für Architekten und Bauherren, Wien (Verlag ORAC) 1983, S. 22-29
- MATHOY, Klaus, ökologische Sonnenhäuser, Bauen im Einklang mit der Natur, Innsbruck (Edition Löwenzahn/Österreichischer StudienVerlag) 1994, S.26,44,46,48,52,54
- MINKE/KRICK, Handbuch Strohballenbau, Grundlagen Konstruktion Beispiele, Staufen bei Freiburg (ökobuch Verlag), 2004, 32014, S.8-10,18-20,27-29,44,45

Internetadressen

- http://rin.ecology.at/ge/projekt/projekt_det.phtm?projektID=-892198208
- <http://erdhaus.at>
- <https://baustoffe.fnr.de/daemmstoffe/materialien/stroh/>
- https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=de
- <https://www.klimaaktiv.at>
- <https://www.ibo.at/materialoekologie/lebenszyklusanalysen/oekoindex-oi3>
- <http://baubiologie.at/strohballenbau>
- <http://www.thesim.at/3d/thesim.html?v=0.99>

6. ABBILDUNGSVERZEICHNIS*

- Abb. 1_Höhlenhäuser Loirtal, <http://www.kurt-brun.ch/berichte/13/04/Hoehlenwohnungen/Hoehlenwohnungen%20an%20der%20Loire.htm>, 26.09.2018 10
- Abb. 2_Cappadocia, Donna AHRENS, Erdbedeckte Häuser, Grundlagen Beispiele Energiedaten, Düsseldorf (Beton-Verlag) 1983, S. 15 10
- Abb. 3_Matmata Tunesien, https://farm8.static.flickr.com/7293/8741124948_6cd7cf1215_b.jpg, 26.09.2018 10
- Abb. 4_Innenhofhäuser China, Donna AHRENS, Erdbedeckte Häuser... S. 15 10
- Abb. 5_Kiva, Leonie MANHARDT, Das Erdhaus, Wien (Orac) 1983, S. 23 11
- Abb. 6_Grassodenhäuser Island 11
- Abb. 7_Forestiere am Eingang zu seinem Labyrinth, <http://www.undergroundgardens.com>, 26.09.2018 11
- Abb. 8_Südansicht, Donna AHRENS, Erdbedeckte Häuser... S. 118 12
- Abb. 9_Grundriss, Donna AHRENS, Erdbedeckte Häuser... S. 119 12
- Abb. 10_Süd-Ostansicht, Donna AHRENS, Erdbedeckte Häuser... S. 121 12
- Abb. 11_Schnitt, Donna AHRENS, Erdbedeckte Häuser... S. 119 12
- Abb. 12_Blick vom Dach in den Hof, Donna AHRENS, Erdbedeckte Häuser... S. 96 14
- Abb. 13_Grundriss, Donna AHRENS, Erdbedeckte Häuser... S. 98 14
- Abb. 14_Ausblick aus dem Wohnraum, Donna AHRENS, Erdbedeckte Häuser... S. 101 14
- Abb. 15_Schnitt, Donna AHRENS, Erdbedeckte Häuser... S. 98 14

*Sofern nicht anders angegeben stammen alle Grafiken und Fotografien von der Autorin

