

DIPLOMARBEIT

Entwicklung von Planungsempfehlungen für energieeffizientes Bauen und passive Solarenergienutzung bei Ein- und Zweifamilienhäusern im österreichischen Alpenraum

**ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs unter der Leitung von**

**Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Klaus Kreč
E253 – Institut für Architektur und Entwerfen**

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

**Christina Ipser, 9725326
Hilschergasse 8/1, 1120 Wien**

Wien, am 28.08.07

Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Klaus Kreč für seine außerordentlich kompetente und feinfühligte Betreuung bedanken.

Professor Kreč stand mir stets mit wertvollen Ratschlägen zur Seite, hatte Antworten auf alle meine Fragen und verstand es immer wieder mich durch neue Anregungen und Überlegungen zu motivieren.

Vor allem aber möchte ich Professor Kreč dafür danken, dass ich mein langes und manchmal frustrierendes Studium mit einer Diplomarbeit beenden konnte, zu der ich stehe und die mir wirklich Spaß gemacht hat.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung.....	III
Kurzfassung.....	IX
Einleitung.....	1
1 Grundlagen - Die Alpen.....	3
1.1 Allgemeine Daten zu den Alpen.....	3
1.1.1 Lage, Größe und Bevölkerung.....	3
1.1.2 Die Österreichischen Alpen.....	5
1.1.3 Wirtschaftliche Bedeutung und Problematiken.....	5
1.1.3.1 Landwirtschaft.....	6
1.1.3.2 Tourismus.....	6
1.1.3.3 Energie.....	7
1.1.3.4 Verkehr.....	9
1.1.4 Ökologische Bedeutung und Problematiken.....	9
1.1.4.1 Über- und Unternutzung.....	10
1.1.4.2 Klimawandel.....	10
1.1.4.3 Schadstoffbelastungen.....	11
1.2 Der Wohnbau im Alpenraum.....	11
1.2.1 Historisches.....	11
1.2.1.1 Die Besiedelung der Alpen.....	11
1.2.1.2 Traditionelle Siedlungsformen in den Alpen.....	12
1.2.1.3 Traditionelle Bauweisen in den Alpen.....	14
1.2.1.4 Das Einfamilienhaus in den Alpen.....	15
1.2.2 Aktueller Wohnbau in den Alpen.....	16
1.2.2.1 Moderne Architektur in den Alpen.....	16
1.2.2.2 Aktuelle Baustandards im Alpenraum.....	16
1.2.2.3 Zahlen zum aktuellen Baugeschehen in den Österreichischen Alpen.....	17
1.3 Das Klima in den Alpen.....	19
1.3.1 Allgemeines zum Klima der Alpen.....	19
1.3.2 Besonderheiten des alpinen Klima.....	19
1.3.2.1 Lufttemperatur.....	19
1.3.2.2 Strahlungsintensität.....	20
1.3.2.3 Niederschlag.....	21
1.3.2.4 Besondere Wetterphänomene.....	21
Strahlungsinversion.....	21
Dynamische Inversion.....	22
Talinversion.....	22
1.3.3 Klimaentwicklungen.....	23
2 Parameterstudien.....	25
2.1 Rahmenbedingungen.....	25
2.1.1 Die Fragestellung.....	25
2.1.2 Grundannahmen.....	26
2.1.2.1 Untersuchungsobjekt Einfamilienhaus.....	26
2.1.2.2 Untersuchte Region und Seehöhe.....	26
2.1.3 Standortwahl.....	27
2.1.3.1 Allgemeine Annahmen.....	27
2.1.3.2 Kriterien und Vorgehensweise.....	27
2.1.3.3 Standortkriterien Baugeschehen und Höhenlage.....	28

2.1.3.4 Standortkriterium Klima.....	29
Klimadatenkatalog und Planfelder.....	29
Untersuchte Klimadaten.....	30
Diskussion der Ergebnisse.....	30
Planfelder mit deutlicher Inversion.....	31
Planfelder ohne Inversion.....	33
Stärke der Inversion.....	33
2.1.3.5 Auswahl der Standorte.....	35
2.1.4 Baukörper - Grundvariante.....	39
2.1.4.1 Allgemeines.....	39
2.1.4.2 Außenbauteile.....	40
2.1.4.3 Fenster und Türen.....	41
2.1.4.4 Belichtung.....	42
2.1.4.5 Wärmebrücken.....	42
2.2 Winterfall - Heizwärmebedarfsberechnung.....	43
2.2.1 Allgemeines.....	43
2.2.2 Parameter - Beschreibung.....	44
2.2.2.1 Standort.....	44
2.2.2.2 Seehöhe.....	44
2.2.2.3 Wärmedämmung.....	45
2.2.2.4 Größe der nach Süden orientierten Belichtungsfläche.....	46
2.2.2.5 Fensterqualität.....	52
2.2.2.6 Kontrollierte Wohnraumlüftung.....	53
2.2.3 Ergebnisse und Interpretation.....	53
2.2.3.1 Einfluss von Standort und Seehöhe auf den Heizwärmebedarf.....	53
2.2.3.2 Einfluss der Wärmedämmung auf den Heizwärmebedarf.....	56
2.2.3.3 Einfluss der südorientierten Belichtungsfläche auf den Heizwärmebedarf.....	58
2.2.3.4 Einfluss der Fensterqualität auf den Heizwärmebedarf.....	61
2.2.3.5 Einfluss der Lüftungswärmerückgewinnung auf den Heizwärmebedarf	64
2.3 Sommerfall – Sommertauglichkeitsberechnung.....	66
2.3.1 Allgemeines.....	67
2.3.2 Testraum.....	68
2.3.2.1 Kritischer Raum.....	68
2.3.2.2 Nutzung.....	69
2.3.2.3 Lüftung.....	69
2.3.2.4 Sonnenschutz.....	69
2.3.3 Parameter - Beschreibung.....	69
2.3.3.1 Seehöhe.....	69
2.3.3.2 Wärmedämmung.....	70
2.3.3.3 Bauweise.....	70
2.3.3.4 Nutzungszeitraum.....	70
2.3.4 Ergebnisse und Interpretation.....	72
2.3.4.1 Einfluss der Seehöhe auf die Sommertauglichkeit.....	72
2.3.4.2 Einfluss des Standortes auf die Sommertauglichkeit.....	72
2.3.4.3 Einfluss der Wärmedämmung auf die Sommertauglichkeit.....	73
2.3.4.4 Einfluss der Bauweise auf die Sommertauglichkeit.....	74
2.3.4.5 Einfluss der Nutzung auf die Sommertauglichkeit.....	74

3 Zusammenfassung.....	78
3.1 Fragestellung und Zielsetzung.....	78
3.2 Ergebnisse.....	78
3.3 Planungsempfehlungen zur Reduktion des Heizwärmebedarfs.....	79
3.3.1 Seehöhe und Standort.....	79
3.3.2 Größe der südorientierten Belichtungsfläche.....	80
3.3.3 Wärmedämmung.....	80
3.3.4 Fensterqualität.....	81
3.3.5 Lüftungswärmerückgewinnung.....	83
3.4 Planungsempfehlungen zur Sommertauglichkeit.....	83
3.4.1 Seehöhe.....	83
3.4.2 Wärmedämmung.....	83
3.4.3 Bauweise.....	84
Literaturverzeichnis.....	87
Gesetze- Normen und Richtlinienverzeichnis.....	89
Abbildungsverzeichnis.....	91
Anhang A - Grundlagen zu den Alpen.....	93
Anhang B - Daten zur Parameterstudie Winterfall.....	102
Anhang C - Daten zur Parameterstudie Sommerfall.....	112

Kurzfassung

Die Frage nach einer modernen alpinen Architektur konzentriert sich schon längst nicht mehr nur auf ästhetische und stilistische Gesichtspunkte. Der derzeit beobachtbare Klimawandel, steigende Energiepreise und die immer lauter werdende Forderung nach mehr ökologischem Bewusstsein im Bauwesen haben die Energieeffizienz von Gebäuden auch im Alpenraum zu einer Notwendigkeit gemacht.

Energieeffizientes Bauen ist immer mit einer sorgfältigen Berücksichtigung der lokalen klimatischen Gegebenheiten verbunden, da unterschiedliche Klimabedingungen auch entsprechende Strategien zur Energieoptimierung von Gebäuden ermöglichen und erfordern. Das Klima in den Österreichischen Alpen unterscheidet sich ganz deutlich von den vorherrschenden Klimabedingungen in niedriger gelegenen Regionen. Einige grundlegende Eigenschaften des alpinen Klimas lassen sich ganz allgemein zusammenfassen. So sinken etwa mit zunehmender Seehöhe im Schnitt die vorherrschenden Lufttemperaturen, gleichzeitig steigen aber mit der Höhe auch die auftretenden Strahlungsintensitäten.

Es liegt also nahe, dass sich für bestimmte alpine Höhenlagen auch allgemeine Planungsempfehlungen für das energieeffiziente Bauen formulieren lassen. Im Zuge dieser Arbeit wurden geeignete Maßnahmen zur Energieoptimierung von Gebäuden zusammengestellt und mittels thermischer Simulation auf ihre Wirksamkeit in höheren Lagen des österreichischen Alpenraums geprüft. Die Untersuchungen konzentrieren sich dabei auf das *typisch österreichische Einfamilienhaus* an sonnigen Standorten zwischen 800 m und 1.400 m Seehöhe.

Die Ergebnisse der durchgeführten Studien bringen eine überraschende Erkenntnis: Energieeffizientes Bauen in alpinen Regionen ist nicht nur ebenso gut möglich wie in niederen Höhenlagen, einige Strategien zur Energieoptimierung funktionieren unter alpinen Klimabedingungen sogar deutlich besser als an tiefer gelegenen Standorten. Das Konzept des Passivhauses scheint für das Klima in den Alpen wie geschaffen, aber auch der Heizenergieaufwand von konventionellen Neubauten kann in alpinen Lagen durch einfache Maßnahmen deutlich reduziert werden.

Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse wurde ein Katalog mit Planungsempfehlungen zusammengestellt, der schon vor Planungsbeginn einen Überblick über geeignete Maßnahmen und Strategien zur Reduktion des Heizenergiebedarfs an verschiedenen alpinen Standorten gibt und ohne großen Aufwand eine grobe Abschätzung der erzielbaren Energieeinsparungen ermöglicht. Vielleicht wird dadurch ja sogar ein kleiner Beitrag für die Entwicklung einer zeitgemäßen alpinen Architektur geleistet.

Einleitung

In der Diskussion über zeitgemäße alpine Architektur rücken derzeit neben stilistischen und ästhetischen Gesichtspunkten zunehmend ökologische Aspekte und damit auch die Frage der Energieeffizienz in den Mittelpunkt. Neue Anforderungen, Materialien und Techniken führen heute auch hier zu ganz anderen Aufgaben und Möglichkeiten, als das noch vor wenigen Jahrzehnten der Fall war.

Ein wesentliches Argument für energieeffiziente Bauweisen ist die dringend notwendige Reduktion von klimaschädlichen CO₂-Ausstößen. Aufgrund ihres empfindlichen Ökosystems und durch ihren besonders sensiblen und exponierten Lebens- und Wirtschaftsraum sind die Alpen stärker von Klimaänderungen und deren Folgen betroffen als viele andere Regionen. In den letzten Jahrzehnten wurde zudem im Alpenraum eine Klimaänderung mit Temperaturanstiegen beobachtet, die etwa doppelt so groß sind, wie der weltweit festgestellte Durchschnitt. Verschiedene ökonomische, ökologische und soziale Auswirkungen des Klimawandels sind im Alpenraum bereits deutlich sichtbar, und zahlreichen Prognosen zufolge werden diese Auswirkungen in naher Zukunft noch drastisch zunehmen. Neben der Entwicklung nachhaltiger Strategien für den Umgang mit den Folgen des Klimawandels scheint es gerade in dieser besonders betroffenen Region wichtig, die Klimaschutzanstrengungen zu intensivieren um den Treibhauseffekt zu reduzieren.

Im Bereich der öffentlichen Hand wurden in den letzten Jahren im Alpenraum bereits einige äußerst innovative Neubau- und Sanierungsprojekte mit besonderem Augenmerk auf die Energieeffizienz durchgeführt. Ein großes Entwicklungspotential liegt aber auch beim Einfamilienhaus in alpinen Regionen, auf das sich diese Arbeit konzentriert. Grundsätzlich sind frei stehende Einfamilienhäuser aus ökologischer Sicht problematisch. Dennoch liegt derzeit in Österreich der Anteil der Ein- und Zweifamilienhäuser am Wohnungsneubau in über 800 m Seehöhe bei etwa 62 %, und in einigen ländlichen Alpenregionen wird das Einfamilienhaus auch langfristig nicht vollständig durch verdichtete Wohnbauformen ersetzt werden können.

Etwa drei Viertel der verbrauchten Energie in Privathaushalten werden für die Raumheizung und Warmwassererzeugung aufgewendet, und mehr als die Hälfte der Energiebereitstellung dafür erfolgt noch immer aus fossilen Brennstoffen, hauptsächlich aus Heizöl und Erdgas.¹ Dabei ließe sich heute der für die Raumwärme benötigte Energieaufwand mit energieeffizienten Bau- und Sanierungsmaßnahmen um bis zu 90 % reduzieren. Die Technologien der Niedrigenergiebauweise und des Passivhausstandards ermöglichen eine Verringerung des Energieverbrauchs sogar bei einer gleichzeitigen deutlichen Steigerung des Wohnkomforts.

Das Klima in den Österreichischen Alpen unterscheidet sich ganz deutlich von den vorherrschenden Klimabedingungen in niedriger gelegenen Regionen. Da unterschiedliche Klimabedingungen auch angemessene Strategien zur Energieoptimierung von Gebäuden erfordern, liegt es nahe, dass sich für die speziellen klimatischen Verhältnisse im Alpenraum auch entsprechende Planungsempfehlungen zur Verbesserung der Energieeffizienz formulieren lassen. Im Zuge dieser Diplomarbeit wurden daher einige geeignete Maßnahmen zur Energieoptimierung von Gebäuden zusammengestellt und mittels thermischer

1 Vgl. Statistisches Jahrbuch 07, S. 356, Tabelle 22.15

Einleitung

Simulation auf ihre Wirksamkeit in höheren Lagen des österreichischen Alpenraums überprüft.

Für die Beurteilung der jeweiligen Maßnahmen wurden verschiedene Parameterstudien an einem Modellbaukörper durchgeführt, der ein *typisches österreichisches Einfamilienhaus* repräsentiert. Der untersuchte Höhenbereich wurde dabei auf alpine Lagen zwischen 800 m und 1.400 m über Meer festgelegt, und es wurden ausschließlich sonnige Standorte berücksichtigt. Da im Zuge der Arbeit außerdem deutlich wurde, dass für die Beurteilung verschiedener Parameter eine Berücksichtigung der Sommertauglichkeit unbedingt erforderlich war, wurden schließlich noch einige grundlegende Untersuchungen zum Sommerfall durchgeführt.

Die vorliegende Diplomarbeit ist dem Arbeitsablauf entsprechend in drei größere Abschnitte gegliedert. Der erste Teil enthält einige grundlegende Informationen, die im Zuge der Arbeit zum Thema Alpen recherchiert wurden. Diese Daten stehen nicht alle in direktem Zusammenhang mit dem eigentlichen Forschungsziel, sie sollen hier aber zu einem besseren Gesamtverständnis beitragen.

Im zweiten Teil, der auch den eigentlichen Hauptteil der Arbeit darstellt, befinden sich genaue Beschreibungen der durchgeführten Parameterstudien, sowie detaillierte Interpretationen der jeweiligen Ergebnisse. Die wichtigsten gewonnenen Erkenntnisse aus den Parameterstudien, werden im letzten Teil der Arbeit schließlich noch einmal zusammengefasst und in Form eines Katalogs mit Planungsempfehlungen für energieeffizientes Bauen in Seehöhen zwischen 800 m und 1.400 m wiedergegeben.

1 Grundlagen - Die Alpen

Mit der Besiedelung der Alpen begann vor etwa 7000 Jahren die Eroberung und Kultivierung eines einzigartigen Lebensraums. Über Jahrtausende hinweg wurden Strategien entwickelt um die verfügbaren Ressourcen effizient zu verwerten und die Bergregionen für die Agrar- und Viehwirtschaft nutzbar zu machen. Vom Talboden bis in die hoch gelegenen Almregionen wurde die Naturlandschaft sukzessive verändert und eine durch kleinräumige Strukturierung und außerordentliche ökologische Vielfalt geprägte Kulturlandschaft geschaffen.

In ihrer heutigen Form sind die Alpen wesentlich mehr als nur Lebensraum und Ressourcenlieferant. Sie beherbergen einige der großen europäischen Naturreservate, fungieren als Trinkwasserspeicher und Erholungsgebiet und liefern Wasserkraft und Energie aus anderen Quellen. Sie sind Träger vieler wichtiger Verkehrswege und als eine der weltgrößten Tourismusregionen stellen sie für die Alpenländer einen wesentlichen wirtschaftlichen Faktor dar.

Die Alpen bergen neben diesen vielen Potentialen jedoch auch zahlreiche Problematiken und Gefahren: Die zunehmende Ungleichverteilung der Besiedelung, ein verstärktes Verkehrsaufkommen durch Transit, Tourismus und Pendler, wirtschaftliche Problematiken und nicht zuletzt das äußerst sensible Ökosystem, das empfindlich auf alle Umweltveränderungen reagiert. All diese Faktoren haben die Alpen zu einer europäischen Problemregion gemacht. Die Entwicklung spezieller Strategien und zukunftsorientierter Entwicklungsmaßnahmen für den Alpenraum gehört zu den großen Herausforderungen aller betroffenen Staaten.

1.1 Allgemeine Daten zu den Alpen

1.1.1 Lage, Größe und Bevölkerung

Die Alpen sind das höchste und ausgedehnteste innereuropäische Gebirge. Sie ziehen sich in einem Bogen der etwa 1.200 km lang und 150 - 250 km breit ist, vom Golf von Genua bis zur Donau. Nach der Definition der Alpenkonvention umfassen sie eine Fläche von 190.879 km² ² und erstrecken sich über sieben Staaten, nämlich Frankreich, Monaco, Italien, Schweiz, Deutschland, Liechtenstein, Österreich und Slowenien.

Insgesamt leben etwa 13,644,540 Menschen im Alpenraum, bei einer Einwohnerdichte von 71,5 Einwohner pro km².³ Legt man dieser Berechnung jedoch nicht die gesamte geografische Fläche, sondern nur den dauerhaft besiedelten Raum der Alpen zugrunde (ca. 25 %), so steigt die Bevölkerungsdichte auf 240 Einwohner/km². Dabei wird deutlich wie stark sich die vorherrschenden naturräumlichen Verhältnisse auf die Bevölkerungsverteilung auswirken. Während in den Hochgebirgsregionen geringe Dichten vorherrschen, treten in den großen Tälern (Etsch-, Inn-, Isère- und Durancetal) und am Alpenrand deutliche Bevölkerungskonzentrationen auf.⁴

2 Vgl. Streifeneder, S. 7.

3 Vgl. Streifeneder, S. 7.

Typisch für den Alpenraum ist etwa seit Beginn des 20. Jhdts. eine stark gegenläufige Bewegung bei der Bevölkerungsentwicklung. Tallagen, Tourismus- und Industriezentren verzeichnen ein ständiges Bevölkerungswachstum, während die agrarisch-ländlichen Gemeinden im eigentlichen Gebirge von Arbeitsplatzmangel und sinkenden Einwohnerzahlen betroffen sind.⁵

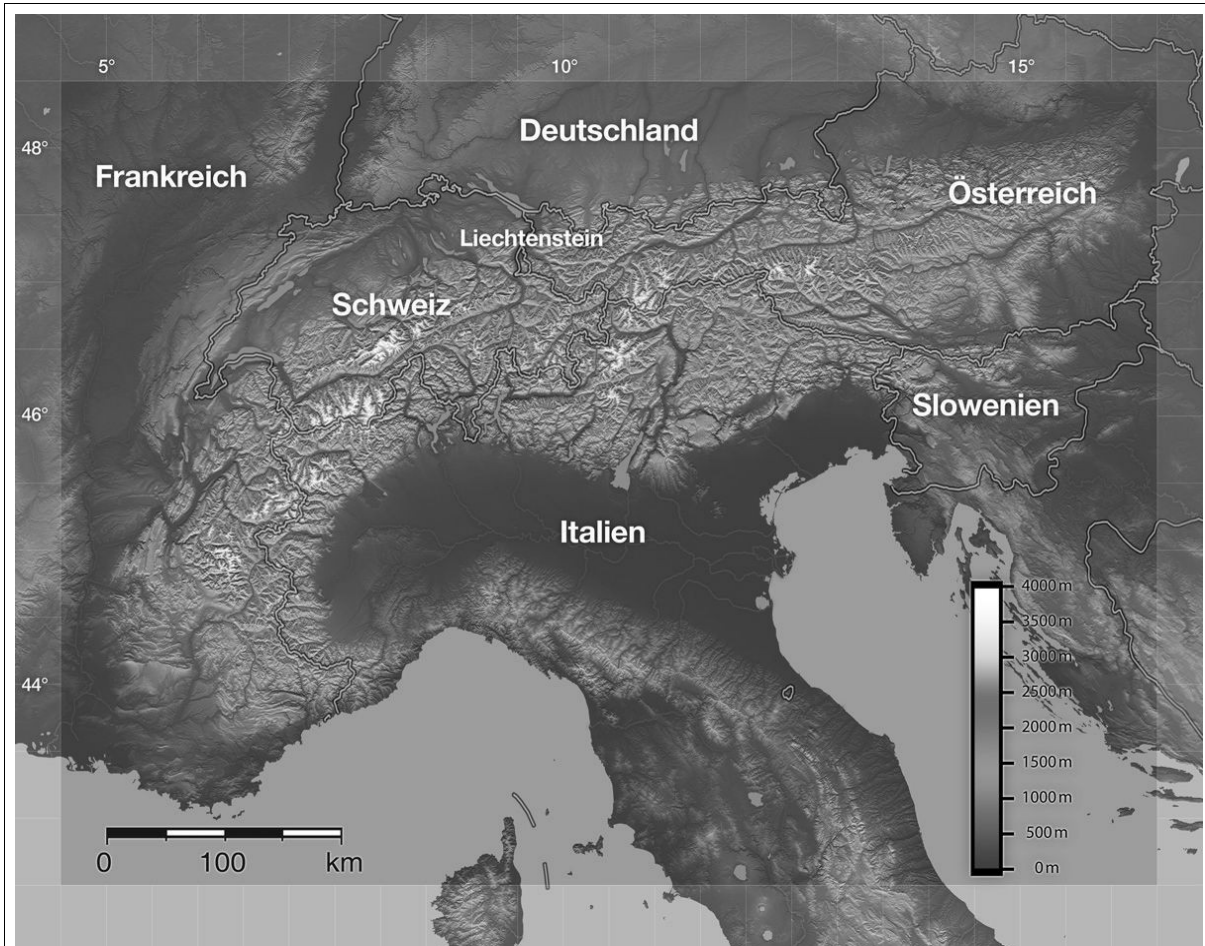


Abbildung 1.1.1: Digitales Relief der Alpen; Frankreich, Italien, die Schweiz, Deutschland, Liechtenstein, Österreich und Slowenien.

(Bildautor: Perconte, Wikipedia, veröffentlicht unter der "cc-by-sa"-Lizenz, Version 2.5)

Obwohl nur 23 % der gesamten Alpenfläche in einer Seehöhe zwischen 30 m und 500 m liegen, lebt doch etwas mehr als die Hälfte aller Alpenbewohner (53 %) in dieser Höhenstufe. Der mit 51 % größte Flächenanteil der Alpen liegt in einer Seehöhe zwischen 500 m und 1.000 m. Der Bevölkerungsanteil in dieser Region macht jedoch nur 41 % der gesamten Alpenbevölkerung aus. In über 1.000 m Seehöhe haben nur noch 7 % aller Alpenbewohner ihren Hauptwohnsitz, und gar nur noch 1% der Alpenbevölkerung lebt in über 1.500 m Seehöhe.⁶

4 Vgl. EURAC, Demographie, Bevölkerungsdichte – Spiegel der Topographie, <http://www.eurac.edu/Org/AlpineEnvironment/RegionalDevelopment/Projects/AGRALP_AK_BV_de.htm> (11.08.2007).

5 Vgl. Bätzing (1997), S. 58f.

6 Vgl. Bätzing (1997), S. 64f.

1.1.2 Die Österreichischen Alpen

Bezogen auf den Anwendungsbereich der Alpenkonvention hat Österreich mit 54,6 km², gefolgt von Italien und Frankreich den größten Anteil am Alpenraum. Etwa 65 % der Fläche Österreichs und rund die Hälfte aller österreichischen Gemeinden liegen im Alpenraum, aber nur 40% aller Österreicher (rund 3,3 Mio.) leben in dieser Region. Das ist zwar knapp ein Viertel der gesamten Alpenbevölkerung, im Vergleich zu anderen Alpenstaaten ist die Einwohnerdichte mit 59,6 Einwohner/km² in Österreich jedoch eher gering.⁷

Im Jahr 2001 lebten in den Österreichischen Alpen rund 330.000 Menschen in Gemeinden, deren Zentrum in 800 m bis 1000 m Seehöhe liegt. Etwa 123.500 Menschen lebten in Gemeinden zwischen 1000 und 1200 m Seehöhe und nur knapp 47.000 Menschen hatten ihren Hauptwohnsitz in über 1200 m Seehöhe.⁸

Insgesamt war der Bevölkerungswachstum im österreichischen Alpenraum zwischen 1980 und dem Jahr 2000 mit rund 8 % sogar etwas stärker als im übrigen Staatsgebiet. Dieser Zuwachs konzentriert sich jedoch hauptsächlich auf die Regionen rund um die Landeshauptstädte und die Tourismushochburgen zwischen Salzburg und Vorarlberg. Vor allem in der Steiermark und in Nordkärnten haben sich in Gegenden die bis in die 1970er von der Schwerindustrie geprägt waren, ausgesprochene Abwanderungsgebiete entwickelt.⁹

Unterscheidet man die westlichen und die östlichen Ostalpen als die zwei großen österreichischen Alpenregionen, so kann man deutliche Unterschiede in der Wirtschaftsstruktur, der wirtschaftlichen Entwicklung und im Landschaftsbild erkennen. Die westlichen Ostalpen sind eine hochalpine Region mit großen Rodungsflächen und kleinbäuerlichen Strukturen. Die traditionell bedeutsamen Wirtschaftsfaktoren sind Almbauernbetriebe und ein kleinbetrieblich geprägter Tourismus. Die östliche Ostalpen weisen eher Mittelgebirgscharakter und ausgedehnte Waldgebiete auf. Sie sind touristisch weniger stark erschlossen, und traditionell geprägt von Waldbauernbetrieben und der Erzverarbeitung. Entlang der Mur-Mürz-Furche in der Steiermark entwickelten sich schon früh große Schwerindustriezentren.¹⁰

1.1.3 Wirtschaftliche Bedeutung und Problematiken

Während die traditionellen Wirtschaftszweige im Alpenraum, wie Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Handwerk und Bergbau, seit dem Beginn der Industrialisierung schrittweise verdrängt wurden, gewannen andere Wirtschaftsfaktoren, wie etwa die Wasserkraftnutzung und der Tourismus, in weiten Regionen der Alpen stetig an Bedeutung. Dienstleistungszentren und Industriestandorte konnte sich bisher nur an

7 Vgl. Streifeneder, S. 7.

8 Quelle: Statistik Austria Ortsverzeichnisse 2001.

9 Vgl. EURAC, Bevölkerungsentwicklung - Österreich
<http://www.eurac.edu/Org/AlpineEnvironment/RegionalDevelopment/Projects/AGRALP_AT_BV_de.htm> (11.08.2007).

10 Vgl. Bätzing (1997), S. 181.

einzelnen begünstigen Standorten am Alpenrand, in den großen Alpenstädten oder entlang der wichtigsten Transitachsen entwickeln.¹¹

Die raschen Veränderungen der heutigen Wirtschaftsstrukturen stellen hohe Risiken und Herausforderungen für das soziale und ökologische Gefüge der Alpen dar. Der langfristige Trend zur Dienstleistungsgesellschaft in den Alpenstaaten lässt eine weitere Zunahme der räumlichen Konzentration in den inneralpinen Zentren erwarten, während wirtschaftlich bereits benachteiligte Gebirgsregionen noch stärker als bisher von Bevölkerungsschwund, Unternutzung und einem Zerfall der bestehenden Infrastruktur bedroht werden.

1.1.3.1 Landwirtschaft

Etwa 25 % der gesamten Fläche im Alpenraum werden landwirtschaftlich genutzt.¹² In vielen Bergregionen ist die Landwirtschaft als Beschäftigungsfaktor und Einkommensquelle noch immer von großer Bedeutung, ebenso wie für die Erhaltung der ökologischen und landschaftlichen Vielfalt, die Aufrechterhaltung der flächenhaften Infrastruktur und für die Prävention vieler Naturgefahren.

Fast überall in den Alpen geht die landwirtschaftliche Nutzung jedoch zurück. Selbst große Betriebe sind trotz spezieller Förderungen am nationalen und internationalen Markt kaum konkurrenzfähig. Mögliche Chancen für die Landwirtschaft im Alpenraum zeigen sich jedoch in einem verstärkten Trend zur biologischen Landwirtschaft und zur Qualitätsproduktion mit regional-spezifischer Kennzeichnung.¹³

Im Vergleich zu den anderen Alpenstaaten ist der Rückgang an landwirtschaftlichen Betrieben in den Österreichischen Alpen relativ gering. Seit den 1980ern stellten im österreichischen Alpenraum sogar wesentlich weniger Betriebe ihre Produktion ein als im landesweiten Durchschnitt, was vermutlich eine Folge gezielter agrarpolitischer Förderungsmaßnahmen ist. Die hohe Anerkennung der Berglandwirtschaft von Seiten der österreichischen Gesellschaft dürfte darin begründet sein, dass mit ihrer Leistung für die Pflege der Kulturlandschaft eine wichtige Grundlage für den bedeutenden Wirtschaftsfaktor Tourismus geschaffen wird. Daneben spielt wohl auch die Tatsache eine Rolle, dass fast zwei Drittel der österreichischen Staatsfläche im Alpenraum liegen.¹⁴

1.1.3.2 Tourismus

Der heutige Alpentourismus kann auf eine lange Tradition mit verschiedenen Entwicklungsphasen zurückblicken. Während die Alpen Anfang und Mitte des 19. Jhdt. noch eher Abenteuer- als Erholungsgebiet waren, setzte mit Beginn der *Belle-Epoque* um 1880 erstmals eine größere touristische Erschließungsphase ein. Zunächst beschränkte sich diese Entwicklung noch auf wenige Hochsommerwochen und eine sozial hochstehende, zahlungskräftige Zielgruppe. In den 20er und 30er

11 Vgl. Glauser u.a., S. 30ff.

12 Vgl. EURAC, Die Landwirtschaft im Alpenraum
<http://www.eurac.edu/Org/AlpineEnvironment/RegionalDevelopment/Projects/agralp_de.htm>
(12.08.2007).

13 Vgl. Glauser u.a., S. 96f.

14 Vgl. EURAC, Kennzahlen Konventionsgebiet -Österreich
<http://www.eurac.edu/Org/AlpineEnvironment/RegionalDevelopment/Projects/AGRALP_AT_S1_de.htm> (12.08.2007).

Jahren des 20. Jhdts. entdeckten jedoch immer mehr Urlauber den Wintertourismus, und als Alternative zu den teuren Palast-Hotels entstanden die ersten günstigeren Ferienhäuser.

Nach dem zweiten Weltkrieg setzte in den 1950er Jahren ein regelrechter Sommer-Massentourismus ein, gefolgt vom Winter-Massentourismus in den 1960er Jahren. Während sich beim Sommertourismus schon in den 70er Jahren wieder ein deutlicher Rückgang bemerkbar machte, zeigt sich beim Wintertourismus eine anhaltende Stagnation der Übernachtungszahlen.¹⁵

Seit den 1980er Jahren beginnt in einigen Regionen unter dem Begriff *sanfter Tourismus* eine weitere Form des Fremdenverkehr langsam Fuß zu fassen. Im Zentrum des sanften Tourismus steht die Forderung nach ökologischer und sozialer Verträglichkeit. Dieser Ansatz scheint jedoch nicht für alle Tourismusorte gleich geeignet zu sein und stellt eher ein Potential für bisher touristisch unerschlossene Regionen dar.¹⁶

Insgesamt gehören die Alpen heute mit über 100 Millionen Besuchern und mehr als 500 Millionen Übernachtungen pro Jahr zu den größten Tourismusgebieten der Welt. Etwa ein Viertel des gesamten Welttourismus spielt sich im Alpenraum ab.¹⁷

Dass damit auch zahlreiche Problematiken verbunden sind liegt auf der Hand. Eines der Probleme ist die starke Ungleichverteilung der touristischen Erschließung. Während das Ausmaß der Besucherzahlen in einigen großen Feriengebieten bereits die Schmerzgrenze erreicht hat, gibt es Regionen die keinen nennenswerten Fremdenverkehr aufweisen. Nur in Österreich wurde die Entwicklung des Alpentourismus mittels staatlicher Lenkung lange Zeit in Richtung einer vergleichsweise dezentralen und kleinbetrieblichen Struktur gesteuert.

Neben der ungleichmäßigen Verteilung stellt auch die ökologische Verträglichkeit der derzeit vorherrschenden Tourismusformen ein schwerwiegendes Problem dar. Die Sparte mit den negativsten Auswirkungen auf die Umwelt ist der Schisport, der gleichzeitig für viele Alpenregionen die wichtigste Einnahmequelle darstellt.

Bedingt durch den Klimawandel hat sich die Schneefallgrenze in einigen Alpenbereichen seit 1950 um mehr als 100 m nach oben verschoben.¹⁸ Die dadurch bedingte Schneunsicherheit und die kürzere Wintersaison bringen heute bereits einige traditionelle Wintersportorte in große finanzielle Schwierigkeiten.

Nicht zuletzt werden auch Probleme wie die extreme wirtschaftliche Abhängigkeit vieler Alpenregionen oder das erhöhte Verkehrsaufkommen durch den Tourismus verstärkt.

1.1.3.3 Energie

In Österreich werden derzeit etwa 60 %¹⁹ der verbrauchten elektrischen Energie mit Hilfe von Wasserkraft erzeugt, und der größte Teil davon kommt aus den Alpen. Auch in den meisten anderen Alpenländern spielt die Wasserkraft für die

15 Vgl. Bätzing (1991), S. 143ff.

16 Vgl. Glauser u.a., S. 73f.

17 Vgl. Bätzing (1997), S. 239.

18 Vg. Seiler, S. 9.

19 Vgl. Statistisches Jahrbuch 07, S. 354, Tabelle 22.13.

Elektrizitätswirtschaft eine bedeutende Rolle. Mit dem Bau von Atomkraftwerken hat sie jedoch ihre einstige Monopolstellung verloren.

Die Stromerzeugung durch Wasserkraft gilt heute im allgemeinen als vergleichsweise umweltverträglich. Die Form der Energiegewinnung mittels Wasserkraft ist regenerativ und emissionsfrei, sie hat also keine negativen Auswirkungen auf das Klima. Was in politischen Argumentationen aber häufig vergessen wird ist, dass die Wasserkraftnutzung Eingriffe in Landschaft und Gewässersysteme erfordert, die zur Zerstörung bestehender Ökosysteme führen. Bereits im Jahr 1992 wurden von der CIPRA nur noch 6,8 %²⁰ der Fließstrecken des gesamten österreichischen alpinen Gewässernetz als naturnah eingestuft.

Die Alpenkonvention fordert daher im Protokoll Energie nicht nur die Sicherstellung der ökologischen Funktionsfähigkeit der Fließgewässer und der Unversehrtheit der Landschaft bei neuen und bestehenden Wasserkraftanlagen²¹, sondern auch eine bevorzugten Nutzung erneuerbarer Energieträger unter umwelt- und landschaftsverträglichen Bedingungen.²²



Abbildung 1.1.2: Sonnenkraftwerk Loser in Oberösterreich, das derzeit größte Sonnenkraftwerk in den Alpen

(Bildautor: Michael Gasperl , Wikipedia, veröffentlicht unter GNU-Lizenz, Version 1.2)

Neben der Wasserkraft bergen die Alpen verschiedene andere klimaneutrale und bisher wenig genutzte Energieressourcen, wie etwa Holz, Biomasse, Wind und Sonne, sowie die Nutzung der Geothermie und der Abwärme aus Eisenbahn- und Straßentunnels. Vor allem die Solarenergienutzung bietet sich in den Alpen an, da

²⁰ Vgl. Haubner, S.3, nach Martinet und Dubost; Die letzten naturnahen Alpenflüsse – Versuch eines ersten Inventars, CIPRA 1992.

²¹ Vgl. Protokoll "Energie" der Alpenkonvention 1991, Artikel 7, Abs. 1.

²² Vgl. Protokoll "Energie" der Alpenkonvention 1991, Artikel 6, Abs. 1.

mit der zunehmender Seehöhe eine intensivere Sonneneinstrahlung einhergeht. Der positive Nebeneffekt einer dezentralen Energieversorgung mittels Holz oder Solarenergie wäre eine zusätzliche Verringerung des Verbrauchs an fossiler Transportenergie.²³

1.1.3.4 Verkehr

Aufgrund ihrer zentralen Lage sind die Alpen seit jeher untrennbar mit dem Verkehr verbunden, und ein Teil der alpinen Wirtschaft war immer mit dem Verkehr verknüpft.²⁴ Da der Verkehr jedoch seit einigen Jahrzehnten kontinuierlich zunimmt und diese Tendenz mit Sicherheit auch in Zukunft weiter anhalten wird, hat sich der Verkehr zu einem der größten Probleme der Alpenregion entwickelt.

Etwa ein Dutzend Transitstraßen und acht große Eisenbahnlinien queren derzeit den Alpenhauptkamm. Für zahlreiche alpenquerende Achsen sind bereits weitere Straßenaus- oder -neubauten vorgesehen. Bisher liegt die stärkste Transitbelastung im Nord-Süd-Verkehr, seit 1991 nimmt aber auch der Ost-West-Transit kontinuierlich zu.²⁵

Österreich befindet sich seit dem EU-Betritt aufgrund seiner Lage in einer besonders schwierigen Situation. Vor allem Deutschland und Italien fordern weitere Straßenkapazitäten für den transalpinen Güterverkehr. Da aber der Lkw-Verkehr wegen dem verursachten Lärm und der Abgase besonders umweltbelastend ist, wächst in den betroffenen österreichischen Bundesländern der Widerstand.

Eine Tatsache, die häufig übersehen wird, ist dass das bestehende Verkehrsaufkommen in den Alpen keinesfalls mit Transitverkehr gleichgesetzt werden kann. Den mit Abstand größten Anteil am Verkehr in den Alpen macht der Pkw-Eigenverkehr aus, der hauptsächlich aus Fahrten zwischen Wohn- und Arbeitsort besteht. An zweiter Stelle kommt der touristische Verkehr, und nur etwa ein Zehntel des gesamten Alpenverkehrs wird durch den Transit verursacht.²⁶

1.1.4 Ökologische Bedeutung und Problematiken

Entgegen einer weit verbreiteten Meinung sind die Alpen keine ursprüngliche Naturregion, sondern eine vom Menschen über Jahrtausende geformte und veränderte Kulturlandschaft.

Die Eingriffe des Menschen in das natürliche Ökosystem der Alpen, vor allem die großflächigen Rodungen, brachten unter anderem eine Erhöhung des Gefahrenpotentials mit sich. Um nicht ständig durch Hochwasser, Muren- oder Lawinenabgänge bedroht zu werden, musste der Mensch lernen die ökologische Stabilität der Kulturlandschaft durch eine sorgfältige extensive Bewirtschaftung aufrecht zu erhalten.²⁷

Der Prozess der ökologischen Umgestaltung und Nutzbarmachung des alpinen Naturraums durch den Menschen begann mit der Besiedelung der Alpen und

23 Vgl. Glauser u.a., S.137f.

24 Vgl. Bätzing (1997), S. 245.

25 Vgl. Glauser u.a., S. 100.

26 Vgl. Bätzing (1997), S. 261f.

27 Vgl. Bätzing (1991), S. 65.

erreichte erst im Mittelalter seinen Höhepunkt.²⁸ In den letzten Jahrzehnten fanden im Alpenraum zahlreiche und tiefgreifende Veränderungen statt, sodass das ökologische Gleichgewicht verschiedener alpiner Kulturlandschaften innerhalb kürzester Zeit ins Schwanken oder gar zum Kippen gebracht wurde.

1.1.4.1 Über- und Unternutzung

Wie in Kapitel 1.1.1 bereits erwähnt, ist die zunehmende Ungleichverteilung der Bevölkerung ein Problem vieler Alpenregionen. Dieser Trend bringt neben den sozialen und wirtschaftlichen auch ökologische Probleme mit sich.

In inneralpine Zentren, stark touristisch genutzten Gebieten und Regionen mit intensiver Landnutzung wurden die traditionellen Landschaftsformen mit ihrer Vegetationsvielfalt und kleinräumigen Gestaltung meist längst verdrängt oder stark beschädigt.

Neben der Übernutzung stellt jedoch auch die Unternutzung für die traditionellen alpinen Kulturlandschaften eine häufig unterschätzte Gefahr dar. In ihrem Naturzustand waren die Alpen bis in große Höhen durch dichte Wälder geprägt und verfügten über keine große Artenvielfalt. Erst durch die Kultivierung für den Ackerbau und Almbetrieb wurden zahlreiche neue Pflanzenarten eingeführt und gleichzeitig der Lebensraum vieler typischer Alpenpflanzen vergrößert und gesichert.²⁹

Das durch den Menschen neu geschaffene künstliche Ökosystem musste durch entsprechende Bewirtschaftungsformen und ein hohes Maß an Reproduktionsarbeit stabil gehalten werden. Der Rückgang traditioneller Nutzungsformen und die daraus folgende Verwilderung führen nicht nur zu einer Zerstörung der Kulturlandschaft, sondern auch zu einer Abnahme der Artenvielfalt und einer Steigerung des geoökologischen Gefahrenpotentials.³⁰

1.1.4.2 Klimawandel

Die Alpen gehören zu den vom Klimawandel am meisten betroffenen Gebieten. In den letzten Jahrzehnten wurden im Alpenraum fast doppelt so hohe Temperaturanstiege beobachtet wie im globalen Durchschnitt (siehe auch Kapitel 1.3.3). Dabei führen bereits kleine Klimaänderungen in diesem sensiblen Lebens- und Wirtschaftsraum zu erheblichen Schäden.

Eine der Folgen des Klimawandels ist eine Destabilisierung der bestehenden Ökosysteme, etwa durch das vermehrte Auftreten von Dürren oder eine verstärkte Ausbreitung von Schädlingen. Das verstärkte Abschmelzen der Gletscher hat nicht nur Folgen für den Wasserhaushalt der Alpen, sondern wirkt sich auch zunehmend auf die lokalen Klimaverhältnisse aus.

Die stetige Verschiebung der Permafrostgrenze nach oben dürfte zusammen mit den verstärkten Niederschlägen eine Ursache für die Zunahme an Abgängen von Muren und Schlammlawinen sein. Auch das Risiko der Lawinenabgänge steigt mit der Niederschlagsintensität und den höheren Windgeschwindigkeiten.

28 Vgl. Bätzing (1991), S. 191.

29 Vgl. Bätzing (1991), S. 64.

30 Vgl. Bätzing (1991), S. 194f.

Nicht zuletzt führt die Abnahme der winterlichen Schneebedeckung und die durch die höheren Temperaturen verkürzte Wintersaison zu massiven wirtschaftlichen Problemen in einigen großen Wintersportregionen.³¹

1.1.4.3 Schadstoffbelastungen

Zu Beginn der 1980er Jahre machten sich in fast allen Gebirgsregionen schwere, durch die zunehmende Luftverschmutzung verursachte Waldschäden bemerkbar. Einige Prognosen sagten damals für die nahe Zukunft einen großflächigen Zusammenbruch der alpinen Waldgebiete voraus. Auch wenn diese Prognosen sich als zu pessimistisch erwiesen, und in den 80er und 90er Jahren leichte Erholungssymptome beobachtet wurden³², kann die Situation nicht als entschärft betrachtet werden.

Die Belastung des alpinen Ökosystems durch verschiedene Schadstoffe stellt eine häufig unterschätzte Gefahr dar. Die durch Verkehr, Industrie und inneralpine Verursacher bedingte Luftverschmutzung hat nicht nur negative Folgen für den Wald. Die Schadstoffe aus der Luft gelangen durch den Niederschlag in Boden und Gewässer und können dort erheblichen Schaden anrichten. Entlegene Bergseen gehören zu den sensibelsten aquatischen Ökosystemen und sind am stärksten von sauren Niederschlägen und der Luftverschmutzung betroffen.

Eine weitere negative Folge der Luftverschmutzung entsteht durch die Ablagerung von Rußpartikeln auf Gletscheroberflächen. Die Verschmutzung der weißen Oberflächen bewirkt eine stärkere Erwärmung und damit auch ein schnelleres Abschmelzen.

Schadstoffe werden jedoch nicht nur über die Luft in das alpine Ökosystem eingetragen. Eine bedeutende Schadstoffquelle im Alpenraum ist etwa die intensive landwirtschaftliche Nutzung, die mit einem starken Einsatz an Düngemitteln und Pestiziden verbunden ist.³³

Nicht zuletzt bringt auch der Tourismus teilweise hohe Schadstoffbelastungen mit sich. Zum Beispiel werden vor allem von Rennorganisatoren in einigen Wintersportregionen Schneehärter eingesetzt. Dabei handelt es sich um Streusalze oder Stickstoffpräparate, deren Auswirkungen auf verschiedene Ökosysteme noch nicht genau untersucht wurden.³⁴

1.2 Der Wohnbau im Alpenraum

1.2.1 Historisches

1.2.1.1 Die Besiedelung der Alpen

Erste gesicherte Funde von Menschen im Alpenraum stammen aus der letzten Zwischeneiszeit vor etwa 100.000 Jahren. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Alpen damals aber nur im Sommer saisonal bewohnt oder von Sammlern und Jägern

31 Vgl. Seiler, S. 16f.

32 Vgl. Bätzing (1991), S. 124.

33 Vgl. Bätzing (1991), S. 193.

34 Vgl. Schneebeli, S. 30f.

durchstreift wurden. Dauersiedlungsraum sind die Alpen erst etwa seit dem vierten Jahrtausend vor Christus. Für die Autarkiewirtschaft und damit auch für die ersten Dauersiedlungsplätze kamen damals nur die inneralpinen Trockenzonen und die tiefen Tallagen, die von der Alpensüdseite weit in das Alpeninnere hineinreichen, in Frage (z.B. Etschtal, Tessin- und Ossola-Tal).

Zur gleichen Zeit wurde von einigen Volksstämmen im Süden eine sogenannte transhumante Almnutzung betrieben. Das heißt vor allem Schafherden wurden im Sommer in die Alpen getrieben und im Winter in der Nähe der Mittelmeerküste gehalten. Schon damals war der Alpenraum von sehr unterschiedlichen Nutzungsformen geprägt.³⁵

Die ersten schriftlichen Hinweise auf bestehende gesellschaftliche Strukturen in den Alpen stammen von den Römern. Um Christi Geburt hatten sie aus militärstrategischen Gründen fast den gesamten Alpenbogen erobert, und in ihren Berichten finden sich bereits Beschreibungen einer weit entwickelten Bergbauernwirtschaft mit ausgereiften Ackerbaumethoden und regem Tauschhandel. Auch wenn die Eroberung durch die Römer zunächst wirtschaftliche und kulturelle Einschnitte mit sich brachte, waren die mitgebrachten Innovationen langfristig gesehen wichtig für die Alpenregion. Neu eingeführte landwirtschaftliche Produkte wie Esskastanien und Wein ermöglichten eine intensivere Nutzung der tieferen Lagen, und die Einführung der Labkäserei vergrößerte die Möglichkeiten der Almwirtschaft um ein vielfaches. Das ausgebautes Straßennetz das die Römer über die Alpen legten ermöglichte schließlich auch die Erreichbarkeit der inneralpinen Regionen.³⁶

Ab dem 6. Jhdt. n. Chr. begannen Germanenstämme von Norden her in den Alpenraum einzuwandern und langsam nach Süden vorzudringen. Ihre Wirtschaft basierte in erster Linie auf der Viehzucht, dadurch waren sie weniger von der Getreideobergrenze abhängig und konnten Siedlungsgebiete am feuchten Alpennordrand erschließen, die von den Romanen kaum genutzt wurden. Von dort aus drangen sie weiter nach Süden vor, zunächst nur in dünn besiedelte Regionen, mit der Zeit konnten sie aber auch in bereits relativ dicht besiedelten Gebieten Fuß fassen. Bis heute ist an manchen Ortsnamen erkennbar, dass die germanischen Siedlungen dabei immer deutlich höher lagen als die romanischen.³⁷

In der Folge entwickelten sich im Alpenraum zwei große gegensätzliche Kulturräume mit sehr unterschiedlichen Lebens- und Wirtschaftsformen. Diese Unterschiede kommen zum Teil in den Siedlungsstrukturen und in den traditionellen Bauweisen zum Ausdruck.

1.2.1.2 Traditionelle Siedlungsformen in den Alpen

Die im Mittelalter entstandenen Bergsiedlungen lassen sich grob nach ihrem Standort und ihrer Funktion einteilen³⁸: In den großen Tälern an wichtigen Durchzugs- und Handelswegen entwickelten sich früh bevölkerungsreiche Zentren mit Märkten und Handwerksbetrieben. Häufig fand sich hier auch der Sitz von Institutionen die Justiz, Dienstleistungen und Ländereien verwalteten.

35 Vgl. Bätzing (1991), S. 26f.

36 Vgl. Bätzing (1991), S. 29ff.

37 Vgl. Bätzing (1991), S. 33f.

38 Vgl. Colombo u.a., S. 12.

Auf den Bergrücken und in den Hochtälern entstanden hingegen die typisch bäuerlichen Siedlungen. Diese waren meist in Form von Haufendörfern oder Streusiedlungen angelegt oder auch als System von Gehöften, bei denen die Bauern das unmittelbar umliegende Land bestellten. Wo die Nutzung der Wasserkraft möglich war, ist in manchen Siedlungsstrukturen auch die Spezialisierung auf die Holz- oder Metallverarbeitung ablesbar.

Auf den Almen in über 1.500 m Seehöhe fanden sich für den Almbetrieb häufig an Quellen gelegene einzelne Hütten, kleine Ansammlungen von Hütten oder in manchen Regionen auch etwas größere Streusiedlungen.

Auf Grund der jeweiligen Sozialstruktur und später auch verstärkt durch die verschiedenen politischen Strukturen, kann man Unterschiede an den typische Siedlungsstrukturen im romanischen und germanischen Einflussbereich erkennen.

Die häufigste Siedlungsform im romanischen Raum war das Haufendorf aus eng angeordneten Steinbauten. Zwischen den einzelnen Gebäuden und Landparzellen bestand meist keine eindeutige Beziehung, und das Gebäudeeigentum einer Familie konnte auch auf mehrere, voneinander entfernte Gebäude im Dorf verteilt sein. Die Dorfgemeinschaft spielte im Romanischen eine sehr bedeutende Rolle. Die meisten Tätigkeiten wurden im Kollektiv geregelt, und die landwirtschaftliche Nutzung erfolgte durch die Kommune. Da dem Ackerbau im romanischen Kulturkreis eine große Bedeutung zukam, waren in der Regel Dauersiedlungen in der Nähe des Talbodens erforderlich. Daneben fanden sich meist Sommersiedlung in größerer Höhe und kleine Siedlungen oder einzelne Hütten in der Almregion. Die Alpenbewohner im romanisch geprägten Raum hatten keinen eigentlichen Hauptwohnsitz, alle Wohn- und Wirtschaftsgebäude waren mehrfach vorhanden und wurden je nach Jahreszeit genutzt.³⁹

In der germanische Gesellschaftsstruktur war die Bedeutung der Großfamilie stark ausgeprägt. Jeder Hof bildete unabhängig vom kommunalen Eigentum eine eigenständige Wirtschaftseinheit, mit einer Hausgemeinschaft von 20 bis 30 Personen. Da die germanischen Stämme hauptsächlich von der Viehwirtschaft lebten, waren sie nicht so stark an die Getreideobergrenze gebunden. Üblicherweise war der Hof auch der ganzjährige Hauptwohnsitz, und nur einige Personen verbrachten wenige Wochen im Frühjahr und Herbst auf der Alm. Die typisch germanische Siedlungsform war die Streusiedlung aus Einzelhöfen oder auch aus locker gruppierten Weilern mit drei bis fünf Höfen, wobei die zum Hof gehörenden Fettwiesen meist in unmittelbarer Nähe oder um den Hof herum lagen.⁴⁰

Neben diesen typischen germanischen und romanischen Siedlungsformen entwickelten sich im Hochmittelalter noch einige Sonderformen. Beispiele dafür sind die Walserdörfer in den Zentralalpen oder auch die *Schwaighöfe* im germanischen Siedlungsraum. Diese wurden von Feudalherren als Einzelhöfe in relativ große Höhen gesetzt und mit Getreide beliefert, sodass sie sich ausschließlich der Viehwirtschaft widmen und die Almregionen noch intensiver nutzen konnten.⁴¹

39 Vgl. Bätzing (1991), S. 41.

40 Vgl. Bätzing (1991), S. 42.

41 Vgl. Bätzing (1991), S. 43.

1.2.1.3 Traditionelle Bauweisen in den Alpen

Die häufigsten traditionellen in den Alpen vorkommenden Hausformen sind das Wohnhaus aus Stein, das Wohnhaus aus Holz und Stein und der Einhof mit Wohn- und Wirtschaftsbereich unter einem Dach, außerdem noch Stall und Scheune, wobei diese manchmal auch zusammengebaut sind.⁴²

Wie bei der Siedlungsform lassen sich auch in der traditionellen Bauweise deutliche Unterschiede zwischen den romanischen und germanischen Siedlungsgebieten erkennen. Im romanischen Raum fanden sich häufiger Steinbauten in eng zusammengebauten Haufendörfern. Der zentrale Raum war jeweils die Wohnküche, die mit einem offenem Kamin geheizt wurde. Typisch germanische Gebäude waren meist aus Holz und auf einen Steinsockel gestellt. Den zentralen Raum bildete die Stube, die durch einen von der Küche aus bedienten Kachelofen beheizt wurde.⁴³

Die wichtigsten Eigenschaften der traditionellen bäuerlichen Architektur sind in der Regel Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit. Nur die reichsten Bauern konnten es sich leisten Verzierungen an ihren Häusern anzubringen. So entwickelte sich etwa in der Schweiz zwischen 1600 und 1850 durch den mit der Käserei verbundenen wirtschaftlichen Aufschwung das reich verzierte *Berner Oberländer Haus*.⁴⁴ Es ist heute als typisches *schweizer Chalet* bekannt und wird neben dem *Tiroler Haus* oft als Inbegriff der alpinen bäuerlichen Architektur verstanden. Diesen überquellende Baustil konnte sich jedoch tatsächlich nur eine sehr kleine wohlhabende Bauernschicht leisten.

Ein wichtiges Element der traditionellen alpinen Architektur war seit jeher auch die Energieeffizienz. Die Alpenbewohner mussten oft mit sehr geringen Ressourcen einem besonders rauen Klima trotzen. Typisch für den Alpennordrand ist die Blockbauweise, die zwar sehr materialaufwendig ist, gleichzeitig jedoch eine drei bis vier Mal bessere Wärmedämmung aufweist als Steinmauerwerk.⁴⁵ Wo Stein als Baumaterial zum Einsatz kam, wurden im Laufe der Zeit spezielle Bautechniken entwickelt, die etwa mit Hilfe von gezielt erzeugten Luftlöchern im Mauerwerk eine bessere Wärmedämmung ermöglichten.⁴⁶

In Bauernhäusern die den Wohn- und Wirtschaftsbereich unter einem Dach vereinen, liegt der Wohnraum häufig so über dem Stall, dass die aufsteigende Wärme der Tiere im Winter genutzt werden kann.⁴⁷ Typisch für die frühe alpine Architektur sind auch Außenwände mit ganz wenigen winzigen Fenstern und besonders niedrigen Türöffnungen. Möglicherweise wurden oft auch besonders hohe Türschwellen eingesetzt, womit eine Zirkulation der kalten Bodenluft verhindert werden sollte.⁴⁸

Nicht zuletzt spielt auch die passive Sonnenenergienutzung in der traditionellen alpinen Architektur eine Rolle. Alte Siedlungen liegen - wo es möglich ist - immer am Südhang, und die einzelnen Gebäude sind so angeordnet, dass sie sich nicht

42 Vgl. Colombo u.a., S. 12.

43 Vgl. Bätzing (1991), S. 41.

44 Vgl. Bätzing (1991), S. 47.

45 Vgl. Descoeurdes, S. 29.

46 Vgl. Colombo u.a., S. 70.

47 Vgl. Colombo u.a., S. 50.

48 Vgl. Descoeurdes, S. 31.

gegenseitig verschatten. Bei allen anonymen Bauernhausformen ist die Hauptfassade der Gebäude nach Süden orientiert. Die Stube dabei ist üblicherweise so an dieser Fassade angeordnet, dass nach Norden verschiedene Pufferzonen gebildet werden.⁴⁹ Selbst die Dachflächen sind häufig so orientiert, dass sie möglichst lange der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind.⁵⁰

1.2.1.4 Das Einfamilienhaus in den Alpen

Das Einfamilienhaus ohne landwirtschaftlichen Bezug im Alpenraum kann als eine Erfindung des Städters aus dem 19. Jhd. gesehen werden.⁵¹ Bis zu diesem Zeitpunkt gab es im Alpenraum fast ausschließlich Bauernhäuser und landwirtschaftliche Bauten.