Abb. 16_Pyramidenhaus Südansicht, Klaus MATHOY, ökologische Sonnenhäuser, Bauen im Einklang mit der Natur, Innsbruck (Edition Löwenzahn/Österreichischer StudienVerlag) 1994, S.30	16	Ing. Klaus Mathoy, 01.02.2019	20
Abb. 17_Pyramidenhaus_Grasdach, Klaus MATHOY, ökologische Sonnenhäuser... S.33	16	Abb. 33_Grundriss, http://www.erdhaus.at/plan/grundriss.html , 22.09.2018	22
Abb. 18_Kegelhaus_Grasdach, Klaus MATHOY, ökologische Sonnenhäuser... S.48	16	Abb. 34_Südansicht, http://www.erdhaus.at...	22
Abb. 19_Kegelhaus_Wintergarten, Klaus MATHOY, ökologische Sonnenhäuser... S.49	16	Abb. 35_das Erdhaus im Bau, http://www.erdhaus.at...	22
Abb. 20_Kegelhaus_Innenhof, Klaus MATHOY, ökologische Sonnenhäuser... S.50	16	Abb. 36_Winteransicht, http://www.erdhaus.at...	22
Abb. 21_Haus mit Tonnengewölbe, Klaus MATHOY, ökologische Sonnenhäuser... S.46	17	Abb. 37_Wohntonnen in Buchberg-Wangelin_Gernot Minke, http://gernotminke.gernotminke.de/projects/ , 05.02.2019	26
Abb. 22_Haus mit Tonnengewölbe Schnitt, Klaus MATHOY, ökologische Sonnenhäuser... S.47	17	Abb. 38_Wohntonnen_Schnitt, Gernot MINKE, Benjamin KRICK, Handbuch Strohballenbau, Grundlagen, Konstruktionen, Beispiele, Staufen bei Freiburg (ökobuch Verlag), 3. erweiterte und aktualisierte Auflage 2014, S. 144	26
Abb. 23_Erdhaussiedlung Imst_Nordseite	18	Abb. 39_Maya Botique Hotel_Werner Schmidt, https://de.maya-boutique-hotel.ch/foto-galerie/ , 17.02.2018	26
Abb. 24_Erdhaussiedlung Imst_vorgesetztes Glashaus	18	Abb. 40_Maya Botique Hotel_Schnitt, https://www.atelierwernerschmidt.ch/maya-boutique-hotel-nax , 17.02.2018	26
Abb. 25_Haus Wildner	18	Abb. 41_Fawn Lake Ranch, Nebraska, 1900-1914, Gernot MINKE, Benjamin KRICK, Handbuch Strohballenbau... S. 8	27
Abb. 26_Haus Wildner_Eingangsbereich	18	Abb. 42_Biohaus Süchterscheid, 1979, Gernot MINKE, Benjamin KRICK, Handbuch Strohballenbau... S. 9	27
Abb. 27_Haus Wildner_Grundriss, Klaus MATHOY, ökologische Sonnenhäuser... S.55	19	Abb. 43_Strohballen, Gernot MINKE, Benjamin KRICK, Handbuch Strohballenbau... S. 15	28
Abb. 28_Haus Wildner Schnitt, Klaus MATHOY, ökologische Sonnenhäuser... S.47	19	Abb. 44_Wärmetransportarten, Gernot MINKE, Benjamin KRICK, Handbuch Strohballenbau... S. 18	29
Abb. 29_schematische Darstellung, https://docplayer.org/46466910-Vorwort-liese-prokop-lantle-hauptm-lnn-stv-on-nicclerti-iterreirli-3.html , 04.02.2019	20	Abb. 45_Lageplan	32
Abb. 30_Südansicht	20	Abb. 46_Luftbild, https://www.google.com/maps , 07.02.2019	33
Abb. 31_Zugang	20	Abb. 47_Sonnenstandsdiagramm	34
Abb. 32_Schnitt, zur Verfügung gestellt von Arch. Dipl.			

Abb. 48_polares Sonnenstandsdiagramm	34	Abb. 78_Befüllung der Schalung	52
Abb. 49_Grundriss	36	Abb. 79_Schalung mit Bewehrung	52
Abb. 50_Grundriss_geteilte Variante	38	Abb. 80_letzter Abschnitt für Betonaufleger	52
Abb. 51_Grundriss für Schnitt	40	Abb. 81_Grundriss Schritt 6	53
Abb. 52_Schnitt	40	Abb. 82_Schritt 6_Auflager Steinwand für Deckenbalken	53
Abb. 53_Grundriss für Einsicht	41	Abb. 83_Grundriss Schritt 7	54
Abb. 54_Einsicht	41	Abb. 84_Schritt 7_Hauptträger	54
Abb. 55_Südansicht	42	Abb. 85_Grundriss Schritt 8	55
Abb. 56_Kellerbodenaufbau	43	Abb. 86_Schritt 8_Doppelbaumdecke	55
Abb. 57_Bauplatz	44	Abb. 87_Bewehrung für Streifenfundament mit gleich-	
Abb. 58_erste Baggararbeiten	44	mäßiger Belastung	56
Abb. 59_Baugrube	44	Abb. 88_Bewehrung für Streifenfundament mit hoher	
Abb. 60_Grundriss Schritt 1	45	Punktbelastung	56
Abb. 61_Schritt 1_Baugrube	45	Abb. 89_Fundament vorne	57
Abb. 62_die ersten Steine werden platziert	46	Abb. 90_Fundament hinten	57
Abb. 63_Steinmauer wird hinterfüllt	46	Abb. 91_Fundament Innenstützen	57
Abb. 64_fertige Trockensteinmauer	46	Abb. 92_Fundament Außenstützen	57
Abb. 65_Grundriss Schritt 2	47	Abb. 93_Fußbodenaufbau 2	58
Abb. 66_Schritt 2_Trockensteinmauer	47	Abb. 94_Fußbodenaufbau 1	59
Abb. 67_Aushub für Fundament	48	Abb. 95_Wandaufbau 1	60
Abb. 68_Aushub für Außenmauerfundament	48	Abb. 96_Wandaufbau 2	61
Abb. 69_befülltes Fundament	48	Abb. 97_Stampflehmwand schematische Ansicht	62
Abb. 70_fertiges Fundament mit Markierung für Außenstütze	48	Abb. 98_Innenwand	62
Abb. 71_Grundriss Schritt 3	49	Abb. 99_Stampflehmwand	62
Abb. 72_Schritt 3_Fundamente	49	Abb. 100_Dachaufbau Tragkonstruktion in Dämmebene	63
Abb. 73_Grundriss Schritt 4	50	Abb. 101_Dachaufbau Tragkonstruktion unter Dämmebene	63
Abb. 74_Schritt 4_Stützen	50	Abb. 102_Dachaufbau	64
Abb. 75_Grundriss Schritt 5	51	Abb. 103_Detail Kellerwand	67
Abb. 76_Schritt 5_Holzständerwand	51	Abb. 104_Schematischer Schnitt Detail Kellerwand	67
Abb. 77_Schalung für Betonaufleger	52	Abb. 105_Schematischer Grundriss Detail Kellerwand	67

Abb. 106_Detail Wand-/Dachanschluss hinten	68	Abb. 126_Schaumglas	75
Abb. 107_Schematischer Schnitt Detail Wand-/Dachanschluss hinten	68	Abb. 127_Schotter	75
Abb. 108_Schematischer Grundriss Detail Wand-/Dachanschluss hinten	68	Abb. 128_Wurfsteine, http://www.freingruber.at/besuch-bei-haus_w/sony-dsc-55/ , 01.02.2019	75
Abb. 109_Detail Wand-/Dachanschluss vorne	69	Abb. 129_Lärchenschalung	75
Abb. 110_Schematischer Schnitt Detail Wand-/Dachanschluss vorne	69	Abb. 130_Granit Pflastersteine, https://cremer-naturstein.de/de/produkt/14900845.html , 28.10.2019	76
Abb. 111_Schematischer Grundriss Detail Wand-/Dachanschluss vorne	69	Abb. 131_Natursteinplatten, http://litotex.info/wohndesign/ , 28.10.2019	76
Abb. 112_Detail Fundament-/Wandanschluss hinten	70	Abb. 132_verzinkter Stahl	76
Abb. 113_Schematischer Schnitt Detail Fundament-/Wandanschluss hinten	70	Abb. 133_Glas, https://www.creativeglassshop.eu/user-files/productlargeimages/product_9689.jpg , 10.02.2019	76
Abb. 114_Schematischer Grundriss Detail Fundament-/Wandanschluss hinten	70	Abb. 134_Lehmputz, https://www.schmiedhaus.de/sortiment/lehm/lehmputz/ , 28.10.2019	76
Abb. 115_Detail Fundament-/Wandanschluss vorne	71	Abb. 135_Stampflehm, http://www.newsmov.biz/rammed-earth.html , 28.10.2019	76
Abb. 116_Schematischer Schnitt Detail Fundament-/Wandanschluss vorne	71	Abb. 136_Dachbodenziegel, https://oldthing.de/Bodenziegel-Bodenplatten-Weinkeller-Antikziegel-alte-Mauersteine-Backsteine-Terracotta-Ziegelboden-0029491902 , 28.10.2019	77
Abb. 117_Schematischer Grundriss Detail Fundament-/Wandanschluss vorne	71	Abb. 137_Travertinfliesen, https://www.naturstein-paradies.eu/wp-content/uploads/2014/05/Travertin_Ordon_2a.jpg , 10.02.2019	77
Abb. 118_Detail Innenstütze	72	Abb. 138_Lärchendielen, https://www.megaparkett.at/marken/admonter-parkett.html , 28.10.2019	77
Abb. 119_Schematischer Schnitt Detail Innenstütze	72	Abb. 139_Fichtenschalung	77
Abb. 120_Schematischer Grundriss Detail Innenstütze	72	Abb. 140_Fichtenholz	77
Abb. 121_Detail Außenstütze	73	Abb. 141_Granit, 76. https://www.poschacher.com/wp-content/uploads/2018/04/Herschenberger-Granit-grau-gelb.jpg , 10.02.2019	77
Abb. 122_Schematischer Schnitt Detail Außenstütze	73		
Abb. 123_Schematischer Grundriss Detail Außenstütze	73		
Abb. 124_Konstruktionsholz, http://www.wald-prinz.de/holzpreise-und-holzpreisentwicklung-fichte/383 , 01.02.2019	75		
Abb. 125_Stroh	75		