Mit dem einsetzen der ersten Welle des alpinen Tourismus entstanden neben den großen Palasthotels der Belle-Epoque auch die ersten Zweitwohnsitze in den Alpen. Meist waren dies für die Sommerfrische ausgelegte Villen und Jagdhäuser, mit denen ein völlig neuer Haustypus in die ländlichen Gegenden gebracht wurde. Ihre Architektur orientierte sich an der neu entdeckten und stark romantisierten Schönheit der alpinen Landschaft und arbeitete häufig eher mit historischen Stilattributen als mit bäuerlich ländlichen Klischees, wie es die Tourismusindustrie seit dem Zweiten Weltkrieg immer wieder versucht.⁵²

Der wirtschaftlichen Aufschwung der 1950er und 1960er Jahre brachte auch in den Alpen große soziale und wirtschaftliche Veränderungen mit sich. Mit dem Aufkommen des Massentourismus und dem zunehmenden Wachstum des Dienstleistungssektors gab es erstmals eine breite Masse privater Hausbauer ohne direkten Bezug zur Landwirtschaft. Da es in der traditionellen Architektur an baulichen Vorbildern für nicht bäuerliche Wohngebäude fehlte, wurden die Herrenhäuser des 19. Jhd. und damit die freistehende Villa in einem Park zum historischen Vorbild des Einfamilienhauses.⁵³

In Österreich ist das freistehende Einfamilienhaus im Grünen bis heute die von den meisten Menschen bevorzugte Wohnform. Dabei ist das Einfamilienhaus aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht durchaus problematisch. Im Vergleich zum Geschosswohnungsbau sind Einfamilienhäuser nicht gerade energieeffizient. Die gestreuten Siedlungsstrukturen bringen wesentlich höhere Erschließungskosten als kompakte Siedlungsformen mit sich, und der enorme Flächenverbrauch dieser Bauweise stellt vor allem in Bergregionen mit ohnehin knappen Flächenressourcen ein enormes Problem dar.

Nur rund 37 % der österreichischen Landesfläche sind zur dauerhaften Nutzung für Siedlungstätigkeiten geeignet, und etwa 15 % davon sind bereits verbraucht. Abgesehen von Wien haben die stark alpin geprägten Bundesländer Vorarlberg, Tirol und Kärnten den größten Anteil ihres potentiellen Dauersiedlungsraums verbaut, und in einigen engen Alpentälern ist das Siedlungsentwicklungspotential fast vollständig ausgeschöpft.⁵⁴ In Anbetracht dieser Tatsachen wird klar, dass das frei stehende

49 Vgl. Treberspurg, S. 16.

50 Vgl. Colombo u.a., S. 70.

51 Vgl. Steiner, S. 7.

52 Vgl. Eiblmayer.

53 Vgl. Steiner, S. 8.

54 Vgl. Lexer, S. 4.

Einfamilienhaus als zukunftsorientierte Siedlungsformen in den Alpen nur eine Ausnahme darstellen kann.

1.2.2 Aktueller Wohnbau in den Alpen

1.2.2.1 Moderne Architektur in den Alpen

Die Frage wie moderne Architektur in den Alpen aussehen kann und auszusehen hat ist eine häufig diskutierte. Es kann nicht verleugnet werden, dass sich die Aufgabe des Wohnbaus in den letzten hundert Jahren gerade in den Alpen in ihrer Funktion und den technischen Möglichkeiten grundlegend geändert hat. Die schlichte Übertragung urbaner Architekturelemente in ländliche Strukturen wird jedoch meist als Störfaktor empfunden, und der Versuch traditionelle Formen in modernen Gebäuden nachzuahmen führt zu kitschigen Plagiaten bäuerlicher Architektur ohne jeden kulturellen oder landschaftlichen Bezug.

Seit dem Aufschwung der Bauwirtschaft in den 1950er Jahren hat es von Seiten einzelner Architekten immer wieder Versuche gegeben eine moderne Architektursprache zu entwickeln, die von den Qualitäten der alpinen Bautraditionen ausgeht und sich harmonisch in die kulturelle Umgebung einfügt.

In den letzten Jahren wurden diese Tendenzen, etwa durch den von der Gemeinde Sexten gestifteten Architekturpreis für *Neues Bauen in den Alpen* auch verstärkt gefördert. Das Ergebnis sind immer häufiger Bauwerke, die nicht nur auf die speziellen klimatischen und technischen Herausforderungen des Alpenraums reagieren, sondern auch einen sensiblen Umgang mit der bestehenden kulturellen Umgebung aufweisen.

Notwendige Aspekte jeder zeitgemäße Architektur sind Energieeffizienz und ökologische Verträglichkeit. In den Alpen ergeben sich daraus ganz spezielle Herausforderungen und Möglichkeiten. Etwa ist der Alpenraum durch den hohen Anteil an Sonnentagen und die verstärkte Strahlungsintensität für die Solarenergienutzung prädestiniert. Auf Grund des rauen Klima existiert gleichzeitig ein besonders großes Sparpotential bei der Raumheizung. In letzter Zeit wird auch immer häufiger darauf aufmerksam gemacht, dass die Alpen jede Menge ökologisch verträgliches Baumaterial in Form von regionalem Holz liefern.⁵⁵

1.2.2.2 Aktuelle Baustandards im Alpenraum

In fast allen Alpenstaaten konnten mittlerweile energieeffiziente Bauweisen in der einen oder anderen Form Fuß fassen. Während in Deutschland und Österreich der Passivhausstandard seinen Marktanteil in den letzten Jahren stetig vergrößerte, hat sich in der Schweiz der etwas weniger strenge Minergie-Standard durchgesetzt. Ende 2006 wurden in der Schweiz etwa 6.400 Gebäude in Minergie-Standard⁵⁶ und 60 Passivhäuser (Minergie-P-Standard) registriert. Deutschland konnte rund 6.000 und Österreich etwa 1.660 Objekte in Passivhausstandard aufweisen. Italien kommt derzeit nur auf etwa 40 Passivhäuser.⁵⁷

55 Vgl. Karre u.a.

56 Quelle: MINERGIE Agentur Bau, Online: <http://www.minergie.ch/download/Statistik_2006.pdf> (23.08.2007).

57 Vgl. Lang (2006), S. 20.



Abbildung 1.2.1: Einfamilienhaus Eberle in Übersaxen, Vorarlberg, ca. 900 m Seehöhe, Nahe Passivhaus in Holzbauweise, (Quelle: IG Passivhaus Österreich)

Zwar werden in Österreich noch immer nur etwa 4 % aller Neubauten in Passivhausbauweise errichtet, im Verhältnis zur Einwohnerzahl stehen in Österreich derzeit jedoch bereits 2,5 Mal so viele Passivhäuser wie in Deutschland. Die meisten österreichischen Passivhäuser befinden sich in Niederösterreich, Oberösterreich und Vorarlberg, wobei Vorarlberg bisher die meisten Passivhäuser pro Einwohner vorweisen kann.⁵⁸

Bis 2010 wird ein Anstieg des Passivhausanteils am Neubauvolumen in Österreich auf rund 25% prognostiziert, 2020 soll sogar ein Anteil von bis zu 98% möglich sein. Auch der Anteil des Passivhausstandard im Sanierungsbereich wird für 2020 auf bis zu 72% geschätzt.⁵⁹

In Alpenregionen mit größeren Seehöhe wurden in Österreich bisher relativ wenige Passivhausprojekte realisiert. Nur 14 der insgesamt rund 480 bis Juli 2007 erfassten Objekte in der Datenbank der IG Passivhaus Österreich⁶⁰ befanden sich in Gemeinden deren Zentrum in über 800 m Seehöhe liegt. Die Hälfte dieser hochgelegenen Passivhausobjekte liegt in Tirol.

Einige besonders ehrgeizige Vorreiterprojekte im Hochgebirge veranschaulichen, dass Energieeffizienz und ökologische Verträglichkeit von Gebäuden gerade in Extremlagen nicht nur unbedingt erforderlich, sondern auch durchaus machbar ist. Beispiele dafür sind etwa das Schiestlhaus am Hochschwab in 2.154 m Seehöhe oder die Keschkütte in den Albula-Alpen auf 2.630 Meter über Meer.

1.2.2.3 Zahlen zum aktuellen Baugeschehen in den Österreichischen Alpen

In den Jahren 2000 bis 2002 wurden in Österreich jährlich rund 39.000 Wohnungen in Neubauten fertiggestellt, davon knapp die Hälfte in Ein- und Zweifamilienhäusern. In Gemeinden deren Zentrum in über 800 m Seehöhe liegt wurden jährlich etwa 2.700 neue Wohnungen fertiggestellt, wovon sich beinahe zwei Drittel in Ein- und Zweifamilienhäusern befinden.⁶¹

Nach der Höhenklasseneinteilung der Statistik Austria (siehe Kapitel 2.1.3.3) wurden in den Jahren 2000 bis 2002 je etwa 1.660 Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern in über 800 m Seehöhe errichtet. Davon fallen ca. 1.120 neue

58 Vgl. Lang (2006), S. 8.

59 Vgl. Lang (2006), S. 8.

60 Online: <<http://www.igpassivhaus.at/>> (20.08.2007)

61 Quelle: Statistik Austria Wohnbau 02.

Wohnungen in den Bereich zwischen 800 m und 1.000 m Seehöhe, rund 390 Wohnungen zwischen 1.000 m und 1.200 m und nur etwa 150 Wohnungen in über 1.200 m Seehöhe.

Interessant ist dabei, dass der Anteil an Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern am gesamten Wohnungsbau in über 1.200 m Seehöhe relativ gering ist. Es ist denkbar, dass hier ein Zusammenhang mit dem verstärkten Ferienwohnungsbau in hoch gelegenen Wintertourismusorten besteht.

Mittelwert 2000 bis 2002	fertiggestellte Wohnungen in Neubauten	davon in Ein- und Zweifamilienhäusern	davon in Ein- und Zweifamilienhäusern in %
Österreich gesamt	39.106	18.483	47,3 %
Höhenklassen > 6 (über 800 m)	2.682	1.663	62,0 %
Höhenklasse 7 (801 m bis 1.000 m)	1.725	1.121	65,0 %
Höhenklasse 8 (1.001 m bis 1.200 m)	584	389	66,6 %
Höhenklasse 9 (1.201 m und darüber)	373	153	41,0 %

Tabelle 1.2.1: Jährlich fertiggestellte Wohnungen in Neubauten nach Höhenklasse (siehe auch Kapitel 2.1.3.3), Mittelwerte der Jahre 2000 bis 2002⁶²

Die meisten Wohnungen in über 800 m Seehöhe wurden mit Abstand in Tirol fertiggestellt (ca. 1.550 WE/a), gefolgt von Salzburg (ca. 430 WE/a), Steiermark (ca. 330 WE/a), Vorarlberg (ca. 160 WE/a) und Kärnten (ca. 150 WE/a). Die höchstgelegenen Wohnbauten in Ober- und Niederösterreich liegen zwischen 800 m und 1.000 m Seehöhe, und hier werden durchschnittlich nur ca. 35 (Oberösterreich) bzw. 27 (Niederösterreich) neue Wohnungen im Jahr fertiggestellt. (Siehe auch Tabelle A.1 und Tabelle A.2 im Anhang)

62 Quelle: Statistik Austria Ortsverzeichnisse 2001, Statistik Austria Wohnbau 00, Statistik Austria Wohnbau 01, Statistik Austria Wohnbau 02

1.3 Das Klima in den Alpen

1.3.1 Allgemeines zum Klima der Alpen

Die Alpen liegen im Einflussbereich verschiedener Klimazonen. Im Süden werden sie verstärkt durch das mediterrane Klima beeinflusst, im Norden durch das europäische Übergangsklima und vom Westen her durch das kontinental-europäische Klima. Diese Klimaeinflüsse werden jedoch durch die hoch aufragenden Gebirgskörper stark beeinflusst, sodass sich innerhalb der Alpen vier Hauptklimaregionen mit breiten Übergangsbereichen erkennen lassen: die warme inneralpine Trockenzone, der warme mediterran geprägte Südsaum, der kühle mitteleuropäisch geprägte Nordsaum und der kontinental geprägte trockene Ostteil der Ostalpen.⁶³

Die Österreichischen Alpen weisen ein vergleichsweise raues Klima auf. Es gibt hier weder warme Alpenrandgebiete noch größere inneralpine Trockenzonen. Klimatisch und topografisch lässt sich der Alpenraum in Österreich in nur zwei Hauptzonen gliedern: die hochalpin geprägten westliche Ostalpen - sie werden vom mitteleuropäischen Klima beeinflusst und sind eher kühl und feucht - und die kontinental geprägten östlichen Ostalpen, die nach Osten hin einen zunehmenden Mittelgebirgscharakter aufweisen.⁶⁴

1.3.2 Besonderheiten des alpinen Klima

Gebirge unterscheiden sich in vielfacher Hinsicht stark von anderen Klimaräumen. Aufgrund der unterschiedlichen Höhenlagen findet man im Gebirge auf kleinem Raum voneinander abweichende Klimaverhältnisse, wie sie in der Ebene hunderte Kilometer voneinander entfernt sind. Auch die Orientierung eines Hanges, die Form eines Tals oder der Verlauf eines Bergkamms kann auf die lokal vorherrschenden Klimagrößen beträchtlichen Einfluss haben.

1.3.2.1 Lufttemperatur

Die untere Lufthülle der Atmosphäre (= Troposphäre) wird größtenteils von unten her durch den Umsatz solarer Strahlungsenergie in Wärme an der Erdoberfläche erwärmt, weshalb die Temperatur in der Troposphäre nach oben hin abnimmt. Das Maß für diese Temperaturabnahme mit zunehmender Seehöhe ist der *geometrische Temperaturgradient*.⁶⁵

Die Größe des geometrischen Temperaturgradienten kann sehr unterschiedlich sein. In der Regel ist er zur Mittagszeit und im Sommer am größten und nachts und im Winter kleiner. Meistens treten Gradienten zwischen etwa 0,5 K und 0,8 K pro 100 m Höhendifferenz auf.

Da die Temperatur mit der Höhe abnimmt, sind mit zunehmender Geländehöhe grundsätzlich auch niedrigere Temperaturen zu erwarten. Allerdings liegt die Temperatur über einem Gebirge immer wesentlich höher als in gleicher Höhe in der freien Atmosphäre. Dieser Effekt nimmt vom Rand zur Mitte eines Gebirges hin zu, sodass im Inneren eines Gebirges auf gleichem Höhenniveau höhere Temperaturen auftreten als am Rand. Man bezeichnet dieses Phänomen auch als *Gesetz der*

63 Vgl. Bätzing (1997), S. 137f.

64 Vgl. Bätzing (1997), S. 180f.

65 Vgl. Lauer u.a., S. 33.

großen Massenerhebung. Es ist einerseits auf die hochgelegenen Energieumsatzflächen zurückzuführen, zum anderen kann die kalte Luft im Gebirge während der Ausstrahlungszeiten abfließen und wird durch von oben nachsinkende, dynamisch erwärmte Luft ersetzt. Die Temperaturen in den Hochlagen der Zentralalpen übersteigen jene auf gleicher Höhe in der freien Atmosphäre im Jahresmittel um 5 K.⁶⁶ Der mittlere Höhengradient in Österreich beträgt 0,43 K, wobei der Jahresgradient zwischen 900 m und 1300 m Seehöhe durch winterliche Inversionen etwas vermindert werden kann.⁶⁷

Eine wesentliche Folge des Gesetz der großen Massenerhebung ist auch, dass die Vegetations- und andere Höhengrenzen in der Mitte eines Gebirges höher liegen als im Vorland. So liegt etwa die Waldobergrenze am Alpennordrand bei etwa 1.600 m und steigt im Inneren der Alpen auf bis zu 2.200 m an.⁶⁸

1.3.2.2 Strahlungsintensität

Je größer die Weglänge ist, die die Sonnenstrahlung durch die Atmosphäre zurücklegt, desto stärker wird die Einstrahlung durch Absorption und Streuung geschwächt. Diese Schwächung der Bestrahlungsstärke wird auch als Extinktion bezeichnet. Multipliziert man die Weglänge durch die Atmosphäre mit dem Extinktionskoeffizienten, so erhält man die optische Dicke, deren Größe die Abschwächung der Direktstrahlung auf dem gesamten Strahlungspfad anzeigt. Abbildung soll den Zusammenhang zwischen dem Sonnenstand, der Geländehöhe und der Transmission durch die Atmosphäre verdeutlichen.

Mit zunehmender Geländehöhe verkürzt sich der Weg durch die Atmosphäre, und die Transmission und die Bestrahlungsstärke der solaren Direktstrahlung nehmen zu. Bei einem Sonnenstand von 45° verkürzt sich beispielsweise die optische Dicke der Atmosphäre vom Meeresniveau bis in 6000 m Seehöhe um 73%, was eine Zunahme der Gesamttransmission um etwa 17% und einen Anstieg der Direktstrahlung um 103 W/m²⁶⁹ mit sich bringt.⁷⁰

Etwa die Hälfte der an Luftmolekülen und Aerosolen gestreuten Strahlung gelangt als diffuse Himmelsstrahlung an die Erdoberfläche, die andere Hälfte wird in Richtung Weltraum gestreut. Die Besonderheit der diffusen Strahlung liegt darin, dass ihr vorwärts gestreuter Teil aus allen Himmelsrichtungen mit relativ gleichmäßiger Stärke auf einen Geländepunkt einwirkt. Darüber hinaus ist die Diffusstrahlung auch in abgeschatteten Bereichen wirksam.

Auch für den Betrag der diffusen Strahlung spielt die Weglänge durch die Atmosphäre eine wesentliche Rolle. Der Anteil des diffusen Himmelslichts an der Gesamtstrahlung verringert sich je kürzer der zurückgelegte Weg durch die Atmosphäre ist, er nimmt also bei zunehmender Geländehöhe ab.⁷¹

Das umgebende Geländere Relief eines bestimmten Punktes hat ebenfalls Einfluss auf die dort vorherrschende Bestrahlungsstärken. Wird der Punkt etwa durch einen aufragenden Geländebereich verschattet, so erhält er keine Direktstrahlung. Wird

66 Vgl. Weischet, S. 113f.

67 Vgl. Harlfinger u.a., S. 21.

68 Vgl. Bätzing (1997), S. 121.

69 Diese Zahl bezieht sich auf eine horizontale Fläche an einem wolkenfreien Tag.

70 Vgl. Bendix, S. 47ff.

71 Vgl. Bendix, S. 55ff.

das Gesichtsfeld eines Punktes durch das Geländere relief eingeschränkt, so hat das jedoch auch Auswirkungen auf die diffuse Himmelsstrahlung und die langwellige Abstrahlung.⁷²

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bei gleicher Sonnenhöhe der Anteil an Direktstrahlung mit zunehmender Geländehöhe steigt, während der Anteil an diffuser Strahlung deutlich abnimmt. Die tatsächlichen Bestrahlungsstärken an einem bestimmten Punkt sind jedoch stark von den lokal vorherrschenden Bedingungen abhängig.

1.3.2.3 Niederschlag

Da Regentropfen am Weg zum Boden allmählich verdunsten, nimmt die Menge des Niederschlages grundsätzlich mit der Höhe zu. Insgesamt sind die Alpen tatsächlich ein europäisches Gebiet in dem vergleichsweise hohe Niederschlagsmengen gemessen werden. Allerdings fällt der Niederschlag in den Alpen sowohl räumlich, als auch zeitlich sehr ungleichmäßig verteilt.⁷³

Die Alpen bilden einen sehr hohen und breiten Gebirgskörper, daher tritt an den Rändern eine Stauwirkung auf. Treffen feuchte Winde vom Atlantik oder Mittelmeer auf die Alpenränder, so werden sie zum Aufsteigen und Abregnen gezwungen, wodurch der gesamte Alpenrand feucht und kühl ist, während man im Inneren warme Trockenzone n findet.⁷⁴

1.3.2.4 Besondere Wetterphänomene

Wie bereits unter Punkt 1.3.2.1 beschrieben wurde, nimmt die Temperatur im Allgemeinen in der statischen Atmosphäre mit der Höhe ab, weshalb mit zunehmender Geländehöhe grundsätzlich auch niedrigere Temperaturen zu erwarten sind. Unter verschiedenen Voraussetzungen kann es in bestimmten Höhenlagen jedoch zu einer Umkehr dieser Regel kommen. Dieses Phänomen der Umkehr des atmosphärischen Temperaturgradienten wird auch als *Temperaturinversion* bezeichnet.

Je nach Entstehungsursache lassen sich grundsätzlich drei Typen von Inversionen unterscheiden.⁷⁵

Strahlungsinversion

Eine Strahlungsinversion bildet sich typischerweise bei schwach ausgeprägtem Windfeld und optimalen Ein- und Abstrahlungsbedingungen. Dabei kühlt sich der Boden nach negativ werden der Strahlungsbilanz (d.h. kurz vor Sonnenuntergang) aufgrund der langwelligigen Ausstrahlung zunehmend ab. Bei niedrigen Windgeschwindigkeiten und geringen Turbulenzen kann sich die Abkühlung nur verzögert nach oben fortpflanzen, und es bildet sich eine Bodeninversion aus, bei der die Lufttemperatur vom Boden bis zur Inversionsobergrenze nach oben hin zunimmt.

In der ersten Nachthälfte sind diese Bodeninversionen häufig nicht sehr ausgeprägt, sie können aber beträchtliche Temperaturgradienten aufweisen. Bei

72 Vgl. Bendix, S. 57.

73 Vgl. Hofmann u.a., S. 82f.

74 Vgl. Bätzing (1997), S. 138.

75 Vgl. Bendix, S. 89.

anhaltender Ausstrahlung steigt die Inversionsobergrenze im Laufe der Nacht an, wobei der anfängliche Temperaturgradient durch die zunehmende turbulente Durchmischung abgeschwächt wird.

Kommt es nach Sonnenaufgang zu einer Erwärmung der Unterlage, so wird die nächtliche Bodeninversion mit zunehmender Einstrahlung angehoben, und es entsteht eine abgehobene Inversion mit einer deutlichen Inversionsunter- und -obergrenze. Die aufsteigende Luftbewegung unterhalb der Inversion erzeugt eine absteigende Ausgleichsbewegung von der Inversionsobergrenze. Dadurch wird warme Luft in die verbleibende Inversionsschicht eingemischt, bis sich wieder der übliche Temperaturgradient einstellt.⁷⁶

Dynamische Inversion

Dynamische Inversionen entstehen durch weiträumige Absink- oder Horizontalbewegungen unterschiedlich warmer Luftmassen und betreffen eher großräumige Gebiete.

In den Mittelbreiten bilden sich dynamische Inversionen häufig im Winter aus, wenn warme subtropische Luftmassen über stationär am Boden liegende Luftmassen polaren Ursprungs geschichtet werden. Bei ungestörten Ausstrahlungsbedingungen kann es dann vorkommen, dass sich dynamische Inversionen mit bodennahen Strahlungsinversionen überlagern und extrem stabile Schichtungen entstehen.

Bei typischen Mittelgebirgsreliefs können sich aus tiefliegenden dynamischen Inversionen ganz spezielle thermische Schichtungsverhältnisse ergeben. Dabei bilden sich in Senken und Tieflagen Kaltluftseen, während Höhenlagen innerhalb der Inversionsschicht wesentlich höhere Temperaturen aufweisen.⁷⁷

Talinversion

Die Temperaturdynamik im gegliederten Gelände weicht im Jahres- und Tagesgang meist wesentlich von der einer ebenen Fläche ab. Obwohl die reale Situation in Tälern sehr komplex ist und verschiedene Steuerfaktoren zur Wirkung kommen, lässt sich eine stark idealisierte Modellvorstellung der Temperaturdynamik von Tälern formulieren.⁷⁸

Kurz vor Sonnenuntergang, also bei negativ werden der Strahlungsbilanz, beginnt sich der Boden im Tal und auf den begrenzenden Randhöhen abzukühlen. Dabei bilden sich Kaltluftpolster die wie Wasser ins Tal abfließen, sobald sie eine bestimmte Größe erreicht haben. Durch die Kaltluftabflüsse bildet sich im Talgrund ein Kaltluftsee, das heißt dort herrschen besonders niedrigen Temperaturen, die jedoch mit der Höhe zunehmen.

Entgegengesetzt zu seitlichen Kaltluftabflüssen entsteht in der Talachse eine nach oben gerichtete Ausgleichszirkulation. Diesen gesamten Vorgang bezeichnet man auch als *nächtliche Talquerzirkulation*.

Mit der Erwärmung der Hänge nach Sonnenaufgang entsteht zunächst eine bodennahe konvektive Grenzschicht und in weiterer Folge kräftige Hangaufwinde, die einen Teil der Talquerzirkulation am Tag bilden. Die Talinversion wird nun

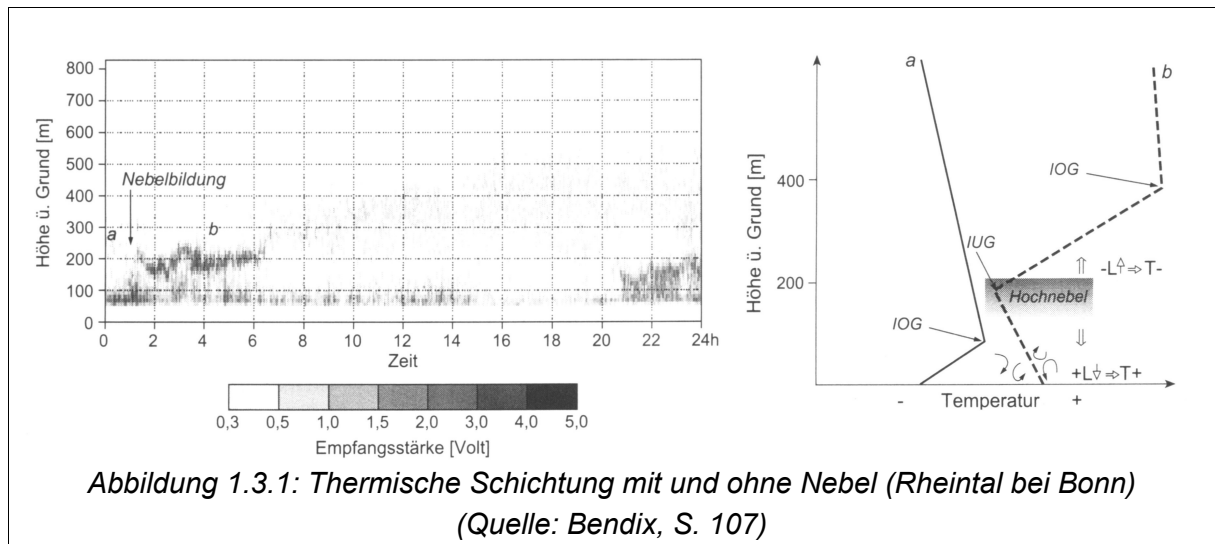
76 Vgl. Bendix, S. 90f.

77 Vgl. Bendix, S. 93ff.

78 Vgl. Bendix, S. 103f.

einerseits von unten angehoben und andererseits von oben her durch den rückfließenden Ast der Talquerzirkulation abgebaut. Bei starker Einstrahlung löst sich die Inversion bis zum späten Nachmittag vollständig auf.⁷⁹

Zwischen dem nächtlich ausgekühlten Talgrund und der ausgekühlten Höhenlage bildet sich häufig ein Bereich in dem höhere Temperaturen vorherrschen. Dieser auch als *warme Hangzone* bezeichnete klimatisch begünstigte Bereich entsteht dadurch, dass bei der nächtlichen Talquerzirkulation Luft von unterhalb der Inversionsobergrenze gegen die Hänge verlagert wird und diese erwärmt.⁸⁰



Gegenüber dem oben dargestellten Schema sind abhängig von der Wetterdynamik im Tal auch zeitliche Verschiebungen der einzelnen Phasen möglich. Ist die Luft im Tal etwa sehr feucht, so kommt es im Bereich des aufsteigenden Astes der Talquerzirkulation häufig zur Bildung einer Dunst- oder Hochnebelschicht. Die Nebelobergrenze bildet nun die vorrangige Umsatzfläche für langwellige Ausstrahlung und kühlt sich ab, während die Talsohle durch die verstärkte langwellige Gegenstrahlung aus der Nebelbasis erwärmt wird. Dadurch wird die Bodeninversion der ersten Nachthälfte angehoben und es kommt zu einer abgehobenen Inversion mit schwach durchmischter bodennaher Grenzschicht. Die Dunst- oder Nebelobergrenze markiert nun in etwa die Inversionsuntergrenze.⁸¹

1.3.3 Klimaentwicklungen

Seit Beginn der Industrialisierung hat die globale Temperatur der bodennahen Luftschicht im Jahresmittel um etwa $0,8^{\circ}\text{C}$ zugenommen, wobei der stärkste Temperaturanstieg erst in den letzten 30 Jahren erfolgt ist. Europa liegt mit einem Temperaturanstieg von $1,0^{\circ}\text{C}$ im gleichen Zeitraum etwas über dem globalen Mittel, während der Alpenraum mit bis zu $1,6^{\circ}\text{C}$ den globalen Trend um den Faktor zwei übersteigt.⁸²

79 Vgl. Bendix, S. 101ff.

80 Vgl. Bendix, S. 102.

81 Vgl. Bendix, S. 106f.

82 Vgl. Seiler, S. 7f.

Abgesehen vom Temperaturanstieg, macht sich der Klimawandel im Alpenraum auch über Änderungen der Niederschläge und ihrer zeitlichen und räumlichen Verteilung bemerkbar. Etwa kam es in den letzten Jahren häufiger zu Ereignissen mit Extremniederschlägen und es wurde ein deutlicher Anstieg der Niederschlagsintensitäten beobachtet. Hinzu kommt in großen Teilen der Alpen eine saisonale Umverteilung der jährlichen Niederschlagssummen. In den letzten Jahrzehnten nahmen die Niederschlagssummen im Spätwinter und Frühjahr zu, während im Sommer ein deutlicher Rückgang verzeichnet wurde.⁸³

Berechnungen mit regionalen Klimamodellen für den Alpenraum lassen bis etwa 2030 einen weiteren Temperaturanstieg um ca. 2°C erwarten. Nach diesen Prognosen wird sich die Verschiebung der saisonalen Verteilung der Niederschlagssummen ebenfalls weiter fortsetzen und die Häufigkeit und Intensität der meteorologischen Extremereignisse wird weiter zunehmen.⁸⁴

83 Vgl. Seiler, S. 8.

84 Vgl. Seiler, S. 13.

2 Parameterstudien

Im ersten Teil der Arbeit wurde bereits genauer darauf eingegangen, dass sich die Klimabedingungen in den Alpen sehr deutlich von den Klimaverhältnissen in niedriger gelegenen Regionen unterscheiden, und dass unterschiedliche Klimabedingungen auch unterschiedliche Strategien und Maßnahmen zur Energieoptimierung von Gebäuden erfordern. Die primäre Zielsetzung dieser Diplomarbeit war die Suche nach geeigneten Maßnahmen und die Entwicklung entsprechender Strategien für energieeffizientes Bauen unter speziellen alpinen Klimabedingungen.

Dazu wurden verschiedene Maßnahmen zur Energieoptimierung von Gebäuden zusammengestellt und mittels thermischer Simulation auf ihre Wirksamkeit in höheren Lagen des österreichischen Alpenraums überprüft. Für die Beurteilung der jeweiligen Maßnahmen wurden verschiedene Parameterstudien an einem Modellbaukörper durchgeführt, der ein *typisches österreichisches Einfamilienhaus* repräsentiert. Der untersuchte Höhenbereich wurde dabei auf alpine Lagen zwischen 800 m und 1.400 m über Meer festgelegt, und es wurden ausschließlich sonnige Standorte berücksichtigt. Da im Zuge der Arbeit außerdem deutlich wurde, dass für die Beurteilung verschiedener Parameter eine Berücksichtigung der Sommertauglichkeit unbedingt erforderlich war, wurden schließlich noch einige grundlegende Untersuchungen zum Sommerfall durchgeführt.

Im folgenden Abschnitt, der den eigentlichen Hauptteil der Arbeit darstellt, befinden sich genaue Beschreibungen der durchgeführten Parameterstudien, sowie detaillierte Interpretationen der jeweiligen Ergebnisse.

2.1 Rahmenbedingungen

Im folgenden Kapitel wird zunächst etwa näher auf die Rahmenbedingungen der durchgeführten Parameterstudien eingegangen. Dabei soll ein Überblick über die im Vorfeld der Studien getroffenen Annahmen und Entscheidungen geschaffen und die jeweilige Vorgehensweise erläutert werden.

2.1.1 Die Fragestellung

Energieeffizientes Bauen ist ohne sorgfältige Berücksichtigung der lokalen Standortbedingungen nicht möglich. Treberspurg gibt in seinem Buch *Neues Bauen mit der Sonne* einen sehr schönen Überblick über den Zusammenhang von Klima und Solararchitektur⁸⁵, und stellt einen übersichtlichen Maßnahmenkatalog für die konsequente Entwicklung von Solararchitektur⁸⁶ vor. Daraus geht ganz klar hervor, dass verschiedene Klimabedingungen auch ganz unterschiedliche Strategien zur Energieoptimierung erfordern.

Das Klima in den Alpen unterscheidet sich deutlich von den klimatischen Bedingungen in niederen Höhenlagen. Dabei lassen sich einige allgemeine Aussagen über das Klima in den Alpen treffen, wie etwa dass in größeren Seehöhen niedrigere Temperaturen vorherrschen und höhere Strahlungsintensitäten auftreten. Es liegt also nahe, dass sich auch allgemeine Aussagen über geeignete Strategien für energieeffizientes Bauen in den Alpen formulieren lassen.

85 Vgl. Treberspurg, S. 50ff.

86 Vgl. Treberspurg, S. 64ff.

Im Zuge dieser Arbeit wurden verschiedene Strategien untersucht und Planungsempfehlungen für das energieeffiziente Bauen in höheren Lagen des österreichischen Alpenraums entwickelt. Im Mittelpunkt stand dabei auch die Frage, wie weit sich Planungsempfehlungen für den Alpenraum überhaupt verallgemeinern lassen und ob ein eindeutiger Bezug zur jeweiligen Seehöhe festgestellt werden kann.

Die im Alpenraum auftretenden hohen Strahlungssummen legen als geeignete Strategie unter anderem eine Maximierung der winterlichen Strahlungsgewinne nahe. Ein in diesem Zusammenhang häufig auftretendes Problem ist die Gefahr der sommerlichen Überhitzung, weshalb neben den Energiebedarfsberechnungen zum Winterfall auch einige grundlegende Untersuchungen zur Sommertauglichkeit durchgeführt wurden.

2.1.2 Grundannahmen

2.1.2.1 Untersuchungsobjekt Einfamilienhaus

Das zentrale Untersuchungsobjekt der Parameterstudien, die dieser Arbeit zu Grunde liegen ist das Einfamilienhaus. In Kapitel 1.2.1.4 wurde bereits näher darauf eingegangen, dass das freistehende Einfamilienhaus mit verschiedenen ökologischen und wirtschaftlichen Problemen verbunden ist und daher auch im Alpenraum für die nachhaltige Wohnraumschaffung nur eine Ausnahme darstellen kann. Dennoch wurde nach gründlicher Überlegung das Einfamilienhaus zum Untersuchungsobjekt dieser Arbeit gewählt. Unter anderem weil sinnvolle Studien zu verschiedenen anderen Wohnbauformen den Umfang dieser Diplomarbeit überstiegen hätten.

Es kann auch nicht verleugnet werden, dass der Anteil der Ein- und Zweifamilienhäuser am Wohnungsneubau in über 800 m Seehöhe derzeit noch bei etwa 62 % liegt (vergleiche auch Kapitel 1.2.2.3), und in einigen ländlichen Alpenregionen wird das Einfamilienhaus auch langfristig nicht vollständig durch verdichtete Wohnbauformen ersetzt werden können. Gerade bei Einfamilienhäusern in Bergregionen besteht jedoch ein besonderer Bedarf an Verbesserungen bei der Energieeffizienz. Die speziellen klimatischen Voraussetzungen in den Alpen machen dabei andere Herangehensweisen erforderlich als in niedriger gelegenen Klimaregionen Österreichs.

Im Übrigen kann davon ausgegangen werden, dass die Aussagen dieser Parameterstudien am Einfamilienhaus in gewissem Rahmen auch für andere Wohnbautypologien anwendbar sind. Zumindest ist anzunehmen, dass die Ergebnisse dieser Studie eine gute Grundlage für weitere Untersuchungen bilden.

2.1.2.2 Untersuchte Region und Seehöhe

Im Vorfeld der Untersuchungen wurde die betrachtete Region auf den österreichischen Alpenraum eingeschränkt, was zum einen mit dem vorgesehenen Umfang der Arbeit und zum anderen mit der Datenverfügbarkeit argumentiert wird.

Des Weiteren wurde für den Untersuchungsbereich eine Höhe von 800 m bis 1.400 m über Meer festgelegt. In dieser Seehöhe kommen die alpinen klimatische Besonderheiten deutlich zum Ausdruck, gleichzeitig gibt es in dieser Höhenlage

Dauersiedlungen mit reger Wohnbautätigkeit am Einfamilienhaussektor. Ab etwa 1.200 m Seehöhe nimmt die Wohnbevölkerung in den Alpen sehr stark ab, und in Höhen über 1.400 m befinden sich vor allem Tourismusorte, deren Wohnbautätigkeit sich auf den Hotel- und Ferienwohnungsbau konzentriert. (Siehe auch Kapitel 1.2.2.3)

In einer Voruntersuchung zu den für die Heizwärmebedarfsberechnung relevanten Klimabedingungen zeigte sich, dass die stärksten Abweichungen vom durchschnittlichen Temperaturgradienten im Jänner zwischen 900 und 1.300 m über Meer auftreten (siehe Kapitel 2.1.3.4). Es erschien daher auch sinnvoll zu untersuchen, ob es in diesem Bereich verstärkt zu Abweichungen in den Ergebnissen kommt.

2.1.3 Standortwahl

2.1.3.1 Allgemeine Annahmen

Für die Planung eines energieeffizienten Gebäudes ist es in der Praxis unbedingt erforderlich, die lokalen Standortbedingungen zu berücksichtigen. Etwa sollten immer klimatische Bedingungen wie die vorherrschende Windrichtung und -stärke, oder mögliche durch das Gelände und umliegende Objekte erzeugte Verschattungen untersucht werden. Auch baurechtliche, technische oder funktionale Aspekte können zu einer Einschränkung bei den Möglichkeiten zur Energieoptimierung führen und müssen rechtzeitig bedacht werden.

Zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit der Ergebnisse war es in dieser Studie jedoch notwendig bestimmte Grundannahmen festzulegen und von idealisierten Standorten mit einheitlichen lokalklimatischen Bedingungen auszugehen.

Da die passive Solarenergienutzung und die Sommertauglichkeit zentrale Rollen in dieser Studie spielen, wurde an jedem untersuchten Standort von einer exakten Südorientierung der Hauptfassade und einer vollständigen Verschattungsfreiheit des Baukörpers über das ganze Jahr ausgegangen. Wind und lokale Abweichungen vom regionalen Klima wurden nicht berücksichtigt.

2.1.3.2 Kriterien und Vorgehensweise

Die Auswahl der für die Parameterstudien herangezogenen Standorte erfolgte nach den drei Kriterien Höhenlage, Bautätigkeit und regionale Klimabedingungen. Alle untersuchten Standorte sollten Dauersiedlungen mit vorhandener Bautätigkeit am Ein- und Zweifamilienhaussektor in den festgelegten Höhenlagen aufweisen, sich jedoch in Bezug auf die regionalen Klimabedingungen möglichst voneinander unterscheiden.

Im ersten Schritt wurden dafür alle in Frage kommenden österreichischen Gemeinden nach Höhenlage und Neubauleistung sortiert und auf einige für unsere Zwecke interessante Gemeinden reduziert. Anschließend erfolgte mit Hilfe der Daten aus dem österreichischen Klimadatenkatalog eine Beurteilung des regionalen Klimas in Bezug auf die jeweils durchschnittlich im Jänner auftretende Lufttemperaturen und deren Abweichungen vom zu erwartenden Temperaturgradienten.

2.1.3.3 Standortkriterien Baugeschehen und Höhenlage

Für die Parameterstudien wurden Standorte gesucht, die über den ganzen betrachteten Höhenbereich, also zwischen 800 und 1.400 m Seehöhe, Dauersiedlungen aufweisen. Da es sinnvoll schien Standorte zu wählen, an denen derzeit

Höhenklasse:	Bereich in Metern:
1	bis 200
2	201 – 300
3	301 – 400
4	401 – 500
5	501 – 600
6	601 – 800
7	801 – 1.000
8	1.001 – 1.200
9	1.201 und darüber

auch tatsächlich Einfamilienhäuser gebaut werden, sollte für die Auswahl auch die aktuelle Wohnbautätigkeit berücksichtigt werden.

Die Ortsverzeichnisse der Statistik Austria sehen eine Einteilung aller österreichischen Gemeinden in neun Höhenklassen vor (siehe Tabelle 2.1.1). Als Höhenklasse ist dabei jene Höhenstufe definiert, die vom Dauersiedlungsraum der Gemeinde tatsächlich eingenommen wird.

Für die Standortwahl wurden zunächst alle österreichischen Gemeinden in über 800 m Seehöhe (Höhenklassen 7, 8 und 9), mit der gesamten Einwohnerzahl, dem jeweiligen Hauptort, dessen Seehöhe, und der genauen geografischen Lage erfasst.

Tabelle 2.1.1: Höhenklasseneinteilung der Statistik Austria Ortsverzeichnisse 2001

Anschließend wurden die Daten der Wohnbautätigkeitsberichte der Statistik Austria aus den Jahren 2000, 2001 und 2002 herangezogen, und für alle

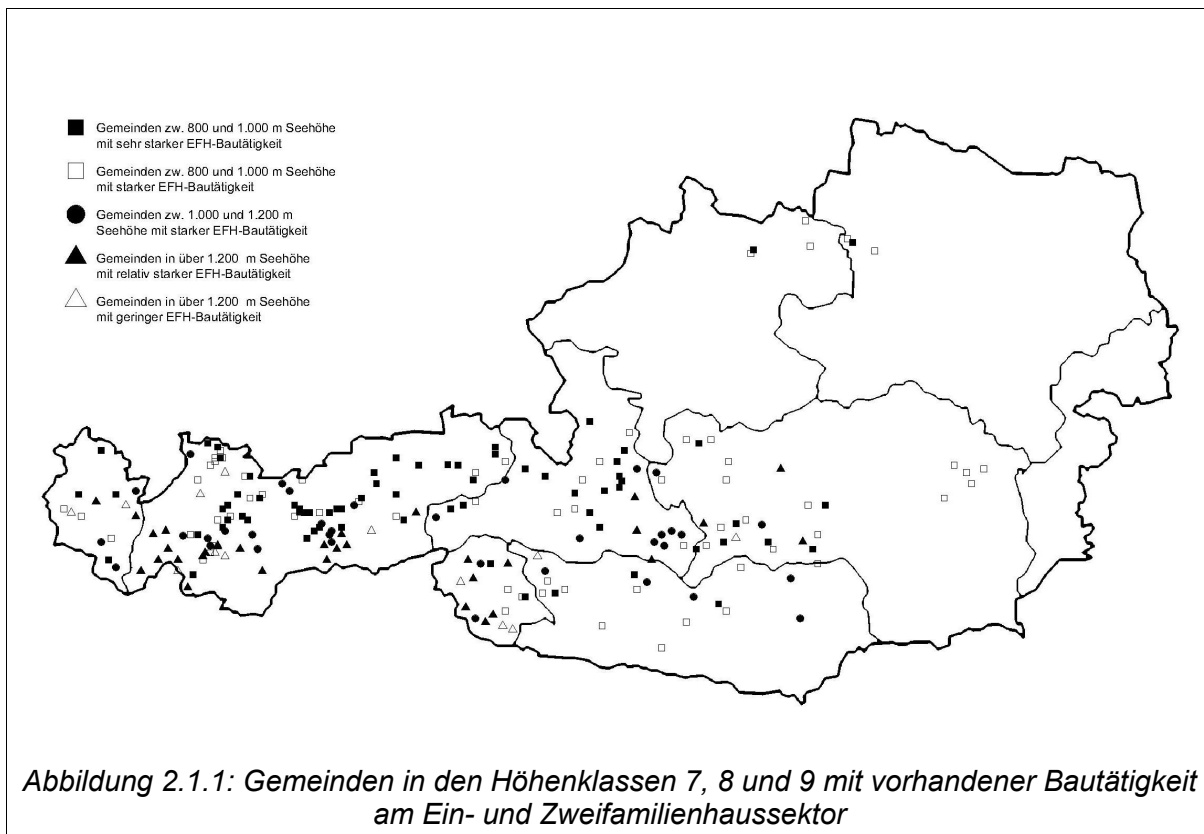
Gemeinden in über 800 m Seehöhe eine durchschnittliche Wohnbaurate⁸⁷, sowie die Anzahl der jährlich fertiggestellten Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern ermittelt.

Anhand der jährlich fertiggestellten Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern wurde nun die Auswahl der in Frage kommenden Gemeinden je Höhenklasse eingeschränkt. Für die Höhenklassen 7 und 8 wurden Gemeinden ausgewählt in denen zwischen 2000 und 2001 mindestens drei Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern fertiggestellt wurden, Gemeinden in der Höhenklasse 9 sollten mindestens eine fertiggestellte Wohnung pro Jahr aufweisen. (Siehe Abbildung 2.1.1 sowie Tabelle A.1 und Tabelle A.2 im Anhang)

Da sich das tatsächliche Gemeindegebiet und der jeweilige Dauersiedlungsbereich von Gemeinden im Alpenraum in der Regel über mehrere hundert Höhenmeter erstreckt⁸⁸, wurde davon ausgegangen, dass Gemeinden der Höhenklasse 7 und 9 den untersuchten Höhenbereich zwischen 800 und 1.400 m Seehöhe ausreichend abdecken. Gemeinden der Höhenklasse 8 wurden also für die Standortwahl nicht als notwendiges Kriterium berücksichtigt.

87 Anzahl der jährlich errichteten Wohnungen pro 1000 Einwohner zwischen 2000 und 2002.

88 Vgl. Bätzing (1997), S. 59.



2.1.3.4 Standortkriterium Klima

Klimadatenkatalog und Planfelder

Alle für die Parameterstudien verwendeten Klimadaten wurden dem 1984 vom Österreichischen Bundesministerium für Bauten und Technik herausgegebenen Klimadatenkatalog entnommen, wodurch eine Einheitlichkeit der verwendeten Daten sichergestellt werden sollte. Auch die verwendeten Simulationsprogramme EuroWAEBED und GEBA arbeiten, sofern vom Anwender keine eigenen Datensätze eingegeben werden, mit den Daten des Klimadatenkatalogs.

Im Klimadatenkatalog wurde zur Beschränkung des Umfangs eine Zerlegung des österreichischen Bundesgebietes in 702 Planfelder vorgenommen. Für jedes Planfeld mit einer Fläche von etwa 140 km² finden sich detaillierte Angaben zu Lufttemperatur, Strahlung, u.s.w. in Hundertmeterschritten für die jeweils relevanten Höhenlagen.

Die Einteilung des Klimadatenkatalogs in Planfelder wurde für die räumliche Abgrenzung der in Frage kommenden Standorte übernommen. Dabei wurde davon ausgegangen, dass innerhalb eines Planfeldes vereinfacht einheitliche regionale Klimabedingungen angenommen werden können.

Untersuchte Klimadaten

Ein weiter oben bereits angesprochenes Kriterium für die Auswahl der in Frage kommenden Standorte waren die möglichst unterschiedlichen regionalen Klimabedingungen. Da die Höhenabhängigkeit der untersuchten Parameter ein wesentlicher Punkt der Studie sein sollte, schien es auch nahe liegend die Klimadaten der einzelnen Standorte im Zusammenhang mit der Höhenlage zu betrachten.

Die für die Energiebedarfsberechnung relevanten Klimadaten sind die durchschnittliche Außenlufttemperatur und die auftretenden Strahlungsintensitäten. Die Strahlungsintensität kann vor allem im Fall von passiver Solarenergienutzung großen Einfluss auf den Energiebedarf haben.

Mittlere Lufttemperatur im Jänner in °C:	Seehöhe:											
	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800
Mittelwert österreichweit	-3,56	-3,81	-4,01	-4,05	-4,01	-4,04	-4,24	-4,52	-4,90	-5,30	-5,69	-6,12
Differenz	-0,25	-0,20	-0,04	0,04	-0,02	-0,20	-0,28	-0,38	-0,40	-0,40	-0,40	-0,43
Planfelder ohne Inversion	-3,35	-3,50	-3,69	-3,89	-4,17	-4,45	-4,72	-4,99	-5,29	-5,59	-5,86	-6,19
Differenz	-0,15	-0,19	-0,20	-0,28	-0,28	-0,28	-0,27	-0,30	-0,30	-0,27	-0,34	
Planfelder mit deutl. Inversion	-3,81	-4,08	-4,22	-4,12	-3,88	-3,75	-3,85	-4,09	-4,49	-4,90	-5,38	-5,88
Differenz	-0,27	-0,14	0,10	0,23	0,14	-0,10	-0,24	-0,40	-0,41	-0,48	-0,50	

Tabelle 2.1.2: Monatsmitteltemperaturen im Jänner zwischen 700 m und 1.300 m über Meer, basierend auf Daten aus dem Österreichischen Klimadatenkatalog

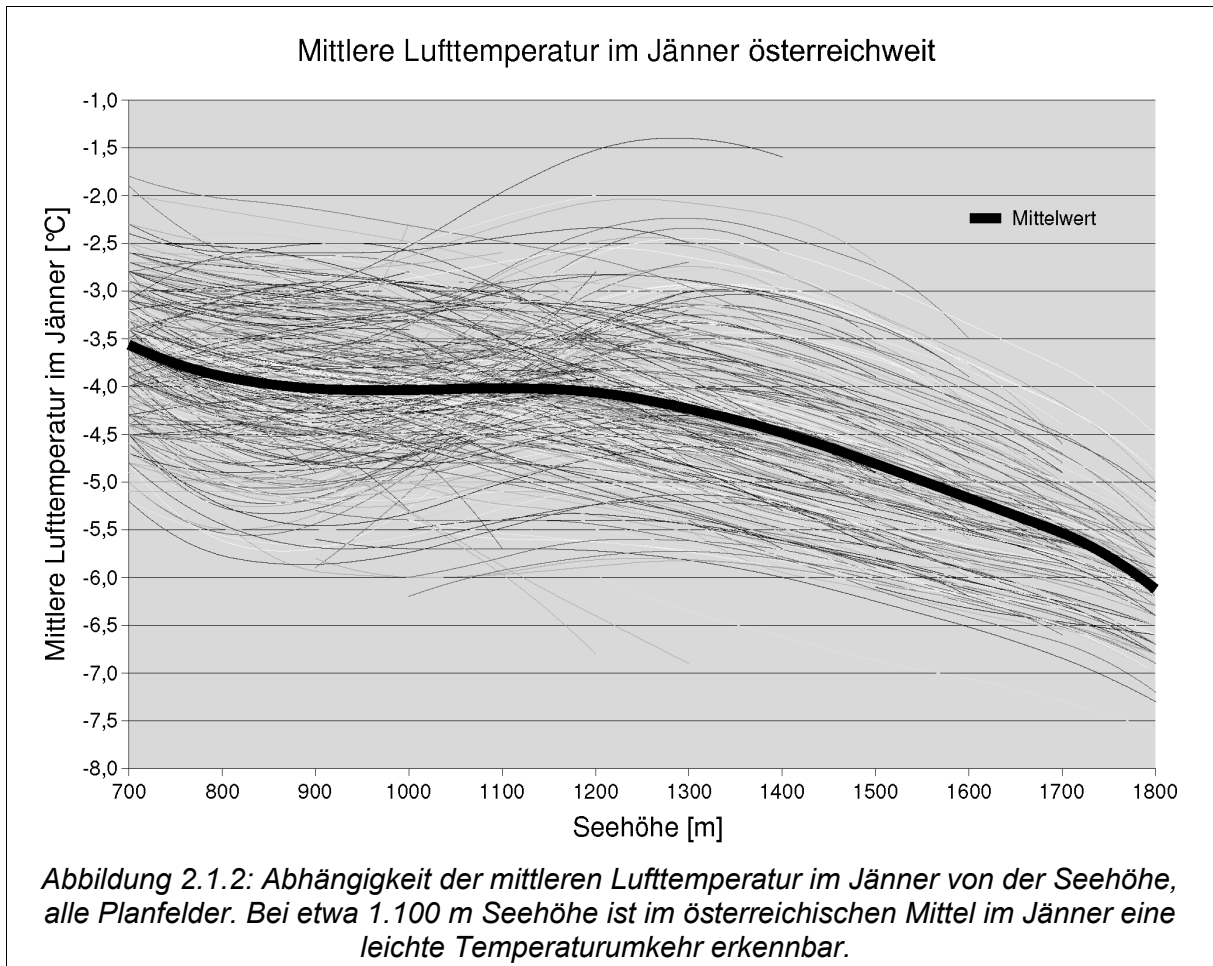
Für die klimatische Beurteilung der Standorte wurden zunächst die durchschnittlichen Außenlufttemperaturen im Jänner herangezogen. Zum einen ist der Jänner der kälteste Monat des Jahres und hat damit auch die stärkste Auswirkung auf den Heizwärmebedarf. Zum anderen konnten auf Grund von auftretenden Inversionswetterlagen im Jänner die stärksten Abweichungen im vertikalen Temperaturgradienten erwartet werden. Der betrachtete Höhenbereich wurde dafür etwas ausgeweitet auf 700 m bis 1.800 m über Meer, und die Untersuchung beschränkt sich auf Planfelder, für die in diesen Höhenlagen Daten verfügbar sind.

Diskussion der Ergebnisse

Der durchschnittliche Höhengradient der Jahresmitteltemperatur liegt in Österreich bei 0,43 °C pro 100 m. Der Temperaturgradient ist jeweils nachts und im Winter etwas geringer, außerdem können im Winter zwischen 900 und 1300 m aufgrund von Inversionen starke Abweichungen auftreten.⁸⁹ (Siehe auch Kapitel 1.3.2.4.)

89 Vgl. Harlfinger u.a., S. 21.

Nach den Daten des Klimadatenkatalogs ergibt sich im Jänner zwischen 700 m und 1.800 m über Meer ein relativ geringer durchschnittlicher Höhengradient von $0,23\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. Dabei zeigt sich sogar im österreichischen Mittel zwischen 1.000 m und 1.100 m Seehöhe eine geringfügige Umkehr des vertikalen Temperaturgradienten, was in Abbildung 2.1.2 gut erkennbar ist. (Siehe außerdem auch Tabelle 2.1.2)



Betrachtet man nun den Temperaturverlauf in Abhängigkeit zur Seehöhe bei den einzelnen Planfeldern, so kann man an der jeweiligen Kurven recht deutlich erkennen, ob hier im Jänner häufig Inversionen auftreten oder nicht. So gesehen lassen sich zwei Kategorien zusammenfassen: Planfelder die eine deutliche Temperaturinversion erkennen lassen (Abbildung 2.1.3) und Planfelder deren mittlere Temperatur im Jänner mit zunehmender Seehöhe kontinuierlich abnimmt (Abbildung 2.1.4). Daneben gibt es einige Planfelder in denen keine eigentliche Temperaturumkehr stattfindet, deren mittlere Lufttemperatur im Jänner jedoch über mehrere hundert Höhenmeter hinweg gleich bleibt. Diese wurden in den folgenden Betrachtungen ausgenommen.

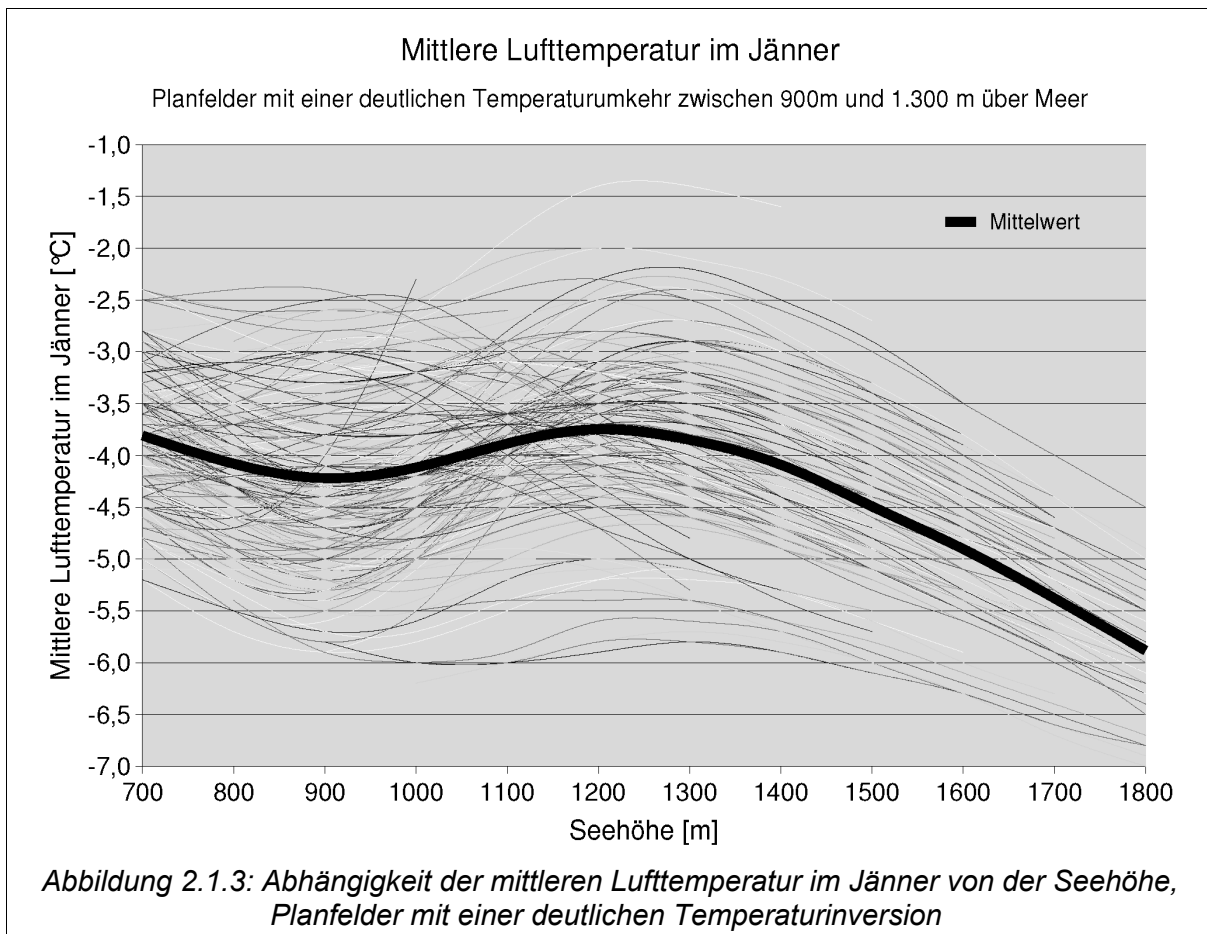
Planfelder mit deutlicher Inversion

Vergleicht man nun die Planfelder mit deutlichen Inversionen untereinander (Abbildung 2.1.3), so lassen sich starke Abweichungen bezüglich des Ausmaßes der

Temperaturumkehr erkennen. In einigen Planfeldern nimmt die Temperatur mit der Höhe um bis zu 2,5 °C zu, in anderen nur um einige Zehntelgrade.