Abb. 142_Kamerapositionen Innenaufnahmen	78	ßes Zimmer Variante 3, http://www.thesim.at...	100
Abb. 143_Kamerapositionen Außenaufnahmen	79	Abb. 164_Energieausweis Seite 1, zur Verfügung gestellt von Baumeister Gutstein, 19.02.2019	103
Abb. 144_Blick von Straße auf Hügel	80	Abb. 165_Energieausweis Seite 2, zur Verfügung gestellt von Baumeister Gutstein, 19.02.2019	104
Abb. 145_Blick vom Haupthaus	81	Abb. 166_Energieausweis Seite 5, zur Verfügung gestellt von Baumeister Gutstein, 19.02.2019	105
Abb. 146_Südensicht	82	Abb. 167_Klimaaktiv Bewertung	106
Abb. 147_Blick von Einfahrt auf Terrasse	83	Abb. 168_Logo Klimaaktiv, https://www.klimaaktiv.at/ , 24.04.2019	107
Abb. 148_Blick vom Eingang zur Küche	84	Abb. 169_Dachaufbau, https://www.baubook.info/m/Daten/PDF/20191028_094401_531/Bauteil.pdf , 09.09.2019	108
Abb. 149_Blick von Küche zur Terrasse	85	Abb. 170_Bodenaufbau 1, https://www.baubook.info/m/Daten/PDF/20191028_094459_547/Bauteil.pdf , 09.09.2019	110
Abb. 150_Blick in Richtung Küche und Wohnbereich	86	Abb. 171_Bodenaufbau 2, https://www.baubook.info/m/Daten/PDF/20191028_094535_275/Bauteil.pdf , 09.09.2019	111
Abb. 151_Blick aus Schlafzmmmer in den Wohnbereich	87	Abb. 172_Wandaufbau 1, https://www.baubook.info/m/Daten/PDF/20191028_094607_672/Bauteil.pdf , 09.09.2019	112
Abb. 152_Badezimmer	88	Abb. 173_Wandaufbau 2, https://www.baubook.info/m/Daten/PDF/20191028_094638_226/Bauteil.pdf , 09.09.2019	113
Abb. 153_Nachtaufnahme	89	Abb. 174_Modell M 1:500_1	114
Abb. 154_Energiekonzept, Luftbild, https://www.google.com/maps , 07.02.2019	90	Abb. 175_Modell M 1:500_2	115
Abb. 155_Wasserkonzept, Luftbild, https://www.google.com/maps , 07.02.2019	91	Abb. 176_Modell M 1:100_1	116
Abb. 156_kleines Zimmer im Westen	92	Abb. 177_Modell M 1:100_2	116
Abb. 157_grafische Darstellung Temperaturverlauf kleines Zimmer Variante 1, http://www.thesim.at/3d/thesim.html?v=0.99 , 16.01.2019	93	Abb. 178_Modell M 1:100_3	117
Abb. 158_grafische Darstellung Temperaturverlauf kleines Zimmer Variante 2, http://www.thesim.at...	94		
Abb. 159_grafische Darstellung Temperaturverlauf kleines Zimmer Variante 3, http://www.thesim.at...	95		
Abb. 160_großes Zimmer im Osten	97		
Abb. 161_grafische Darstellung Temperaturverlauf großes Zimmer Variante 1, http://www.thesim.at...	98		
Abb. 162_grafische Darstellung Temperaturverlauf großes Zimmer Variante 2, http://www.thesim.at...	99		
Abb. 163_grafische Darstellung Temperaturverlauf gro-			

7. ANHANG

Grundriss M 1:100

Grundriss geteilte Variante M 1:100

Schnitt M 1:100

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