Interessant ist jedoch, dass die Scheitelpunkte der Kurven abgesehen von einigen Ausnahmen ziemlich genau übereinander liegen. Man kann deutlich erkennen, dass die Inversionsuntergrenze in den meisten Fällen zwischen 900 m und 1.000 m und die Obergrenze zwischen 1.200 m und 1.300 m über Meer liegt. Darüber nimmt die Temperatur mit zunehmender Seehöhe relativ stark ab. In 1.800 m Seehöhe liegt die mittlere Temperatur jedoch noch immer etwas über dem österreichweiten Mittel.

Die wenigen Planfelder deren Inversionsuntergrenze unter 900 m über Meer liegt befinden sich ausschließlich nahe der italienischen Grenze in Osttirol und Kärnten, etwa im Bereich der Gailtaler Alpen, der Karawanken und des Klagenfurter Beckens. Es ist nicht möglich mit Sicherheit zu sagen, ob die Abweichungen in dieser Region auf die südalpine Klimaeinflüsse zurückzuführen sind, oder ob hier möglicherweise Artefakte zum Vorschein kommen, die im Klimadatenkatalog in Grenznähe auftreten können.

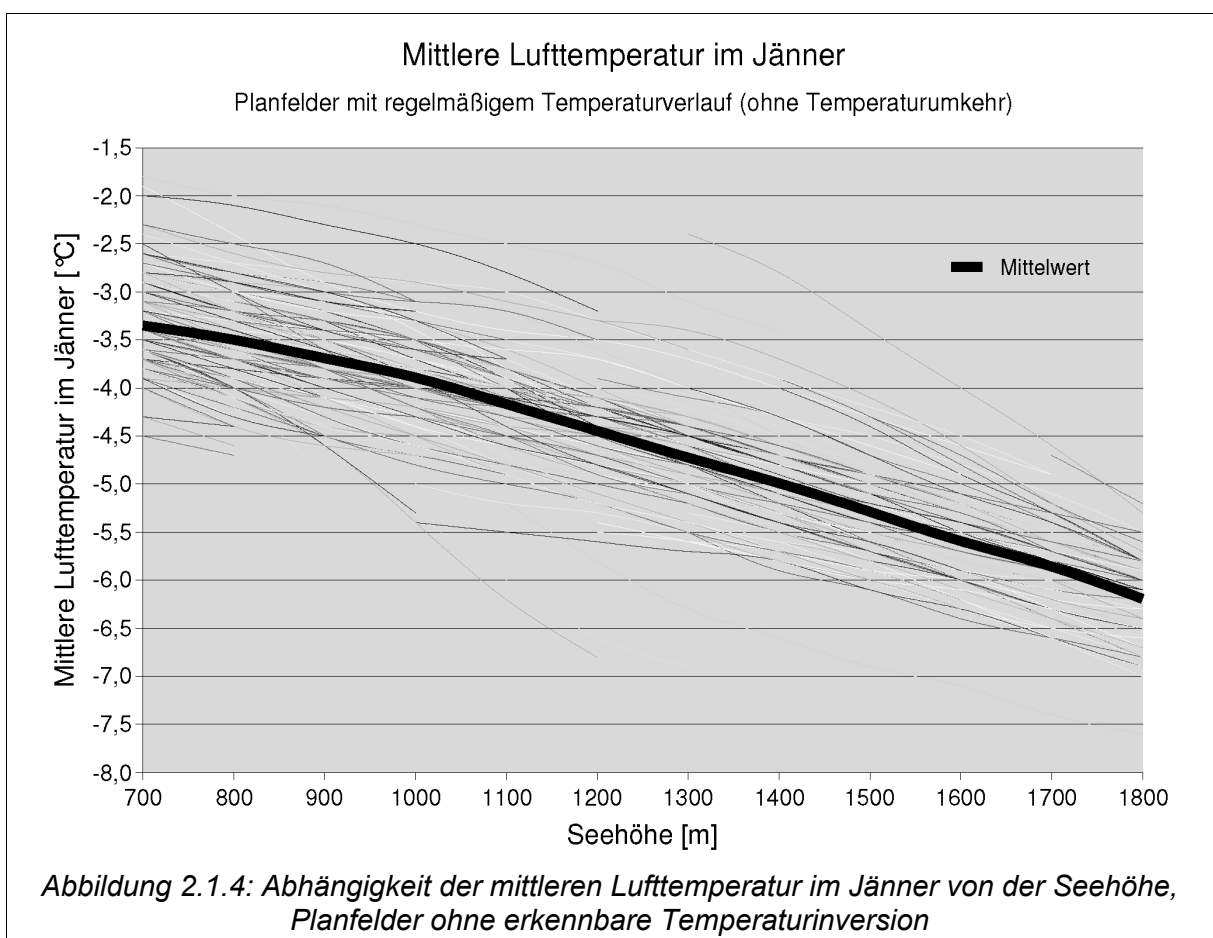


Die Temperaturunterschiede zwischen den einzelnen Planfeldern sind im Bereich der Inversionen am höchsten. In 1.200 m Seehöhe schwankt die mittlere Lufttemperatur der verschiedenen Planfelder etwa zwischen -2,0 °C in der Schneebergregion und -5,9°C im oberen Murtal bei Tamsweg.

Planfelder ohne Inversion

Betrachtet man die Planfeldern ohne Inversion bei der mittleren Lufttemperatur im Jänner etwas näher (Abbildung 2.1.4), so werden in einigen Fällen kleinere Abweichungen vom linearen Verlauf sichtbar, im Mittel ist jedoch ein annähernd linearer Temperaturgradient erkennbar.

Mit zunehmender Seehöhe wird die Steigung der Kurven im Mittel etwas größer, die Temperaturen nehmen also in größeren Höhen etwas rascher ab (vergleiche auch Tabelle 2.1.2). Die Temperaturabweichung zwischen den einzelnen Planfeldern ist insgesamt deutlich geringer als bei den Planfeldern mit Inversion. Sieht man von einigen Ausreißern ab, so schwankt die mittlere Monatstemperatur in 1.200 m Seehöhe zwischen $-3,3^{\circ}\text{C}$ im Salzkammergut und $-5,2^{\circ}\text{C}$ in der Hochschwabregion und den Radstädter Tauern.



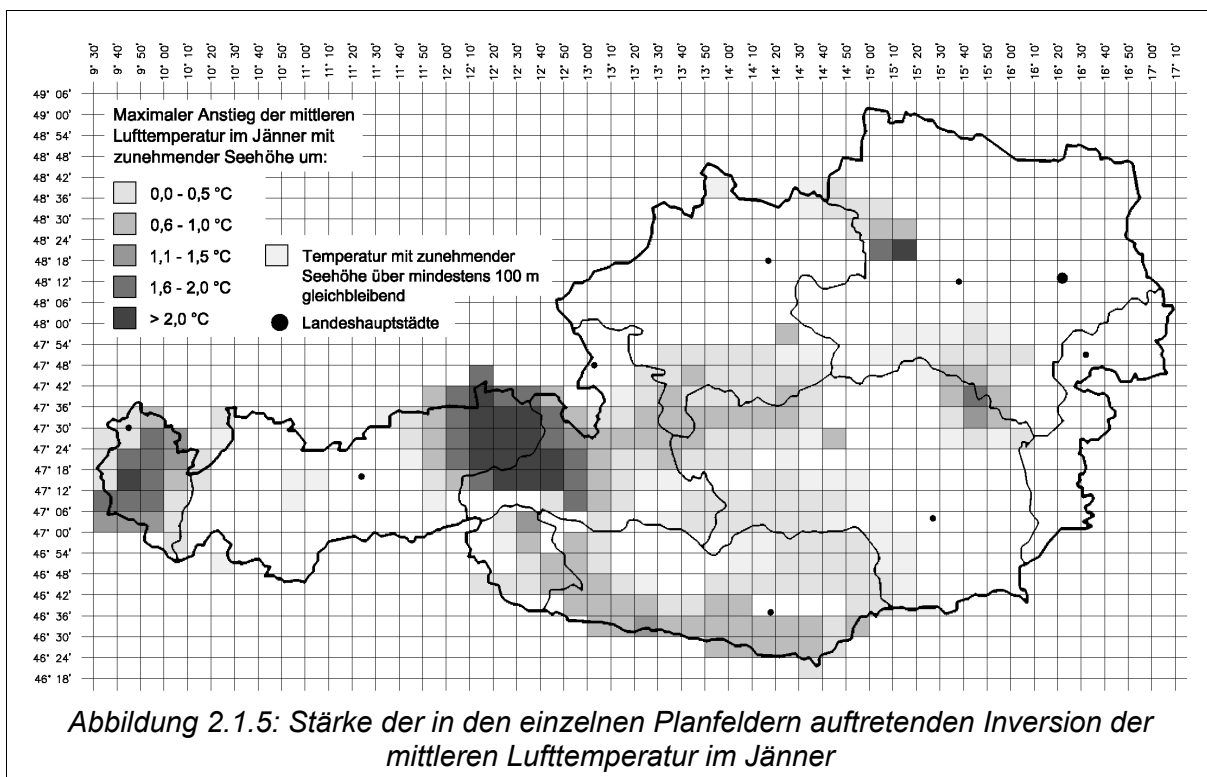
Stärke der Inversion

Für die klimatische Beurteilung der einzelnen Planfelder, wurde unter anderem die Stärke der im Jänner auftretenden Inversion herangezogen. Mit Inversionsstärke ist dabei der maximale Temperaturanstieg mit zunehmender Seehöhe gemeint. In Abbildung 2.1.5 sind die einzelnen Planfelder mit der jeweils im Jänner vorherrschenden Inversionsstärke dargestellt. Dabei sind Planfelder mit stärkeren Inversionen (= größere Schwankung in Abbildung 2.1.3) dunkler dargestellt als Felder mit schwächeren oder keiner Temperaturumkehr.

Standortwahl

In der grafischen Darstellung der Inversionsstärken werden zwei größere Felder mit besonders starken Inversionen sichtbar. Das größte erstreckt sich an der Grenze zwischen Tirol und Salzburg von Kufstein über die Kitzbühler Alpen und die Glocknergruppe bis etwa nach Bad Gastein. Das etwa kleinere, in Vorarlberg um Bludenz herum, zieht sich von den Allgäuer Alpen über das Lechquellengebirge bis ins Rätikon.

Kleinere Bereiche mit starken Inversionen zeigen sich auch in Niederösterreich bei Zwettl und an der Grenze zur Steiermark in der Rax-Schneebergregion. Außerdem lassen sich einige größere Regionen mit mäßigen Inversionen erkennen. Die eine zieht sich von Osttirol nach Kärnten, im Bereich der Gailtaler Alpen, der Karawanken und des Klagenfurter Beckens, sie wurde weiter oben bereits angesprochen. Ein anderer Bereich liegt zwischen Salzburg, Oberösterreich und Kärnten, etwa entlang der Enns, von den Radstädter Tauern über den Dachstein bis ins Tote Gebirge.



Im Bereich nördlich des Klagenfurter Beckens, in den Gurktaler und Lavanttaler Alpen, sind mehrere Planfelder mit geringen Inversionen erkennbar.

Die Ursachen für diese Verteilung sind vermutlich komplexer Natur und nicht Inhalt dieser Arbeit. Professor Mursch-Radlgruber vom Institut für Meteorologie auf der Universität für Bodenkultur in Wien äußerte jedoch in einem Gespräch die Vermutung, dass ein Zusammenhang mit der in dem jeweiligen Gebiet vorherrschenden Nebelhäufigkeit bestehen könnte.⁹⁰

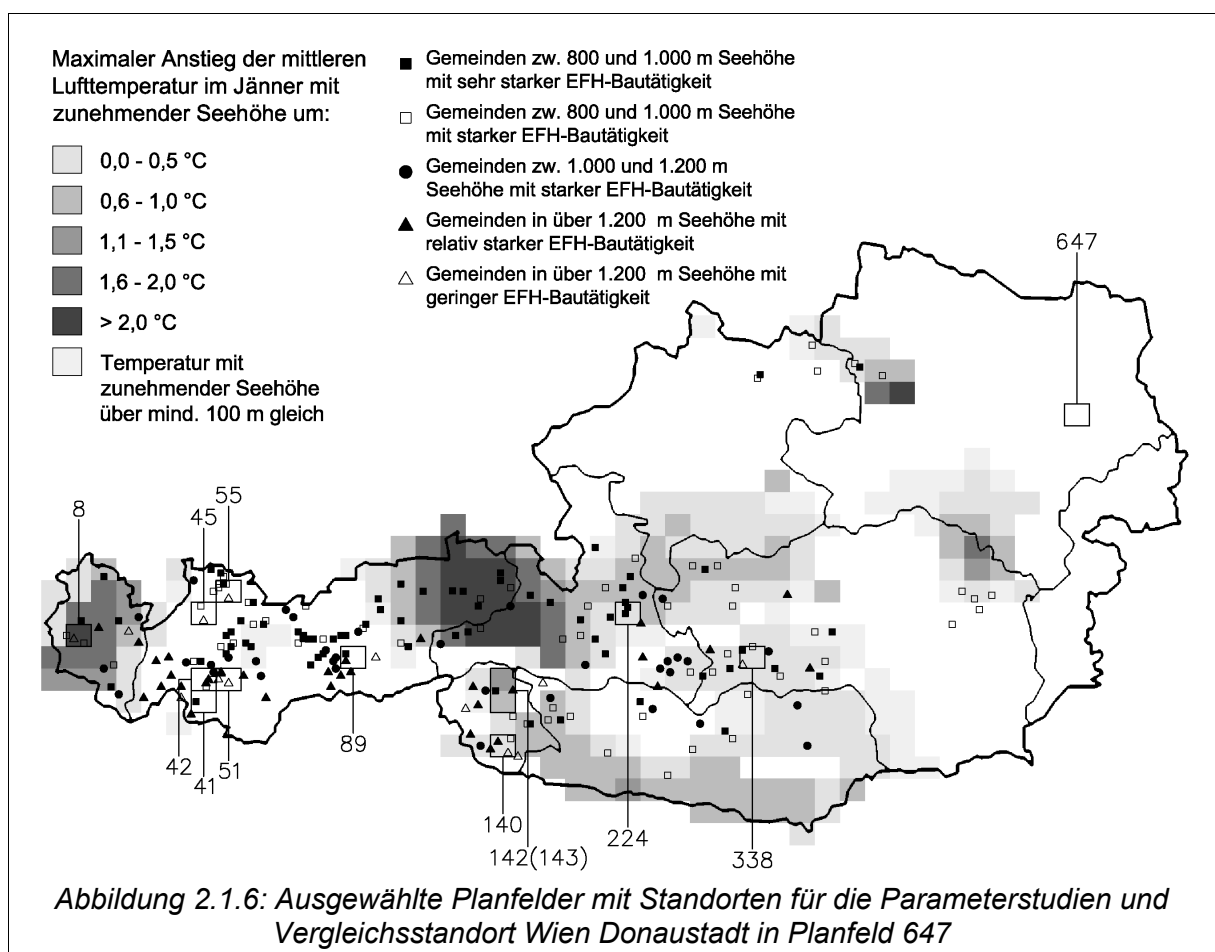
90 Persönliches Gespräch mit Professor Mursch-Radlgruber am 09.08.2007.

2.1.3.5 Auswahl der Standorte

Zusammenfassend wurden die Auswahlkriterien der für die Parameterstudien in Frage kommende Standorte noch einmal folgendermaßen festgelegt:

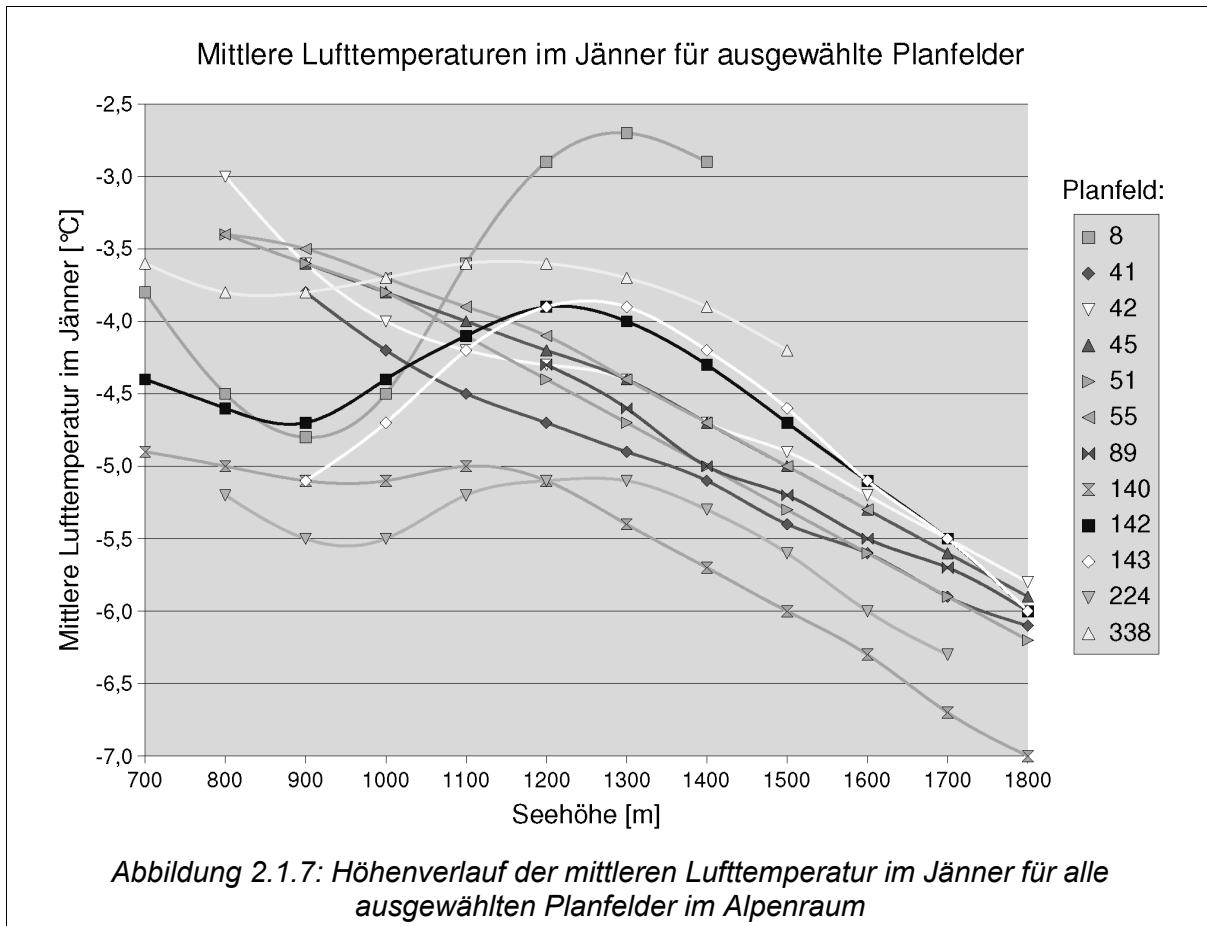
Auf der Fläche eines definierten Planfeldes sollte sich mindestens eine Gemeinde in Höhenklasse 8 und mindestens eine Gemeinde in Höhenklasse 9 befinden. Dabei müssen Gemeinden der Höhenklasse 8 eine Wohnbautätigkeit von mindestens drei und Gemeinden der Höhenklasse 9 eine Wohnbautätigkeit von mindestens einer Wohnung in Ein- und Zweifamilienhäusern pro Jahr aufweisen (siehe dazu Abbildung 2.1.1 und Tabelle A.2 im Anhang). Die Klimabedingungen der gewählten Standorte sollten sich vor allem in Bezug auf den Höhenverlauf der Mittleren Lufttemperatur im Jänner und die mittleren auftretenden Strahlungssummen unterscheiden.

Insgesamt wurden elf Planfelder mit Gemeinden in über 800 m Seehöhe ausgewählt, und ein Referenzstandort in 160 m Seehöhe in Wien Donaustadt (Planfeld 647) festgelegt (siehe Abbildung 2.1.6 und Tabelle B.1 auf Seite 102). Für sehr detaillierte Parameterstudien wurde die Auswahl weiter eingeschränkt auf vier Standorte im Alpenraum (Planfelder 8, 42, 55 und 142) und den Vergleichsstandort (Planfeld 647).



Standortwahl

Die ausgewählten Standorte unterscheiden sich deutlich in Bezug auf die im Jänner auftretenden Lufttemperaturen und deren Höhenabhängigkeit (siehe Abbildung 2.1.7). In der engeren Auswahl zeigen die Planfelder 8 und 42 unterschiedlich starke Inversionen, während die Planfelder 55 und 142 einen fast linearen Höhengradienten aufweisen.

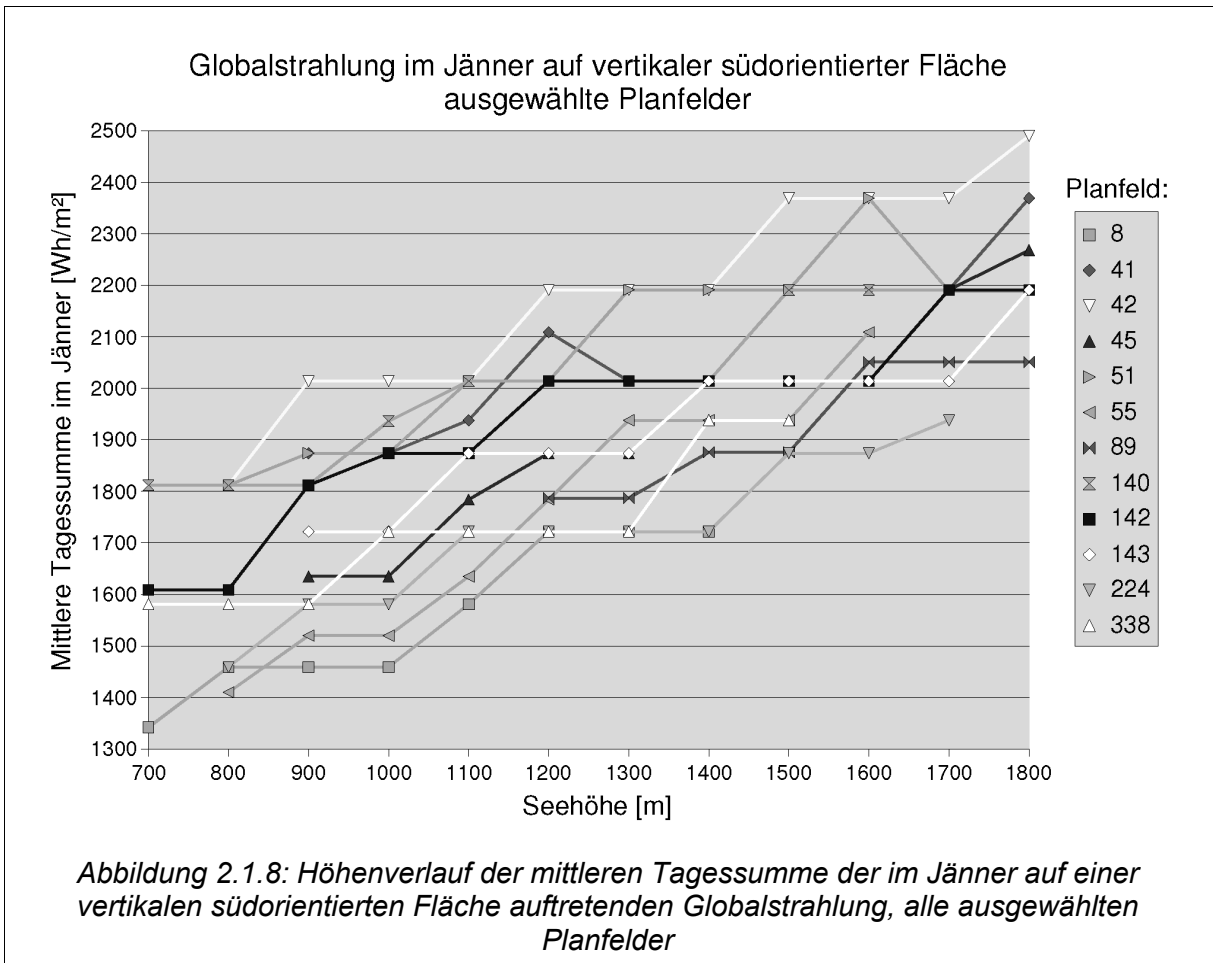


Für die ausgewählten Planfelder wurde schließlich noch die jeweils auftretende Strahlungsintensität betrachtet. Dafür wurden die mittleren Tagessummen der im Jänner auf einer vertikalen südorientierten Fläche⁹¹ auftretenden Globalstrahlung⁹² herangezogen.

Auch hier lassen sich relativ große Unterschiede erkennen (siehe Abbildung 2.1.8). In 1.300 m Seehöhe schwanken die Strahlungssummen zwischen rund 1.700 und 2.200 Wh/m², was einer Differenz von fast einem Drittel entspricht. Zu beachten ist auch, dass die Planfelder der engeren Auswahl 42 und 55 im Temperaturverlauf sehr nahe beieinander liegen, während sich bei den Strahlungssummen deutliche Abweichungen zeigen.

91 Entspricht der Hauptfassade des Modelleinfamilienhauses der Parameterstudien.

92 Globalstrahlung: die Summe aus Direkt- und Diffusstrahlung.



Standortwahl

Planfeld	Gemeinde	HK	Seehöhe	Einwohner	jährlich fertiggestellte Wohnungen, Mittelwert 2000-2002	
					pro 1000 EW	in Ein- und Zweifamilienhäusern
Nr.: 8 (Vbg) B: 47°12' -18' L: 9°40'-50'	Thüringerberg	7	877 m	667	8	3
	Übersaxen	7	899 m	567	5,29	3
	Dünserberg	9	1270 m	147	6,8	1
Nr.: 41 (Tir) B: 46°54'-47°00' L: 10°30'-40'	Pfunds	7	970 m	2.488	10,05	13
	Nauders	9	1394 m	1.536	11,94	7
Nr.: 42 (Tir) B: 47°00' -06' L: 10°30'-40'	Ried im Oberinntal	7	876 m	1.212	11,28	3
	Tösens	7	930 m	695	6,24	3
	Fiss	9	1438 m	859	41,91	3
	Serfaus	9	1429 m	1.091	24,14	8
Nr.: 45 (Tir) B: 47°18' -24' L: 10°30'-40'	Stanzach	7	939 m	423	10,24	4
	Pfafflar	9	1314 m	140	4,76	1
Nr.: 51 (Tir) B: 47°00' -06' L: 10°40'-50'	Prutz	7	864 m	1.670	4,39	5
	Kaunerberg	9	1297 m	344	5,81	2
	Schmirn	9	1200 m	893	2,61	2
Nr.: 55 (Tir) B: 47°24' -30' L: 10°40'-50'	Reutte	7	853 m	5.719	7,29	10
	Berwang	9	1342 m	638	6,79	1
Nr.: 89 (Tir) B: 47°06' -12' L: 11°30'-40'	Telfes im Stubai	7	987 m	1.369	8,04	9
	Navis	9	1337 m	1.907	11,71	8
Nr.: 140 (Tir) B: 46°42' -48' L: 12°30'-40'	Assling	7	1126 m	2.084	3,68	4
	Obertilliach	9	1450 m	796	4,19	1
	Anras	9	1262 m	1.337	2,49	2
Nr.: 142(143) (Tir) B: 46°54' -47°00' L: 12°30'-40'	Matrei in Osttirol	7	975 m	4.903	7,75	11
	Kals am Großglockner	9	1324 m	1.338	6,73	6
Nr.: 224 (Sbg) B: 47°18' -24' L: 13°20'-30'	Altenm. im Pongau	7	842 m	3.486	8,8	16
	Flachau	7	927 m	2.625	13,46	10
	Untertauern	9	1010 m	453	17,66	2
Nr.: 338 (Stm) B: 47°06' -12' L: 14°10'-20'	St. Peter am Kammersb.	7	860 m	2.179	7,65	10
	Stolzalpe	9	1200 m	568	1,17	1
Nr.: 647 (W) B: 48°12' -18' L: 16°20'-30'	Donaustadt	1	160 m	136.444	948*	308*

Tabelle 2.1.3: Ausgewählte Standorte für die Parameterstudien nach Planfeldern, mit Höhenklasse, Seehöhe, Einwohnerzahl, Wohnbaurate und jährlich fertiggestellten Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern

* Daten nur für das Jahr 2002 bekannt.

2.1.4 Baukörper - Grundvariante

Um eine möglichst gute Lesbarkeit und Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, wurde für die Parameterstudien ein idealisierter Modellbaukörper herangezogen. Dafür wurde zunächst die Grundvariante eines Modelleinfamilienhauses (Variante V1, siehe Abbildung 2.1.9 unten) entwickelt, das ein durchschnittliches neu gebautes österreichisches Ein- oder Zweifamilienhaus repräsentieren soll. In weiteren Schritten wurden einzelne Parameter der Grundvariante so verändert, dass sich daraus Rückschlüsse auf ihren Einfluss auf den Heizwärmebedarf und die Sommertauglichkeit ziehen ließen (siehe auch Kapitel 2.2.2 und Kapitel 2.3.3).

In den folgenden Abschnitten finden sich ausführliche Angaben zur Grundvariante (Variante V1), sowie jeweils eine kurze Darstellung der wichtigsten veränderten Parameter. Genauere Informationen zu den weiteren Modellbaukörper-Varianten sind bei den jeweiligen Parameterstudien angegeben.

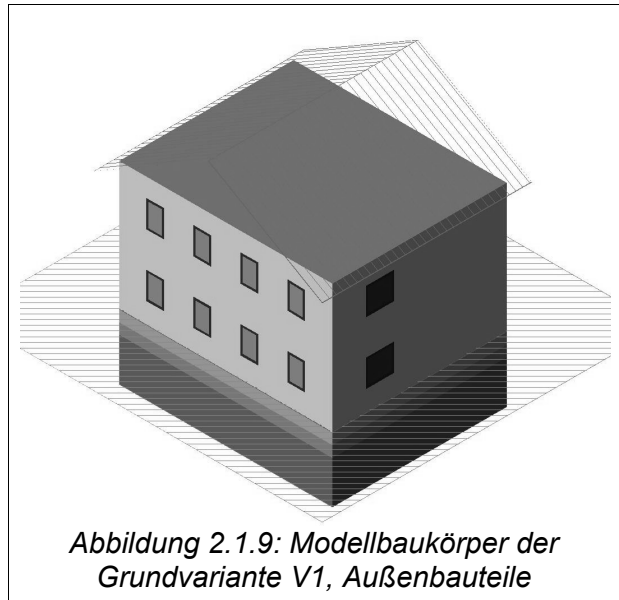


Abbildung 2.1.9: Modellbaukörper der Grundvariante V1, Außenbauteile

2.1.4.1 Allgemeines

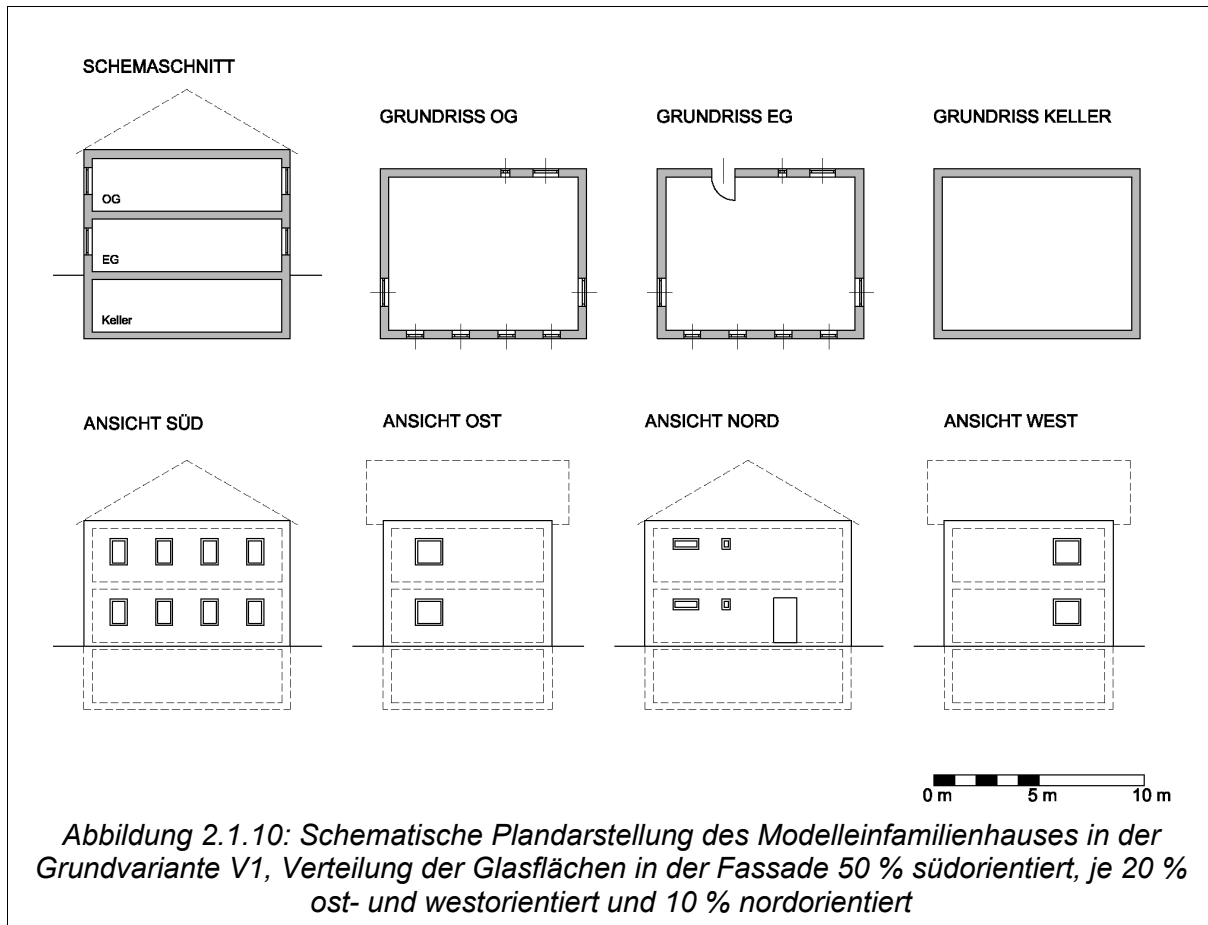
Für den Modellbaukörper wurde als *typisch österreichisches* Einfamilienhaus ein zweigeschoßiger Baukörper mit unbeheiztem Kellergeschoß herangezogen. Da das Verhältnis von Außenhülle und Volumen nicht in die Studien einfließen sollte, wurde ein einfacher kubischer Baukörper mit rechteckigem Grundriss (8,02 m x 9,80 m) gewählt.

Die durchschnittliche Wohnungsgröße in Österreich lag 2002 bei 103 m², wobei von Privatpersonen errichtete Wohnungen, vor allem in Ein- und Zweifamilienhäusern, im Schnitt deutlich größer sind.⁹³ Für die Grundvariante des Modellbaukörpers wurde daher eine Nutzfläche von etwa 130 m² angenommen. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Nutzfläche bei den Varianten mit besserer Wärmedämmung etwas kleiner wird, da die Außenabmessungen nicht verändert werden sollten (siehe Nettonutzfläche in Tabelle 2.2.2 auf Seite 48).

Die lichte Raumhöhe wurde mit 2,5 m festgelegt, da diese Höhe in fast allen österreichischen Bauordnungen als Mindestraumhöhe für Aufenthaltsräume in Wohngebäuden vorgeschrieben ist.⁹⁴ Den Abschluss der Gebäudehülle bildet ein Flachdach, die Situation kann aber auch als kaltes Dachgeschoss verstanden werden, bei dem die Wirkung des Dachraums als Pufferraum vernachlässigt wird.

⁹³ Vgl. Statistik Austria Wohnbau 02, S. 15.

⁹⁴ Ausnahmen bilden die Vorarlberger Bautechnikverordnung mit einer Vorgeschriebenen Raumhöhe $\geq 2,3$ m und die OIB-Richtlinie 3 mit $\geq 2,4$ m.



2.1.4.2 Außenbauteile

Die Wärmedämmung der Gebäudehülle für die Grundvariante V1 wurde nach den vorgegebenen maximal zulässigen Wärmedurchgangskoeffizienten in den einzelnen österreichischen Bauvorschriften und der OIB-Richtlinie 6 festgelegt, wobei für jedes Bauelement der jeweils niedrigste vorgeschriebene U-Wert aus den Bauvorschriften der einzelnen Bundesländer gewählt wurde (siehe Tabelle B.2 im Anhang).

Einige Bauordnungen sehen neben den U-Werten für die einzelnen Außenbauteile auch einen maximal zulässigen mittleren Wärmedurchgangskoeffizient für die Außenwände einschließlich Fenster und Außentüren vor, falls die Fassadenöffnungen einen Anteil der Außenwandfläche von 30 % überschreiten⁹⁵. Das ist hier jedoch in keiner Variante der Fall.

Bei den Parameterstudien spielt die Wärmedämmung der Außenhülle eine zentrale Rolle, deshalb wurden neben der Grundvariante auch Modellbaukörper-Varianten mit besserer Wärmedämmung festgelegt, sodass sich drei Abstufungen ergeben: Varianten mit *Wärmedämmung nach Bauordnung* (V), mit *Wärmedämmung Niedrigenergiehaus* (N) und mit *Wärmedämmung Passivhaus* (P). Die jeweiligen Varianten sind in Tabelle 2.2.2 (Seite 48) auch nach diesen drei Kategorien aufgeteilt dargestellt.

⁹⁵ Maximal 0,75 W/m²K in Tirol, 0,78 W/m²K in Vorarlberg, 0,85 W/m²K in der Steiermark und 0,9 W/m²K in Kärnten, Oberösterreich und Niederösterreich.

Bauelement	U-Wert	Bauvorschrift	Bauteildicke	möglicher Aufbau
Außenwände	0,35 W/m²K	OIB, Tirol, Vorarlberg	0,40 m	z.B.: 38 cm Porotherm von Wienerberger oder 30 cm Hochlochziegel + 8 cm Wärmedämmung, Verputz
Erdberührte Außenwände	0,40 W/m²K	OIB, Tirol	0,40 m	z.B.: 25 cm Beton + 9 cm Wärmedämmung oder 30 cm Porenbetonstein + 8 cm Wärmedämmung
Oberste Geschoßdecke	0,20 W/m²K	OIB, Tirol	0,41 m	z.B.: 21 cm Porotherm Ziegeldecke von Wienerberger + 18 cm Wärmedämmung oder 15 cm Stahlbetondecke + 19 cm Wärmedämmung, Verputz, Dachhaut
Kellerdecke	0,40 W/m²K	OIB, Tirol, Vorarlberg	0,35 m	z.B.: 24 cm Ziegeldecke + 6 cm Wärme-/Trittschalldämmung oder 20 cm Betondecke + 7 cm Wärme-/Trittschalldämmung, Verputz, Estrich, Bodenbelag
Bodenplatte	0,40 W/m²K	OIB, Tirol	0,31 m	z.B.: 15 cm Sperrbeton + 8 cm Wärme-/Trittschalldämmung, Bodenbelag
Verglasung U_g	1,10 W/m²K	aktueller Baustandard	---	z.B.: Zweischeiben-Wärmeschutzglas, beschichtet, 4/16/4 (Ar), g-Wert = 0,6
Rahmen U_f	2,00 W/m²K	aktueller Baustandard	---	z.B.: durchschnittlicher Holzrahmen
Außentüre U_d	1,70 W/m²K	OIB, Tirol	---	z.B.: durchschnittlicher Holztüre oder gedämmte Aluminiumtüre

Tabelle 2.1.4: Wärmedurchgangskoeffizienten, Konstruktionsstärken und mögliche Aufbauten der Außenbauteile des Modellbaukörpers Grundvariante V1

2.1.4.3 Fenster und Türen

Bei der Grundvariante wurde für die Verglasungen ein Wärmedurchgangskoeffizient $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ und ein Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) von 0,6 angenommen. Für den Rahmen wurden der Wärmedurchgangskoeffizient mit $U_f = 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ festgelegt. Der gesamte U-Wert über Rahmen und Fenster ist damit etwas niedriger als der in der OIB-Richtlinie und den Tiroler Bauvorschriften vorgesehene U-Wert von maximal $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ⁹⁶. Die vorgesehenen Werte entsprechen jedoch dem aktuellen Baustandard und erreichen am derzeitigen Markt das beste Preis-Leistungsverhältnis.

Die Wärmebrücken zwischen Glas und Rahmen werden hier nicht extra berücksichtigt, sondern gehen nur über den vorgesehenen pauschalen Leitwertzuschlag in die Rechnung ein (siehe Kapitel 2.1.4.5).

Die Rahmenstärke bei den Fensteröffnungen wurde mit jeweils 10 cm angenommen. Die Fensterformen wurden so gewählt, dass der Rahmen in etwa den im OIB-Leitfaden vorgesehenen 30 % der Architekturlichte entspricht.⁹⁷

⁹⁶ Stand von November 2006.

⁹⁷ Vgl. Leitfaden Energietechnisches Verhalten von Gebäuden, A.2.2. Glasflächen.

Die Fugenlänge pro m² Fensterfläche wurde mit den in ÖNORM B 8110 - Teil 6 vorgesehenen 3 m⁻¹ festgelegt und die Bautechnische Lüftung ebenfalls nach ÖNORM B 8110 - Teil 6 mit 1 m³ pro Meter Fensterfuge und Stunde (= 1 m²/h).

In der Grundvariante ist eine Außentüre mit dem Wärmedurchgangskoeffizienten U_d= 1,7 W/m²K nach OIB-Richtlinie und Tiroler Bauvorschrift vorgesehen⁹⁸, hier wurde aber kein Rahmen berücksichtigt.

Bei den Varianten *Wärmedämmung Niedrigenergiehaus* (N) und *Wärmedämmung Passivhaus* (P) kommen auch dem jeweiligen Baustandard entsprechende Fenster und Türen zur Anwendung (siehe auch U-Werte für Glas und Rahmen in Tabelle 2.1.1 auf Seite 28).

2.1.4.4 Belichtung

Die Belichtungsfläche der Grundvariante wurde nach OIB-Richtlinie 3 festgelegt, wonach bei Aufenthaltsräumen die gesamte, in der Architekturlichte gemessene Fläche der Fenster mindestens 12,5 % der Bodenfläche des Raumes betragen muss.⁹⁹

Im Fall des Modelleinfamilienhauses wurden für das ganze Gebäude 12,5 % der gesamten Nutzfläche als Belichtungsfläche berücksichtigt. Dabei wurden die Fensterflächen in Anlehnung an ÖNORM B 8110 - Teil 1, Beiblatt 1 so in der Fassade angeordnet, dass 50% südorientiert, 10% nordorientiert und je 20% nach Osten und Westen orientiert liegen¹⁰⁰ (vergleiche Abbildung 2.1.10 oben).

Neben der Wärmedämmung ist auch die Größe der südorientierten Belichtungsflächen ein zentraler Aspekt der Parameterstudien, weshalb auch hier zusätzlich zur Grundvariante (1) weitere Varianten festgelegt wurden. Dabei wurde die südorientierte Fensterflächen in einer Variante verdoppelt (2), in einer weiteren verdreifacht (3) und schließlich noch vervierfacht (4), was einer beinahe vollständigen Öffnung der Südfassade entspricht. (Siehe Belichtungsflächen in Tabelle 2.2.2 auf Seite 48.)

2.1.4.5 Wärmebrücken

Für die Ermittlung des Heizwärmebedarfs im Winterfall wurden ausschließlich Außenabmessungen herangezogen. Dabei kann angenommen werden, dass sich bei den Außenecken negative Wärmebrückenverlustkoeffizienten ergeben, durch die sich die geometrischen Wärmebrücken insgesamt in etwa ausgleichen¹⁰¹, weshalb die geometrischen Wärmebrücken hier vernachlässigt wurden.

Konstruktive Wärmebrücken wurden für die Grundvariante nach ÖNORM B 8110 - Teil 6 mit einem Leitwertzuschlag von 10 % des Leitwerts L_e berücksichtigt, wobei L_e der thermische Transmissions-Leitwert für alle Bauteile ist, die den beheizten Innenraum und die Außenluft thermisch verbinden (Keller und Bodenplatte sind also ausgenommen).

98 Dabei ist auffällig, dass viele im Handel erhältlichen Hauseingangstüren noch weit über diesem Wert liegen!

99 Die Bauvorschriften der Bundesländer sehen nur eine mindesterforderliche Belichtungsfläche von einem Zehntel der Fußbodenfläche vor.

100 Vgl. ÖNORM B 8110 - Teil 1, Beiblatt 1, 3.2.2 Bauteilflächen.

101 Vgl. Leitfaden Energietechnisches Verhalten von Gebäuden, S. 69.

Für die Varianten *Wärmedämmung Niedrigenergiehaus (N)* wurde der pauschale Leitwertzuschlag mit nur 5 % des Leitwerts L_e angesetzt, da davon ausgegangen werden kann, dass konstruktive Wärmebrücken in der Niedrigenergiebauweise nach Möglichkeit vermieden oder zumindest reduziert werden.

Da die wärmebrückenfreie Konstruktion für den Passivhausstandard eine Grundvoraussetzung darstellt¹⁰², wurden bei den Varianten *Wärmedämmung Passivhaus (P)* keine Leitwertzuschläge berücksichtigt. (Siehe auch Leitwertzuschläge in Tabelle 2.2.2 auf Seite 48.)

2.2 Winterfall - Heizwärmebedarfsberechnung

2.2.1 Allgemeines

Für die Parameterstudien zum Heizenergiebedarf wurden Simulationsrechnungen mit dem Programmpaket EuroWAEBED 1.01 durchgeführt. Für die Berechnungen zu den Winterfallstudien wurden dabei ausschließlich Außenabmessungen verwendet.

Die in erster Linie für den Heizenergieaufwand herangezogene Beurteilungsgrundlage ist der normgemäße Heizwärmebedarf HWB_{BGF} . In ÖNORM B 8110 - Teil 1 wird er definiert als der im langjährigen Mittel während einer Heizperiode anfallende Heizwärmebedarf, bezogen auf die Bruttogeschossfläche (BGF) nach ÖNORM B 1800. Weitere für die Parameterstudien interessante Ergebniswerte sind auch die jeweilige Dauer der Heizsaison und die Wärmegewinne durch Sonneneinstrahlung¹⁰³.

Die vom Programmpaket EuroWAEBED ebenfalls ermittelte Norm-Heizlast dient der Bemessung von Heizungsanlagen. Die Heizlastberechnung erfolgt nach ÖNORM EN 12831 stationär für eine nach Standort und Nutzung festgelegte Bemessungstemperatur und ohne Berücksichtigung der Innenwärmen¹⁰⁴. Das heißt die Wärmegewinne aus der Sonneneinstrahlung fließen in die Berechnung nicht mit ein, weshalb die Norm-Heizlast für die Beurteilung der untersuchten Parameter nicht geeignet ist.

Die Wärmeabgabe von inneren Wärmequellen wurde in den Simulationsrechnungen entsprechend ÖNORM B 8110 - Teil 6 mit 90 W pro Person und 3 W je m^2 Bruttogeschossfläche für Beleuchtung und Haushaltsgeräte berücksichtigt. Entsprechend dem österreichischen Schnitt wurde die Personenbelegung mit 45 m^2 Bruttogeschossfläche pro Person angenommen, daraus ergibt sich für den Modellbaukörper eine durchschnittliche Personenbelegung von rund 3,5 Personen.

Erwähnenswert ist hier, dass in den Simulationen mit der Baukörpervariante *Wärmedämmung Passivhaus (P)* beim Heizwärmebedarf sehr niedrige Werte auftreten. Bei einer Berechnung nach dem Passivhaus Projektierungspaket (PHPP) wären hier deutlich höhere Werte zu erwarten, da erstens als Energiebezugsfläche für den Heizwärmebedarf nach PHPP nicht die Bruttogeschossfläche sondern die

¹⁰² Vgl. Feist u.a. (2007), S. 89.

¹⁰³ Dabei ist zu beachten, dass in der Ergebnisdokumentation der Parameterstudien nur die jährlichen Wärmegewinne erfasst wurden.

¹⁰⁴ Eine Ausnahme stellen hochbelegte Räume wie etwa Klassenräume dar.

beheizte Wohnfläche¹⁰⁵ nach DIN 277-2 herangezogen wird¹⁰⁶ und zweitens die Innenwärmen nur pauschal mit 2,1 W pro m² Energiebezugsfläche¹⁰⁷ berücksichtigt werden.

Die Heizwärmebedarfsberechnung nach ÖNORM ist prinzipiell nicht für die Bewertung von Passivhäusern geeignet. Da hier jedoch die Vergleichbarkeit der Ergebnisse und nicht die Bewertung der Baukörper im Mittelpunkt steht, wurden die Simulationen für alle Varianten nach ÖNORM B 8110 durchgeführt und in allen Fällen die gleichen Innenwärmen und Bezugsflächen angenommen.

2.2.2 Parameter - Beschreibung

Im folgenden Abschnitt wird näher auf die untersuchten Variablen der Parameterstudien zum Winterfall eingegangen. Dazu werden sowohl die jeweils betrachteten Parameter, als auch die dafür entwickelten Modellbaukörper-Varianten und ihre Differenzierung zu der in Kapitel 2.1.4 definierten Grundvariante V1 erläutert.

2.2.2.1 Standort

Im Mittelpunkt der Untersuchung des Parameters Standort steht die Frage, wie weit sich Planungsempfehlungen für energieeffizientes Bauen im Alpenraum unabhängig vom Standort formulieren lassen. Dafür wurde untersucht wie stark der Einfluss des jeweiligen Standortes bei verschiedenen Baukörpervarianten, auf die Entwicklung des Heizwärmebedarfs in Abhängigkeit zur Seehöhe ist.

An einigen ausgewählten Referenzstandorten wurden in jeweils gleichen Höhenschritten für verschiedene Baukörpervarianten Simulationen durchgeführt, woraus sich ein jeweiliger charakteristischer Höhenverlauf des Heizwärmebedarfs ergab. Stellt man den ermittelten Heizwärmebedarf für jeden Standorte und jede Baukörpervariante als Funktion der Seehöhe dar, so ermöglicht der Vergleich der einzelnen Funktionen in einem gewissen Rahmen Aussagen darüber wie stark die unterschiedlichen Klimabedingungen die Höhenabhängigkeit des jeweiligen Energiebedarfs beeinflussen.

Auf die Definition und Auswahl der für die Studien herangezogenen Teststandorte wurde in Kapitel 2.1.3 bereits näher eingegangen.

2.2.2.2 Seehöhe

In Bezug auf den Parameter Seehöhe lassen sich zwei Untersuchungsbereiche unterscheiden. Für einige Parameterstudien, in denen der genaue Höhenverlauf des Heizwärmebedarfs untersucht werden sollte, wurden an vier ausgewählten Standorten Simulationen in Höhenschritten von je hundert Metern zwischen 800 m bis 1.400 m über Meer durchgeführt.

Das Ziel der meisten Parameterstudien war es jedoch, die tendenzielle Entwicklung mit zunehmender Seehöhe darzustellen. Dafür wurden jeweils Simulationen an allen Teststandorten in 900 m und in 1.300 m Seehöhe

105 Das entspricht in etwa der Netto-Grundrissfläche nach ÖNORM B 1800.

106 Vgl. Feist u.a. (2007), S. 25.

107 2,1 W/m² Energiebezugsfläche = vorgesehener Wert für Einfamilien-, Mehrfamilien- und Reihenhäuser, vgl. Feist u.a. (2007), S. 92.

durchgeführt, sowie am Referenzstandort in Wien Donaustadt in 160 m über Meer. (Siehe auch Kapitel 2.1.3.3.)

2.2.2.3 Wärmedämmung

Die in größeren Höhen auftretenden niedrigen Lufttemperaturen erfordern grundsätzlich eine gute Wärmedämmung. Gleichzeitig besteht durch die niedrigen Temperaturen bei der Wärmedämmung ein größeres Energieeinsparungspotential als in niederen Höhenlagen.

Mit Hilfe der Parameterstudien sollte hier die Auswirkung der Wärmedämmung auf den Energiebedarf im Zusammenhang mit der Seehöhe und im Vergleich zum Referenzstandort Wien Donaustadt untersucht werden. Dazu wurden für den Modellbaukörper drei Abstufungen der Wärmedämmung festgelegt.

Die Wärmedämmung der Grundvariante (V1) richtet sich wie in Kapitel 2.1.4.2 genau beschrieben nach den Bauvorschriften der Bundesländer. In weiteren Schritten wurde ein Modellbaukörper mit Wärmedämmung nach Niedrigenergiehausstandard (N) und ein weiterer mit einer dem Passivhausstandard (P) entsprechenden Wärmedämmung der Gebäudehülle entwickelt. Dabei wurden auch dem jeweiligen Standard entsprechende Fenster und Türen, sowie eine entsprechende Luftdichte der Gebäudehülle berücksichtigt (vergleiche Varianten N und P in Tabelle 2.2.2 auf Seite 48).

Die Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenbauteile für die Varianten *Wärmedämmung Niedrigenergiehaus* (N) und *Wärmedämmung Passivhaus* (P) wurden großteils einer von Kreč durchgeführten Studie zur *Bewertung der Sommertauglichkeit*¹⁰⁸ von Gebäuden entnommen (siehe Tabelle 2.2.1).

Bauelement	U-Wert	Quelle	Bauteildicke	möglicher Aufbau
Variante Wärmedämmung nach Niedrigenergiebauweise (N)				
Außenwände	0,20 W/m²K	nach Feist ¹⁰⁹	0,50 m	z.B.: 50 cm Porothersm S.i. von Wienerberger oder 30 cm Hochlochziegel + 18 cm Wärmedämmung, Verputz
Erdberührte Außenwände	0,30 W/m²K	Schätzwert	0,45 m	z.B.: 25 cm Beton + 14 cm Wärmedämmung oder 30 cm Porenbetonstein + 11 cm Wärmedämmung
Oberste Geschoßdecke	0,15 W/m²K	nach Kreč ¹¹⁰	0,47 m	z.B.: 21 cm Porothersm Ziegeldecke von Wienerberger + 24 cm Wärmedämmung oder 15 cm Stahlbetondecke + 26 cm Wärmedämmung, Verputz, Dachhaut
Kellerdecke	0,25 W/m²K	Schätzwert	0,41 m	z.B.: 24 cm Ziegeldecke + 10 cm Wärme-/Trittschalldämmung oder 20 cm Betondecke + 9 cm Wärme-/Trittschalldämmung, Verputz, Estrich, Bodenbelag
Bodenplatte	0,30 W/m²K	Schätzwert	0,34 m	z.B.: 15 cm Sperrbeton + 11 cm Wärme-/Trittschalldämmung, Estrich, Bodenbelag

108 Vgl. Krec (2006).

109 Vgl. Feist (1997), S. 15.

110 Vgl. Krec (2006), S. 42ff.

Bauelement	U-Wert	Quelle	Bauteil- dicke	möglicher Aufbau
Verglasung U_g	0,70 W/m²K	nach Kreč	---	z.B.: Dreischeiben-Wärmeschutzglas, beschichtet, 4:/12/4/12/:4 (Ar), g-Wert = 0,47
Rahmen U_f	1,40 W/m²K	nach Kreč	---	z.B.: guter Holzrahmen
Außentüre U_d	1,10 W/m²K	Schätzwert	---	z.B.: 7 cm Holztüre oder Alu-/Kunststofftüre mit Hartschaum-Dämmkern
Variante Wärmedämmung entsprechend Passivhausstandard (P)				
Außenwände	0,10 W/m²K	nach Kreč	0,55 m	z.B.: 25 cm Hochlochziegel + 28 cm Wärmedämmung, Verputz
Erdberührte Außenwände	0,15 W/m²K	Schätzwert	0,55 m	z.B.: 25 cm Beton + 24 cm Wärmedämmung oder 30 cm Porenbetonstein + 23 cm Wärmedämmung
Oberste Geschoßdecke	0,10 W/m²K	nach Kreč	0,51 m	z.B.: 21 cm Porotherm Ziegeldecke von Wienerberger + 28 cm Wärmedämmung oder 15 cm Stahlbetondecke + 29 cm Wärmedämmung, Verputz, Dachhaut
Kellerdecke	0,12 W/m²K	Schätzwert	0,54 m	z.B.: 24 cm Ziegeldecke + 23 cm Wärme-/Trittschalldämmung oder 20 cm Betondecke + 9 cm Wärme-/Trittschalldämmung, Verputz, Estrich, Bodenbelag
Bodenplatte	0,15 W/m²K	Schätzwert	0,44 m	z.B.: 15 cm Sperrbeton + 21 cm Wärme-/Trittschalldämmung, Estrich, Bodenbelag
Verglasung U_g	0,50 W/m²K	nach Kreč	---	z.B.: Dreischeiben-Wärmeschutzglas, beschichtet, 4:/12/4/12/:4 (Kr), g-Wert = 0,47
Rahmen U_f	0,87 W/m²K	nach Kreč	---	z.B.: gedämmter Holz-Aluminiumrahmen
Außentüre U_d	0,80 W/m²K	nach Lang ¹¹¹	---	z.B.: Holz-, Alu- oder Kunststofftüre mit Hartschaum-Dämmkern

Tabelle 2.2.1: Wärmedurchgangskoeffizienten, Konstruktionsstärken und mögliche Aufbauten der Außenbauteile für Modellbaukörper Variante Wärmedämmung Niedrigenergiehaus (N) und Variante Wärmedämmung Passivhaus (P)

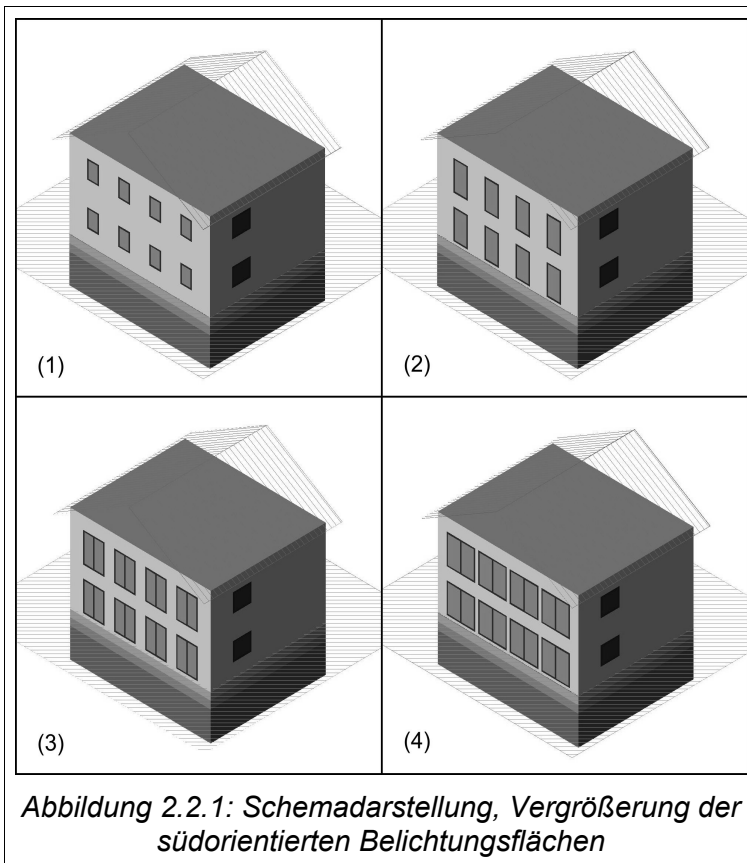
Für die Variante Niedrigenergiehaus (N) wurde außerdem der pauschale Leitwertzuschlag auf $0,05 \times L_e$ reduziert. In den Simulationsrechnungen zur Baukörpervariante Passivhaus (P) wurde kein pauschaler Leitwertzuschlag berücksichtigt (siehe auch Kapitel 2.1.4.5). Außerdem wurde für die Variante Passivhaus ein Luftdurchsatz von nur $0,5 \text{ m}^3$ pro Meter Fugenlänge und Stunde (= $0,5 \text{ m}^2/\text{h}$) angenommen, was einer relativ guten Fugendichte bei Fenster und Türen entspricht.

2.2.2.4 Größe der nach Süden orientierten Belichtungsfläche

Wie weiter oben bereits erwähnt, bieten sich gewinnmaximierende Solarstrategien im Alpenraum für sonnige Standorte besonders an. Aufgrund der hohen Strahlungsintensitäten sind, etwa durch eine großzügige Öffnung der Südfassade, wesentlich größere Solarenergiegewinne möglich als in niederen Höhenlagen.

¹¹¹ Vgl. Lang (2006), S. 146.

Fenster stellen jedoch immer auch eine Schwachstelle in der Wärmedämmung der Gebäudehülle dar und bergen zudem die Gefahr der sommerlichen Überhitzung. In den Parameterstudien zur südorientierten Belichtungsfläche sollte daher untersucht werden, wie weit sich der Energiebedarf durch eine Vergrößerung der südseitigen Fensterflächen optimieren lässt.



Dafür wurden Baukörpervarianten mit unterschiedlich großen südorientierten Fensterflächen entwickelt. Die Fensterflächen der Grundvariante (V1) entsprechen der mindesterforderlichen Belichtungsfläche nach OIB-Richtlinie 3 (siehe auch Kapitel 2.1.4.3). Für die weiteren Varianten wurde die südseitige Belichtungsfläche verdoppelt (2), verdreifacht (3) und vervierfacht (4). Die Fensterflächen nach Norden, Osten und Westen wurden dabei nicht verändert (vergleiche Varianten 1 bis 4 in Tabelle 2.2.2 auf Seite 48).

Bei der Vergrößerung der Belichtungsfläche wurde auch der Rahmenanteil von rund 35 % auf etwa 26 % reduziert, da davon ausgegangen werden

kann, dass sich der Rahmenanteil mit zunehmender Größe der Fenster verringert.

In Abbildung 2.2.1 ist die Größe der südseitigen Belichtungsflächen schematisch dargestellt. Dabei ist gut erkennbar, dass die Fenster in Variante (1) sehr klein sind, während die Südfassade in Variante (4) fast vollständig geöffnet ist.

Bei der Bezeichnung der verschiedenen Baukörpervarianten (siehe Tabelle 2.2.2 auf Seite 48 und Tabelle 2.2.3 auf Seite 50) zeigen die Zahlen (1) bis (4) jeweils die Größe der südorientierten Belichtungsfläche an, während die Buchstaben (V), (N) und (P) sich auf die Wärmedämmung der Außenhülle beziehen. Alle übrigen Parameter (weiter unten) werden durch die Zahlen (5) bis (7) gekennzeichnet.

	Varianten	V1	V2	V3	V4	N1
	Wärmedämmung und südorientierte Belichtungsfläche	Grundvariante, Belichtung n. OIB, Wärmedämmung nach Bauordnung	Grundvariante + doppelte Belichtungsfläche südseitig	Grundvariante + dreifache Belichtungsfläche südseitig	Grundvariante + vierfache Belichtungsfläche südseitig	V1 + Wärmed. Niedrigenergiehaus + Niedrigenergiehausfenster
	Netto-Nutzfläche	130,00 m ²	130,00 m ²	130,00 m ²	130,00 m ²	123,55 m ²
	Grundfläche	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²
	Brutto-Geschoßfläche	157,19 m ²	157,19 m ²	157,19 m ²	157,19 m ²	157,19 m ²
U-Wert [W/m²K]	Glas U_g (g-Wert)	1,10 W/m ² K (0,6)	1,10 W/m ² K (0,6)	1,10 W/m ² K (0,6)	1,10 W/m ² K (0,6)	0,70 W/m ² K (0,47)
	Rahmen U_f	2,00 W/m ² K	2,00 W/m ² K	2,00 W/m ² K	2,00 W/m ² K	1,40 W/m ² K
	Außentüre	1,70 W/m ² K	1,70 W/m ² K	1,70 W/m ² K	1,70 W/m ² K	1,10 W/m ² K
	Außenwände	0,35 W/m ² K	0,35 W/m ² K	0,35 W/m ² K	0,35 W/m ² K	0,20 W/m ² K
	Außenwände erdber.	0,40 W/m ² K	0,40 W/m ² K	0,40 W/m ² K	0,40 W/m ² K	0,30 W/m ² K
	Ob. Geschoßdecke	0,20 W/m ² K	0,20 W/m ² K	0,20 W/m ² K	0,20 W/m ² K	0,15 W/m ² K
	Kellerdecke	0,40 W/m ² K	0,40 W/m ² K	0,40 W/m ² K	0,40 W/m ² K	0,25 W/m ² K
	Bodenplatte	0,40 W/m ² K	0,40 W/m ² K	0,40 W/m ² K	0,40 W/m ² K	0,30 W/m ² K
Konstruktionsstärke [m]	Außenwände	0,40 m	0,40 m	0,40 m	0,40 m	0,50 m
	Außenwände erdber.	0,40 m	0,40 m	0,40 m	0,40 m	0,45 m
	Ob. Geschoßdecke	0,41 m	0,41 m	0,41 m	0,41 m	0,47 m
	Kellerdecke	0,35 m	0,35 m	0,35 m	0,35 m	0,41 m
	Bodenplatte	0,31 m	0,31 m	0,31 m	0,31 m	0,34 m
Belichtungsfl. A_w [m²]	Süden	8,125 m ²	16,250 m ²	24,375 m ²	32,500 m ²	8,125 m ²
	Osten + Westen	3,250 m ²	3,250 m ²	3,250 m ²	3,250 m ²	3,250 m ²
	Norden	1,625 m ²	1,625 m ²	1,625 m ²	1,625 m ²	1,625 m ²
	Gesamt	16,250 m ²	24,375 m ²	32,500 m ²	40,625 m ²	16,250 m ²
Glasfl. A_g [m²]	Süden	5,145 m ²	11,720 m ²	17,580 m ²	24,905 m ²	5,145 m ²
	Osten + Westen	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²
	Norden	0,735 m ²	0,735 m ²	0,735 m ²	0,735 m ²	0,735 m ²
Außenbauteilflächen	Fensterrahmen A_r	5,750 m ²	7,300 m ²	9,565 m ²	10,365 m ²	5,750 m ²
	Fensterrahmen %	35,4 %	29,9 %	29,4 %	25,5 %	35,4 %
	Außenwand	192,963 m ²	184,838 m ²	175,488 m ²	168,588 m ²	192,963 m ²
	Ob. Geschoßdecke	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²
	Außentüre	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²
	Kellerdecke	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²
Erdberührte Außenbauteilfl.	Vertikal TK 1	17,820 m ²	17,820 m ²	17,820 m ²	17,820 m ²	17,820 m ²
	Vertikal TK2	17,820 m ²	17,820 m ²	17,820 m ²	17,820 m ²	17,820 m ²
	Vertikal TK3	71,745 m ²	71,745 m ²	71,745 m ²	71,745 m ²	71,745 m ²
	Horizontal TK3	10,320 m ²	10,320 m ²	10,320 m ²	10,320 m ²	10,320 m ²
	Horizontal TK5	68,280 m ²	68,280 m ²	68,280 m ²	68,280 m ²	68,280 m ²
Stündlicher Luftdurchsatz pro m Fugenlänge [m²/h]	1,0 m ² /h	1,0 m ² /h	1,0 m ² /h	1,0 m ² /h	1,0 m ² /h	
Leitwertzuschlag	0,1* L _e	0,1* L _e	0,1* L _e	0,1* L _e	0,05 * L _e	

Tabelle 2.2.2: Übersicht über die wichtigsten Daten zu den Modellbaukörpern für die Parameterstudien Wärmedämmung und Größe der südorientierten Belichtungsflächen.

N2	N3	N4	P1	P2	P3	P4
V3 + Wärmed. Niedrigenergie + Niedrigenergiehausfenster	V3 + Wärmed. Niedrigenergie + Niedrigenergiehausfenster	V4 + Wärmed. Niedrigenergie + Niedrigenergiehausfenster	V1 + Wärmed. Passivhaus + Passivhausfenster	V2 + Wärmed. Passivhaus + Passivhausfenster	V3 + Wärmed. Passivhaus + Passivhausfenster	V4 + Wärmed. Passivhaus + Passivhausfenster
123,55 m ²	123,55 m ²	123,55 m ²	120,41 m ²	120,41 m ²	120,41 m ²	120,41 m ²
78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²
157,19 m ²	157,19 m ²	157,19 m ²	157,19 m ²	157,19 m ²	157,19 m ²	157,19 m ²
0,70 W/m ² K (0,47)	0,70 W/m ² K (0,47)	0,70 W/m ² K (0,47)	0,70 W/m ² K (0,47)	0,70 W/m ² K (0,47)	0,70 W/m ² K (0,47)	0,70 W/m ² K (0,47)
1,40 W/m ² K	1,40 W/m ² K	1,40 W/m ² K	0,87 W/m ² K	0,87 W/m ² K	0,87 W/m ² K	0,87 W/m ² K
1,10 W/m ² K	1,10 W/m ² K	1,10 W/m ² K	0,80 W/m ² K	0,80 W/m ² K	0,80 W/m ² K	0,80 W/m ² K
0,20 W/m ² K	0,20 W/m ² K	0,20 W/m ² K	0,10 W/m ² K	0,10 W/m ² K	0,10 W/m ² K	0,10 W/m ² K
0,30 W/m ² K	0,30 W/m ² K	0,30 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,15 W/m ² K
0,15 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,10 W/m ² K	0,10 W/m ² K	0,10 W/m ² K	0,10 W/m ² K
0,25 W/m ² K	0,25 W/m ² K	0,25 W/m ² K	0,12 W/m ² K	0,12 W/m ² K	0,12 W/m ² K	0,12 W/m ² K
0,30 W/m ² K	0,30 W/m ² K	0,30 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,15 W/m ² K
0,50 m	0,50 m	0,50 m	0,55 m	0,55 m	0,55 m	0,55 m
0,45 m	0,45 m	0,45 m	0,55 m	0,55 m	0,55 m	0,55 m
0,47 m	0,47 m	0,47 m	0,51 m	0,51 m	0,51 m	0,51 m
0,41 m	0,41 m	0,41 m	0,54 m	0,54 m	0,54 m	0,54 m
0,34 m	0,34 m	0,34 m	0,44 m	0,44 m	0,44 m	0,44 m
16,250 m ²	24,375 m ²	32,500 m ²	8,125 m ²	16,250 m ²	24,375 m ²	32,500 m ²
3,250 m ²	3,250 m ²	3,250 m ²	3,250 m ²	3,250 m ²	3,250 m ²	3,250 m ²
1,625 m ²	1,625 m ²	1,625 m ²	1,625 m ²	1,625 m ²	1,625 m ²	1,625 m ²
24,375 m ²	32,500 m ²	40,625 m ²	16,250 m ²	24,375 m ²	32,500 m ²	40,625 m ²
11,720 m ²	17,580 m ²	24,905 m ²	5,145 m ²	11,720 m ²	17,580 m ²	24,905 m ²
2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²
0,735 m ²	0,735 m ²	0,735 m ²	0,735 m ²	0,735 m ²	0,735 m ²	0,735 m ²
7,300 m ²	9,565 m ²	10,365 m ²	5,750 m ²	7,300 m ²	9,565 m ²	10,365 m ²
29,9 %	29,4 %	25,5 %	35,4 %	29,9 %	29,4 %	25,5 %
184,838 m ²	175,488 m ²	168,588 m ²	192,963 m ²	184,838 m ²	175,488 m ²	168,588 m ²
78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²
2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²
78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²
17,820 m ²	17,820 m ²	17,820 m ²	17,820 m ²	17,820 m ²	17,820 m ²	17,820 m ²
17,820 m ²	17,820 m ²	17,820 m ²	17,820 m ²	17,820 m ²	17,820 m ²	17,820 m ²
71,745 m ²	71,745 m ²	71,745 m ²	71,745 m ²	71,745 m ²	71,745 m ²	71,745 m ²
10,320 m ²	10,320 m ²	10,320 m ²	10,320 m ²	10,320 m ²	10,320 m ²	10,320 m ²
68,280 m ²	68,280 m ²	68,280 m ²	68,280 m ²	68,280 m ²	68,280 m ²	68,280 m ²
1,0 m ² /h	1,0 m ² /h	1,0 m ² /h	0,5 m ² /h	0,5 m ² /h	0,5 m ² /h	0,5 m ² /h
0,05 * L _e	0,05 * L _e	0,05 * L _e	keiner	keiner	keiner	keiner

	Variante	V1	V4	V5	V6	N4
	Fensterqualität und kontrollierte Wohnraumlüftung	Grundvariante, Belichtung n. OIB, Wärmedämmung nach Bauordnung	Grundvariante + doppelte Belichtungsfläche südseitig	Grundvariante + dreifache Belichtungsfläche südseitig	Grundvariante + vierfache Belichtungsfläche südseitig	V1 + Wärmed. Niedrigenergie + Niedrigenergiehausfenster
	Netto-Nutzfläche	130,00 m ²	130,00 m ²	130,00 m ²	130,00 m ²	123,55 m ²
	Grundfläche	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²
	Brutto-Geschossfl.	157,19 m ²	157,19 m ²	157,19 m ²	157,19 m ²	157,19 m ²
U-Wert [W/m²K]	Glas g-Wert	0,60	0,60	0,60	0,60	0,47
	Glas U_g	1,10 W/m ² K	1,10 W/m ² K	0,70 W/m ² K	0,70 W/m ² K	0,70 W/m ² K
	Rahmen	2,00 W/m ² K	2,00 W/m ² K	1,40 W/m ² K	1,40 W/m ² K	1,40 W/m ² K
	Außentüre	1,70 W/m ² K	1,70 W/m ² K	1,70 W/m ² K	1,70 W/m ² K	1,10 W/m ² K
	Außenwände	0,35 W/m ² K	0,35 W/m ² K	0,35 W/m ² K	0,35 W/m ² K	0,20 W/m ² K
	Außenwände erdber.	0,40 W/m ² K	0,40 W/m ² K	0,40 W/m ² K	0,40 W/m ² K	0,30 W/m ² K
	Ob. Geschoßdecke	0,20 W/m ² K	0,20 W/m ² K	0,20 W/m ² K	0,20 W/m ² K	0,15 W/m ² K
	Kellerdecke	0,40 W/m ² K	0,40 W/m ² K	0,40 W/m ² K	0,40 W/m ² K	0,25 W/m ² K
	Bodenplatte	0,40 W/m ² K	0,40 W/m ² K	0,40 W/m ² K	0,40 W/m ² K	0,30 W/m ² K
Konstruktionsstärke [m]	Außenwände	0,40 m	0,40 m	0,40 m	0,40 m	0,50 m
	Außenwände erdber.	0,40 m	0,40 m	0,40 m	0,40 m	0,45 m
	Ob. Geschoßdecke	0,41 m	0,41 m	0,41 m	0,41 m	0,47 m
	Kellerdecke	0,35 m	0,35 m	0,35 m	0,35 m	0,41 m
	Bodenplatte	0,31 m	0,31 m	0,31 m	0,31 m	0,34 m
Belichtungsfl. A_w [m²]	Süden	8,125 m ²	32,500 m ²	8,125 m ²	32,500 m ²	32,500 m ²
	Osten + Westen	3,250 m ²	3,250 m ²	3,250 m ²	3,250 m ²	3,250 m ²
	Norden	1,625 m ²	1,625 m ²	1,625 m ²	1,625 m ²	1,625 m ²
	Gesamt	16,250 m ²	40,625 m ²	16,250 m ²	40,625 m ²	40,625 m ²
Glasfl. A_g [m²]	Süden	5,145 m ²	24,905 m ²	5,145 m ²	24,905 m ²	24,905 m ²
	Osten + Westen	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²
	Norden	0,735 m ²	0,735 m ²	0,735 m ²	0,735 m ²	0,735 m ²
Außenbauteilflächen	Fensterrahmen Af	5,750 m ²	10,365 m ²	5,750 m ²	10,365 m ²	10,365 m ²
	Fensterrahmen %	35,4 %	25,5 %	35,4 %	25,5 %	25,5 %
	Außenwand	192,963 m ²	168,588 m ²	192,963 m ²	168,588 m ²	168,588 m ²
	Ob. Geschoßdecke	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²
	Außentüre	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²
	Kellerdecke	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²
Außen erdber.	Vertikal TK1 bis TK3	107,39 m ²	107,39 m ²	107,39 m ²	107,39 m ²	107,39 m ²
	Horizontal TK3 bis TK 5	78,60 m ²	78,60 m ²	78,60 m ²	78,60 m ²	78,60 m ²
	Luftdurchsatz/m Fugenlänge [m²/h]	1,0 m ² /h	1,0 m ² /h	1,0 m ² /h	1,0 m ² /h	1,0 m ² /h
	Lüftungswärmerückgewinnung (Wirkungsgrad)	keine	keine	keine	keine	keine
	Leitwertzuschlag	0,1* Le	0,1* Le	0,1* Le	0,1* Le	0,05 * Le

Tabelle 2.2.3: Übersicht über die wichtigsten Daten zu den Modellbaukörpern für die Parameterstudien Fensterqualität und kontrollierte Wohnraumlüftung

N5	N6	N7	P4	P5	P6	P7
N4 + Passivhausfenster	N4 + Weißglasfenster	N4 + kontrollierte Wohnraumlüftung	V4 + Wärmed. Passivhaus + Passivhausfenster	P4 + Niedrigenergiehausfenster	P4 + Weißglasfenster	P4 + kontrollierte Wohnraumlüftung
123,55 m ²	123,55 m ²	123,55 m ²	120,41 m ²	120,41 m ²	120,41 m ²	120,41 m ²
78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²
157,19 m ²	157,19 m ²	157,19 m ²	157,19 m ²	157,19 m ²	157,19 m ²	157,19 m ²
0,47	0,60	0,47	0,47	0,47	0,60	0,47
0,50 W/m ² K	0,70 W/m ² K	0,70 W/m ² K	0,50 W/m ² K	0,70 W/m ² K	0,70 W/m ² K	0,50 W/m ² K
0,87 W/m ² K	0,87 W/m ² K	1,40 W/m ² K	0,87 W/m ² K	1,40 W/m ² K	0,87 W/m ² K	0,87 W/m ² K
1,10 W/m ² K	1,10 W/m ² K	1,10 W/m ² K	0,80 W/m ² K	0,80 W/m ² K	0,80 W/m ² K	0,80 W/m ² K
0,20 W/m ² K	0,20 W/m ² K	0,20 W/m ² K	0,10 W/m ² K	0,10 W/m ² K	0,10 W/m ² K	0,10 W/m ² K
0,30 W/m ² K	0,30 W/m ² K	0,30 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,15 W/m ² K
0,15 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,10 W/m ² K	0,10 W/m ² K	0,10 W/m ² K	0,10 W/m ² K
0,25 W/m ² K	0,25 W/m ² K	0,25 W/m ² K	0,12 W/m ² K	0,12 W/m ² K	0,12 W/m ² K	0,12 W/m ² K
0,30 W/m ² K	0,30 W/m ² K	0,30 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,15 W/m ² K
0,50 m	0,50 m	0,50 m	0,55 m	0,55 m	0,55 m	0,55 m
0,45 m	0,45 m	0,45 m	0,55 m	0,55 m	0,55 m	0,55 m
0,47 m	0,47 m	0,47 m	0,51 m	0,51 m	0,51 m	0,51 m
0,41 m	0,41 m	0,41 m	0,54 m	0,54 m	0,54 m	0,54 m
0,34 m	0,34 m	0,34 m	0,44 m	0,44 m	0,44 m	0,44 m
32,500 m ²	32,500 m ²	32,500 m ²	32,500 m ²	32,500 m ²	32,500 m ²	32,500 m ²
3,250 m ²	3,250 m ²	3,250 m ²	3,250 m ²	3,250 m ²	3,250 m ²	3,250 m ²
1,625 m ²	1,625 m ²	1,625 m ²	1,625 m ²	1,625 m ²	1,625 m ²	1,625 m ²
40,625 m ²	40,625 m ²	40,625 m ²	40,625 m ²	40,625 m ²	40,625 m ²	40,625 m ²
24,905 m ²	24,905 m ²	24,905 m ²	24,905 m ²	24,905 m ²	24,905 m ²	24,905 m ²
2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²
0,735 m ²	0,735 m ²	0,735 m ²	0,735 m ²	0,735 m ²	0,735 m ²	0,735 m ²
10,365 m ²	10,365 m ²	10,365 m ²	10,365 m ²	10,365 m ²	10,365 m ²	10,365 m ²
25,5 %	25,5 %	25,5 %	25,5 %	25,5 %	25,5 %	25,5 %
168,588 m ²	168,588 m ²	168,588 m ²	168,588 m ²	168,588 m ²	168,588 m ²	168,588 m ²
78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²
2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²	2,310 m ²
78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²	78,596 m ²
107,39 m ²	107,39 m ²	107,39 m ²	107,39 m ²	107,39 m ²	107,39 m ²	107,39 m ²
78,60 m ²	78,60 m ²	78,60 m ²	78,60 m ²	78,60 m ²	78,60 m ²	78,60 m ²
1,0 m ² /h	1,0 m ² /h	1,0 m ² /h	0,5 m ² /h	0,5 m ² /h	0,5 m ² /h	0,5 m ² /h
keine	keine	80%	keine	keine	keine	80%
0,05 * L _e	0,05 * L _e	0,05 * L _e	keiner	keiner	keiner	keiner

2.2.2.5 Fensterqualität

Fenster stellen üblicherweise eine Schwachstelle in der Wärmedämmung der Gebäudehülle dar, gleichzeitig ermöglichen sie aber auch Energiegewinne durch passive Solarenergienutzung. Bei Verglasungen geht ein niedriger Wärmedurchgangskoeffizient häufig auch mit einem niedrigen Gesamtdurchlassgrad (g-Wert) einher, sodass mit dem besseren Fenster zwar die Wärmeverluste verringert werden, gleichzeitig werden aber auch die solaren Energiegewinne reduziert.

Daher war es das Ziel der Parameterstudien zur Fensterqualität, die Auswirkung von Wärmedämmung und Gesamtdurchlassgrad der Fenster auf den Heizwärmebedarf im Zusammenhang mit der Seehöhe zu untersuchen.

Man kann wohl davon ausgehen, dass gute Verglasungen in der Praxis auch mit entsprechenden Rahmen zur Anwendung kommen, weshalb die Fenster in den Parameterstudien immer als zweiteiliges Element aus Rahmen und Verglasung betrachtet wurden. Für die Studie wurden vier verschiedene Fenstertypen definiert (siehe Tabelle 2.2.4 unten), wobei unterschieden wurde zwischen dem aktuellen Baustandard entsprechenden *Standardfenstern*, guten *Niedrigenergiehausfenstern*, sehr guten *Passivhausfenstern* und speziellen *Weißglasfenstern*, die sich bei sehr guter Wärmedämmung durch einen hohen g-Wert auszeichnen.

Variante	Verglasung			Rahmen
	U_g -Wert	g-Wert	Aufbau	U_f -Wert
Standardfenster	1,10 W/m ² K	0,60	Zweischeiben-Wärmeschutzglas, beschichtet, 4/16/:4 (Ar)	2,00 W/m ² K
Niedrigenergiehausfenster	0,70 W/m ² K	0,47	Dreischeiben-Wärmeschutzglas, beschichtet, 4/:12/4/12/:4 (Ar)	1,40 W/m ² K
Passivhausfenster	0,50 W/m ² K	0,47	Dreischeiben-Wärmeschutzglas, beschichtet, 4/:12/4/12/:4 (Kr)	0,87 W/m ² K
Weißglasfenster	0,70 W/m ² K	0,60	Dreischeiben-Wärmeschutzglas, beschichtet, 4/:12/4/12/:4 (Kr), Weißglas	0,87 W/m ² K

Tabelle 2.2.4: Definierte Fenstervarianten für die Parameterstudien zur Fensterqualität

Für die Baukörpervariante *Wärmedämmung Bauordnung (V)* wurden die Auswirkungen von Niedrigenergiehausfenstern im Vergleich zu Standardfenstern im Zusammenhang mit der Seehöhe untersucht. Dafür wurden die Standardfenster bei der Baukörpervariante mit kleinster südseitiger Belichtungsfläche und bei der Baukörpervariante mit vierfacher südseitiger Belichtungsfläche durch Niedrigenergiehausfenster ersetzt (siehe Varianten V5 und V6 in Tabelle 2.2.3 auf Seite 50).

Für die Baukörpervarianten *Wärmedämmung Niedrigenergiehaus (N)* und *Wärmedämmung Passivhaus (P)* wurden zur Fensterqualität nur Simulationen mit der größten südorientierter Belichtungsfläche durchgeführt, wobei jeweils der Einfluss von Niedrigenergiehausfenstern, Passivhausfenstern und Weißglasfenstern auf den Heizenergieaufwand im Zusammenhang mit der Seehöhe untersucht wurde (siehe dazu Varianten N4, N5, N6 und P4, P5, P6 in Tabelle 2.2.3 auf Seite 50).

2.2.2.6 Kontrollierte Wohnraumlüftung

Die vorherrschenden niedrigen Lufttemperaturen in großen Seehöhen legen nahe, dass auch bei der kontrollierten Wohnraumlüftung mit zunehmender Seehöhe ein größeres Energieeinsparungspotential besteht. Deshalb wurde der Einfluss der Lüftungswärmerückgewinnung auf den Heizenergiebedarf an den Baukörpervarianten *Wärmedämmung Niedrigenergiehaus* und *Wärmedämmung Passivhaus* (siehe Baukörpervarianten N7 und P7 in Tabelle 2.2.3 auf Seite 50) an allen Teststandorten in 900 und 1.300 m Seehöhe, sowie am Referenzstandort Wien Donaustadt untersucht.

Nach PHPP muss der Wärmebereitstellungsgrad¹¹² von Lüftungsanlagen für Passivhäuser mindestens 75 % betragen.¹¹³ Im Mittel liegt der effektive Wärmebereitstellungsgrad der vom Passivhausinstitut zertifizierten Lüftungsgeräte bei rund 83 %.¹¹⁴ Für die Simulationsrechnungen zum Parameter Lüftungswärmerückgewinnung wurde der Wärmebereitstellungsgrad des Wärmeübertragers mit 80 % angenommen, was dem durchschnittlichen Wirkungsgrad eines guten Gegenstrom-Wärmetauschers entspricht.

2.2.3 Ergebnisse und Interpretation

2.2.3.1 Einfluss von Standort und Seehöhe auf den Heizwärmebedarf

Mit zunehmender Seehöhe sinken im Allgemeinen auch die Lufttemperaturen. Durch die damit verbundenen höheren Transmissions- und Lüftungswärmeverluste steigt mit zunehmender Seehöhe im Mittel auch der Heizenergiebedarf. Es hängt jedoch deutlich vom regional vorherrschende Klima ab wie stark dieser Anstieg ist, oder ob es in bestimmten Höhenbereichen gar zu einer Umkehrung kommt.

Seehöhe	HWB _{BGF} [kWh/m ²] für ausgewählte Planfelder							
	Baukörpervariante V1				Baukörpervariante V4			
	8	42	55	142	08	42	55	142
800 m	92,36	84,74	91,39	92,71	75,29	65,59	74,71	75,10
900 m	96,90	88,12	95,54	94,94	79,09	65,25	76,26	74,49
1000 m	97,80	92,74	99,03	96,66	79,38	68,93	78,84	74,20
1100 m	95,30	97,21	100,08	98,17	75,15	72,34	77,87	74,86
1200 m	92,88	100,57	101,28	99,80	70,49	72,35	76,74	73,57
1300 m	94,68	105,36	103,69	104,37	71,03	71,96	76,51	76,59
1400 m	98,58	110,00	108,30	109,78	73,79	75,55	80,06	80,67

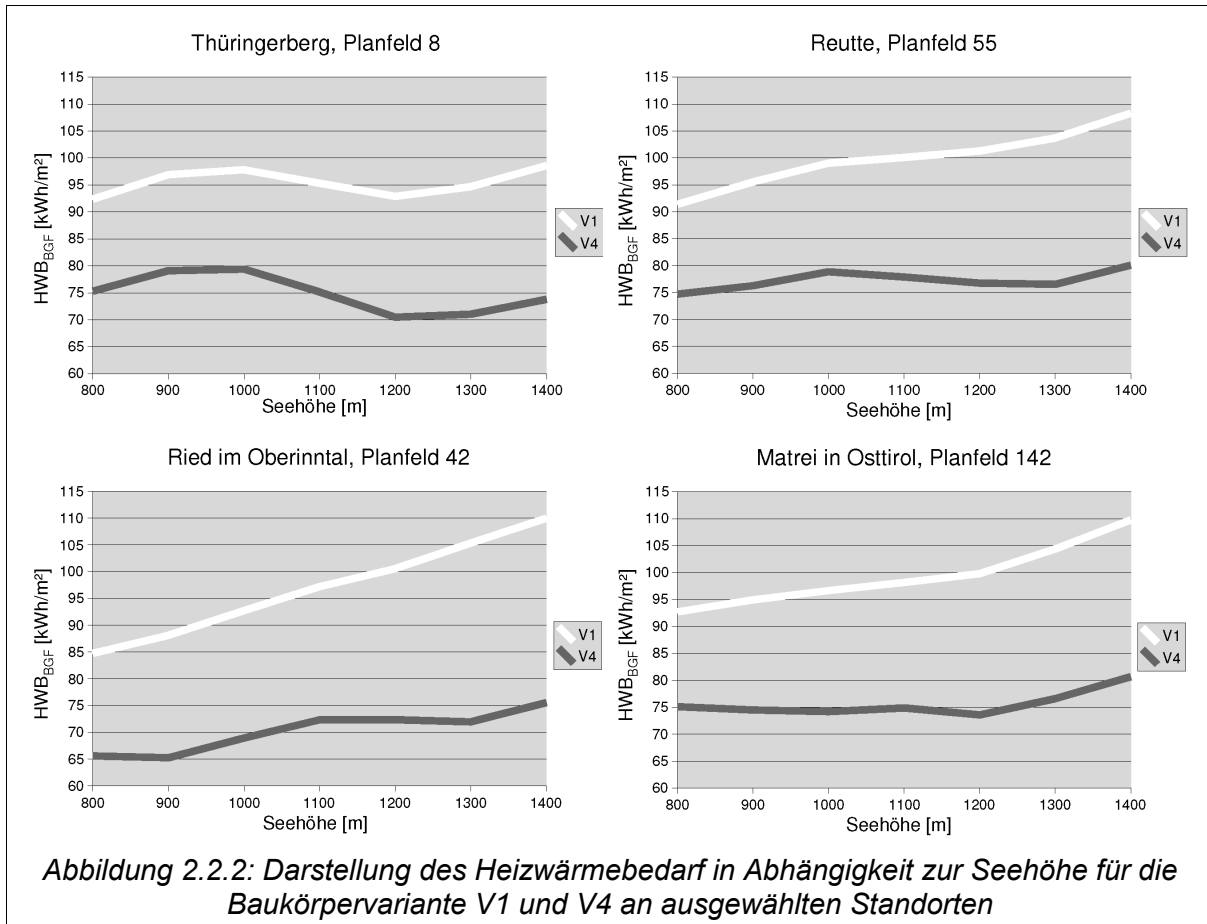
Tabelle 2.2.5: Jährlicher Heizwärmebedarf der ausgewählten Planfelder in Abhängigkeit zur Seehöhe für die Baukörpervariante *Wärmedämmung nach Bauordnung mit kleinster (V1) und größter (V4) südseitiger Belichtungsfläche*

112 Der Wärmebereitstellungsgrad des Wärmetauschers sagt aus wie viel Prozent der Wärme aus der Abluft zurückgewonnen werden.

113 Vgl. Feist u.a. (2007), S. 14.

114 Vgl. Passivhausinstitut, Liste der zertifizierten Lüftungsgeräte nach PHI, Online: <http://www.passiv.de/03_zer/Komp/Lueft/Z-Lueftungsgeraete.pdf> (28.08.2007)

Die Baukörpervarianten wurden dabei so gewählt, dass die wesentlichen Einflussfaktoren Außenlufttemperatur und Strahlungsintensität möglichst deutlich sichtbar werden. Die Wärmedämmung der Baukörpervariante V erfüllt lediglich die Mindestanforderungen nach Bauordnung, dadurch soll der Einfluss der Außenlufttemperaturen deutlich sichtbar werden. Die großen südorientierten Belichtungsflächen bei V4 hingegen sollen die Wirkung der jeweiligen Strahlungsgewinne verdeutlichen.

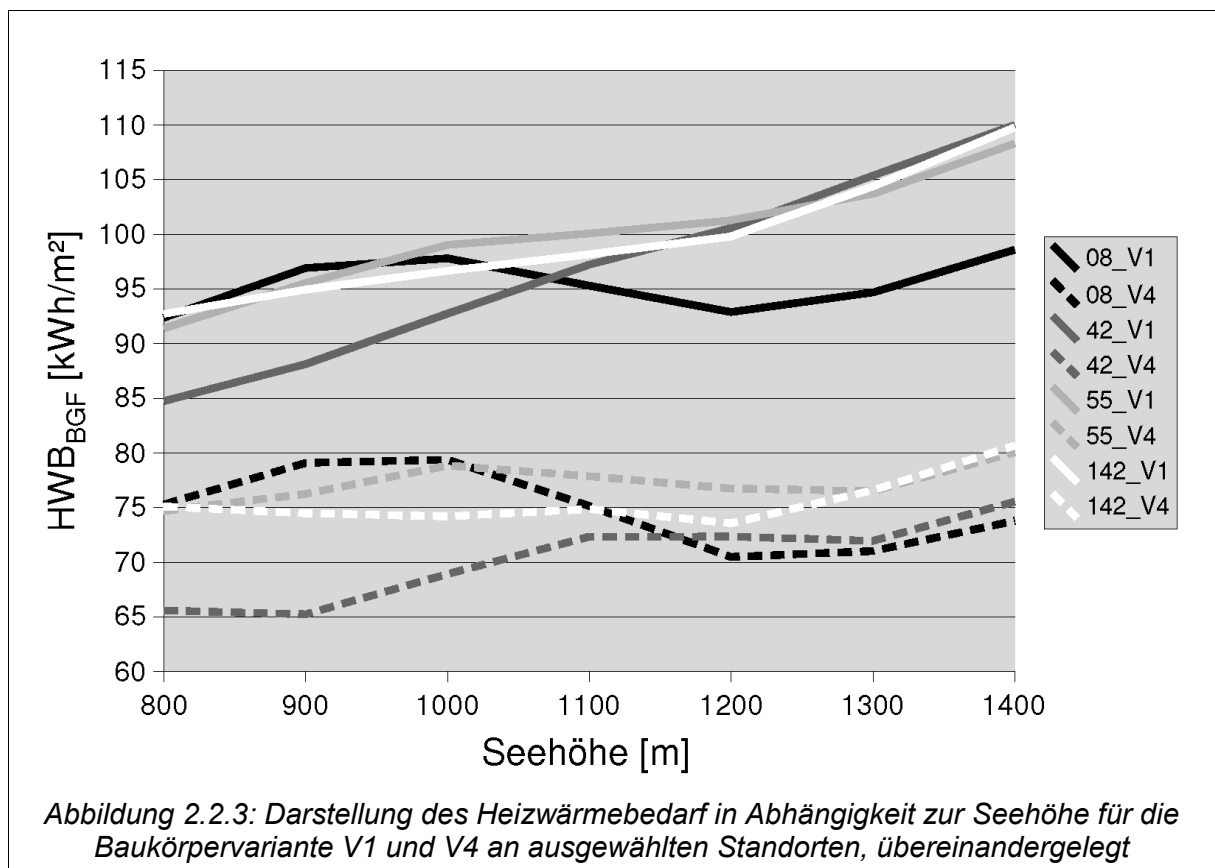


In Abbildung 2.2.2 ist der Heizwärmebedarf für die einzelnen untersuchten Planfelder und Baukörpervarianten jeweils als Funktion der Seehöhe dargestellt. Dabei wird zunächst der starke Einfluss der Strahlungsgewinne deutlich. In allen Planfeldern liegt der Heizwärmebedarf von V4 (dunkel) deutlich unter jenem von V1 (hell). Es fällt auch auf, dass der Abstand der Kurven überall mit zunehmender Seehöhe größer wird. Der Einfluss der Strahlungsgewinne nimmt also mit der Seehöhe deutlich zu.

Planfeld 8 weist im Jänner eine starke Temperaturinversion und niedrige Strahlungsintensitäten auf, während in Planfeld 42 ein annähernd linearer vertikaler Temperaturgradient aber sehr hohe Strahlungsintensitäten auftreten (siehe Kapitel 2.1.3.5). Vergleicht man die Kurven V1 und V4 für die beiden Planfelder, so fällt auf, dass in Planfeld 8 beide Kurven annähernd parallel verlaufen, während sie in Planfeld 42 mit zunehmender Seehöhe weit auseinanderdriften. Die Kurven in Planfeld 8 entsprechen erwartungsgemäß sehr stark dem Höhenverlauf der

Außenlufttemperaturen, während die Kurven in Planfeld 42 stärker durch die Strahlungsgewinne beeinflusst werden.

Planfeld 55 zeigt im Jänner einen linearen Temperaturverlauf und sehr niedrige Strahlungsintensitäten während in Planfeld 142 starke Inversionen und mittlere Strahlungsintensitäten auftreten. Vergleicht man die jeweils auftretenden Temperaturgradienten und Strahlungsintensitäten mit den Höhenverläufen des berechneten Heizwärmebedarf, so wird deutlich, dass beide Faktoren je nach Standort in sehr unterschiedlichem Ausmaß zur Wirkung kommen. Bei Vergrößerung der südseitigen Verglasungen wird der Einfluss der Außenlufttemperatur jedoch mit der Seehöhe zunehmend durch die Strahlungseinflüsse überlagert.



In Abbildung 2.2.3 sind die Kurven aus Abbildung 2.2.2 so übereinandergelegt, dass die Abweichungen zwischen den einzelnen Standorten deutlicher erkennbar werden. Dabei wird sichtbar, dass die stärkeren Abweichungen im Bereich der Inversionsober- und -untergrenzen in 900 m und 1.300 m über Meer auftreten, während es im Bereich dazwischen zu einer Überschneidung der Kurven kommt.

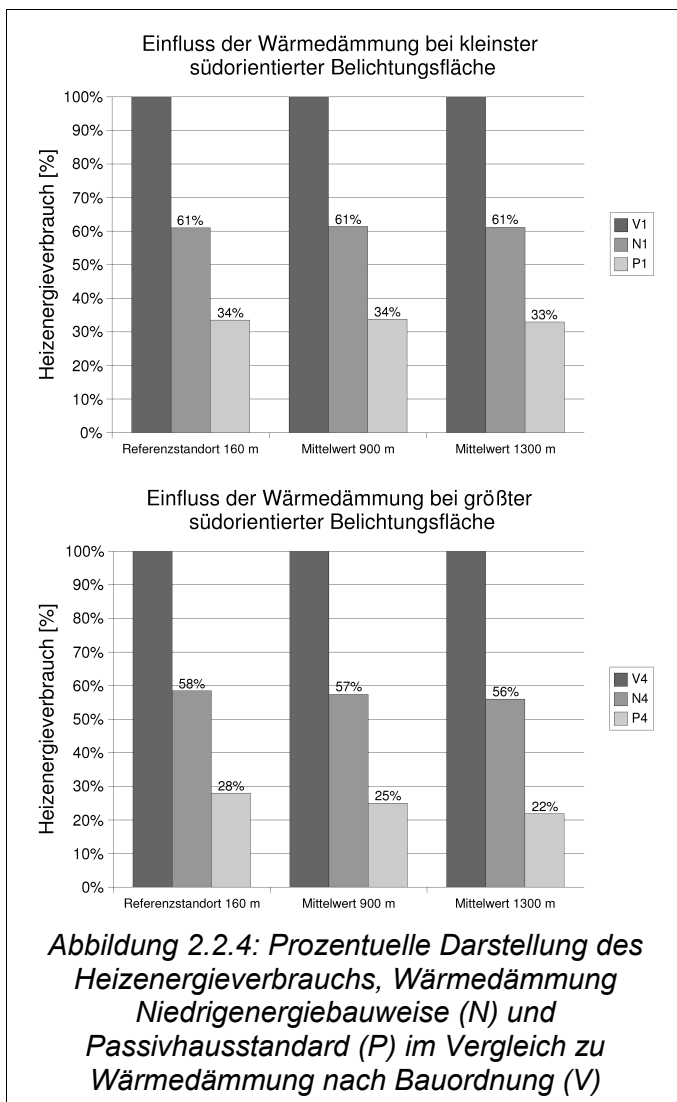
Insgesamt weisen die Kurven zu V1 einen deutlich steileren Verlauf auf. Durch die Strahlungsgewinne ist der jährliche Heizwärmebedarf bei V4 an drei der vier untersuchten Standorte in 1.200 bis 1.300 m Seehöhe sogar niedriger als in 900 m und 1.000 m über Meer.

Es kann hier also schon klar festgestellt werden, dass der Heizenergieaufwand mit zunehmender Seehöhe nicht unbedingt steigen muss. Für einige geografische Lagen kann sich alleine aufgrund der auftretenden Inversionen ein höher gelegener

Standort als energetisch günstiger erweisen, in anderen Fällen werden die niedrigeren Temperaturen in größeren Seehöhen mit geeigneten Solarstrategien leicht ausgeglichen.

2.2.3.2 Einfluss der Wärmedämmung auf den Heizwärmebedarf

Der jährliche Heizwärmebedarf der Modellbaukörpervariante Wärmedämmung nach Niedrigenergiebauweise (N) liegt etwa bei 60 % des Energiebedarfs der Modellbaukörpervariante Wärmedämmung nach Bauordnung (V). Der Heizenergieverbrauch der Variante Wärmedämmung nach Passivhausstandard (P) beträgt etwa ein Drittel bis ein Viertel des Verbrauchs der Variante Bauordnung (V).



Dabei ist zu beachten, dass an dieser Stelle nur der Parameter Wärmedämmung untersucht, und keine Lüftungswärmerückgewinnung berücksichtigt wurde. Der Heizenergieverbrauch der Variante Wärmedämmung Passivhaus liegt deshalb etwas höher, als es die Definition des Passivhausstandards verlangt.

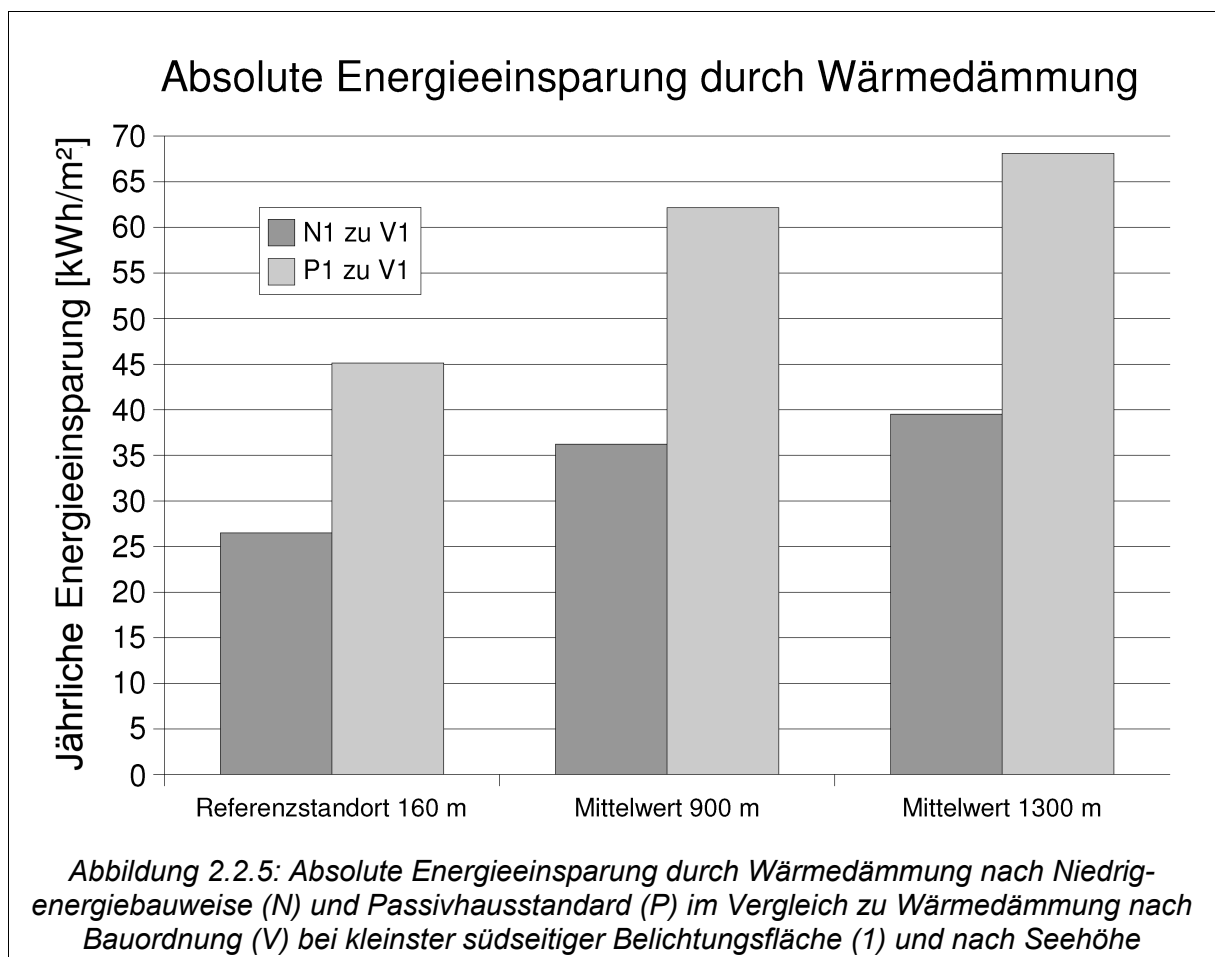
Vergleicht man die Varianten mit kleinster südseitiger Verglasung untereinander (V1, N1 und P1 in Abbildung 2.2.4), so ist beim jeweiligen prozentuellen Heizenergieverbrauch kaum ein Einfluss der Seehöhe erkennbar. Bei der größten südseitigen Verglasung (V4, N4 und P4 in Abbildung 2.2.4) ist der Unterschied im Energieverbrauch der einzelnen Variante insgesamt etwas größer. Außerdem nimmt die Wirkung der Wärmedämmung mit der Seehöhe etwas zu. Bei den Varianten mit Wärmedämmung nach Niedrigenergiebauweise (N) ist dieser Anstieg eher gering, während bei den Varianten Wärmedämmung nach Passivhausstandard (P) bereits ein deutlicher Unterschied zwischen den

Seehöhen erkennbar ist. Am Referenzstandort in 160 m über Meer verbraucht P4 etwa 28 % der Heizenergie von V4, in 1.300 m Seehöhe sind es im Mittel nur noch 22 %. Die Abweichungen zwischen den einzelnen Teststandorten sind dabei relativ gering, sie betragen je nach Seehöhe und Baukörpervariante etwa 1 bis 3 %.

Bei kleiner südseitiger Belichtungsfläche halten sich also mit zunehmender Seehöhe die sinkenden Außenlufttemperaturen und steigenden solaren

Wärmegewinnen die Waage. Vergrößert man die südseitigen Fensterflächen, so nimmt auch der Anteil der solaren Strahlungsgewinne in der Wärmebilanz zu, was mit zunehmender Seehöhe beim Heizwärmebedarf bemerkbar wird.

Betrachtet man die Energieeinsparungen durch bessere Wärmedämmung als absoluten Betrag, so nimmt die eingesparte Energiemenge mit der Seehöhe deutlich zu (vergleiche Abbildung 2.2.5), da ja auch der Heizwärmebedarf im Schnitt mit zunehmender Höhe ansteigt.



Bei kleinster südseitiger Belichtungsfläche könnten durch die Passivhaus-Wärmedämmung im Schnitt etwa 68 kWh/m² Bruttogeschossfläche und Jahr an Heizenergie eingespart werden. Bei den Varianten mit größter südseitiger Belichtungsfläche nimmt die absolute Energieeinsparung etwas ab, da ja der Heizenergiebedarf insgesamt schon deutlich niedriger ist.

Die Energieeinsparungen aufgrund der besseren Wärmedämmung bringen natürlich auch eine deutliche Verkürzung der Heizsaison mit sich. In 1.300 m Seehöhe konnte die Baukörpervariante V4 durch Wärmedämmung nach Passivhausstandard (P4) im Mittel von 247 auf 149 Tage im Jahr verkürzt werden.

	Absolute Energieeinsparung durch bessere Wärmedämmung [kWh/m²]			
	N1 zu V1	P1 zu V1	N4 zu V4	P4 zu V4
Referenzstandort 160 m über Meer	26,48	45,14	24,57	42,58
Mittelwert 900 m über Meer	36,24	62,15	31,41	55,24
Mittelwert 1300 m über Meer	39,51	68,10	33,23	58,92

Tabelle 2.2.6: Absolute Energieeinsparung beim HWB_{BGF} bei Wärmedämmung nach Niedrigenergiebauweise (N) und Passivhausstandard (P) im Vergleich zur Baukörpervariante Wärmedämmung nach Bauordnung (V), bei kleinster (1) und größter (4) südorientierter Belichtungsfläche

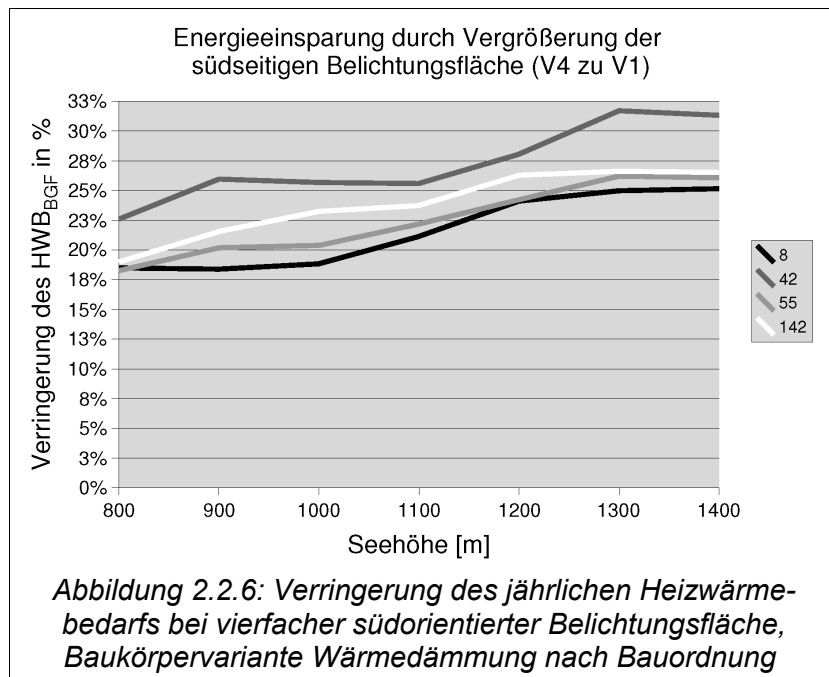
2.2.3.3 Einfluss der südorientierten Belichtungsfläche auf den Heizwärmebedarf

In den vorherigen Kapiteln wurde bereits deutlich wie groß der Einfluss der südseitigen Fensterflächen auf den Heizenergieaufwand ist. In Abbildung 2.2.6 sind die Daten aus Kapitel 2.2.3.1 noch einmal anders dargestellt, sodass die Einsparungen beim Heizwärmebedarf durch Vergrößerung der südseitigen Fensterflächen in Abhängigkeit zur Seehöhe sichtbar werden.

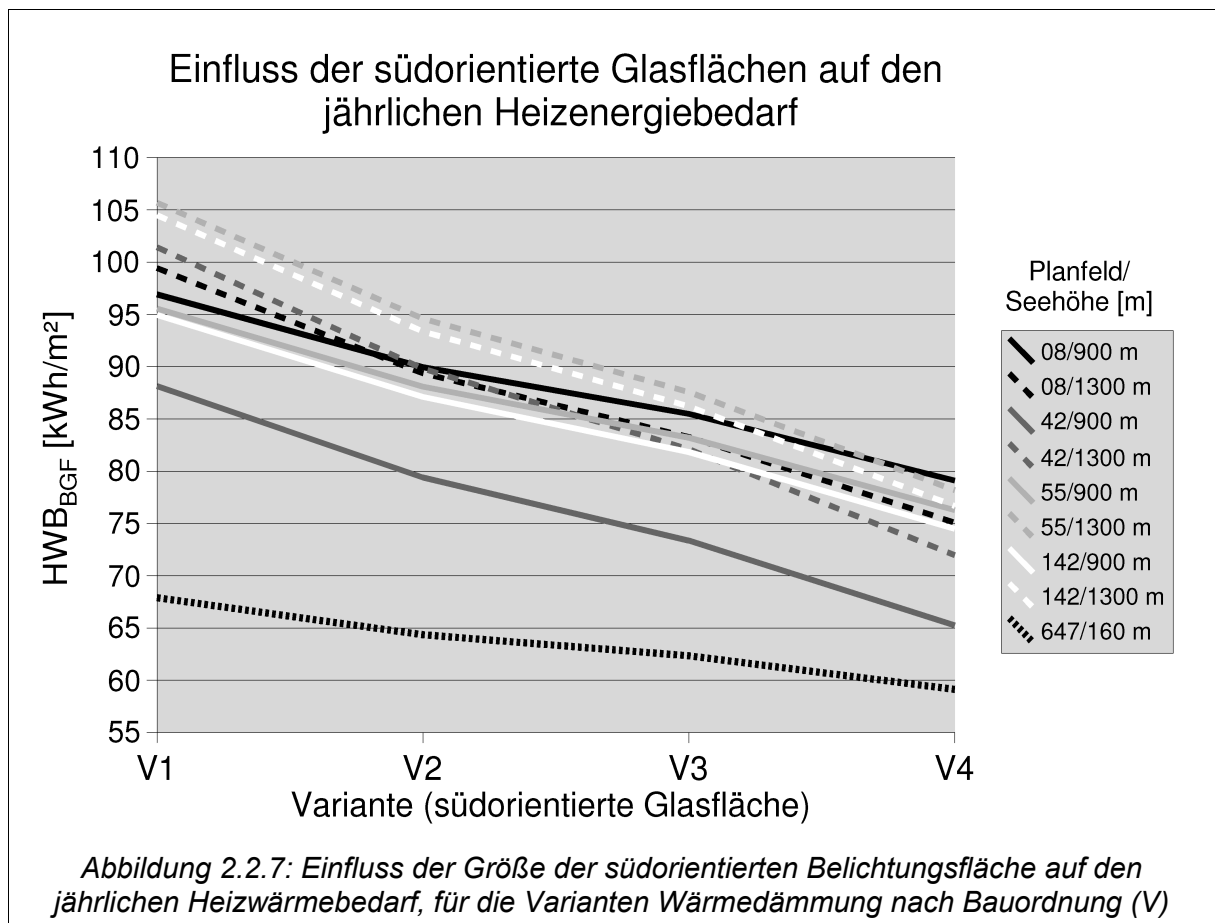
Erwartungsgemäß sind insgesamt die Einsparungen in Planfeld 42, in welchem im Jänner auch die größten Strahlungssummen auftreten, am größten. In Planfeld 8 mit der niedrigsten Einstrahlungsintensität werden hingegen die kleinsten Einsparungen verzeichnet.

In der Grafik wird deutlich sichtbar, dass mit der Seehöhe auch die Energieeinsparungen durch die größere südseitige Belichtungsfläche zunehmen. Ab 1.300 m Seehöhe scheint dieser Anstieg zu stagnieren, in Planfeld 42, 55 und 142 nimmt die prozentuelle Energieeinsparung in 1.400 m hier wieder geringfügig ab. Die auftretenden Lufttemperaturen sind in diesen Höhenlagen bereits so niedrig, dass die Wärmeverluste durch die größeren Fensterflächen beginnen die Strahlungsgewinne auszugleichen.

Die Fragen wie sich die wärmeschutztechnische Qualität der Fenster auf den genauen Höhenverlauf der Energieeinsparungen auswirkt und ab welcher



Seehöhe die Wärmeverluste die solaren Wärmegewinne übersteigen, können an dieser Stelle nicht geklärt werden. Sie wären aber sicher ein interessanter Ansatz für weitere Forschungsarbeiten.

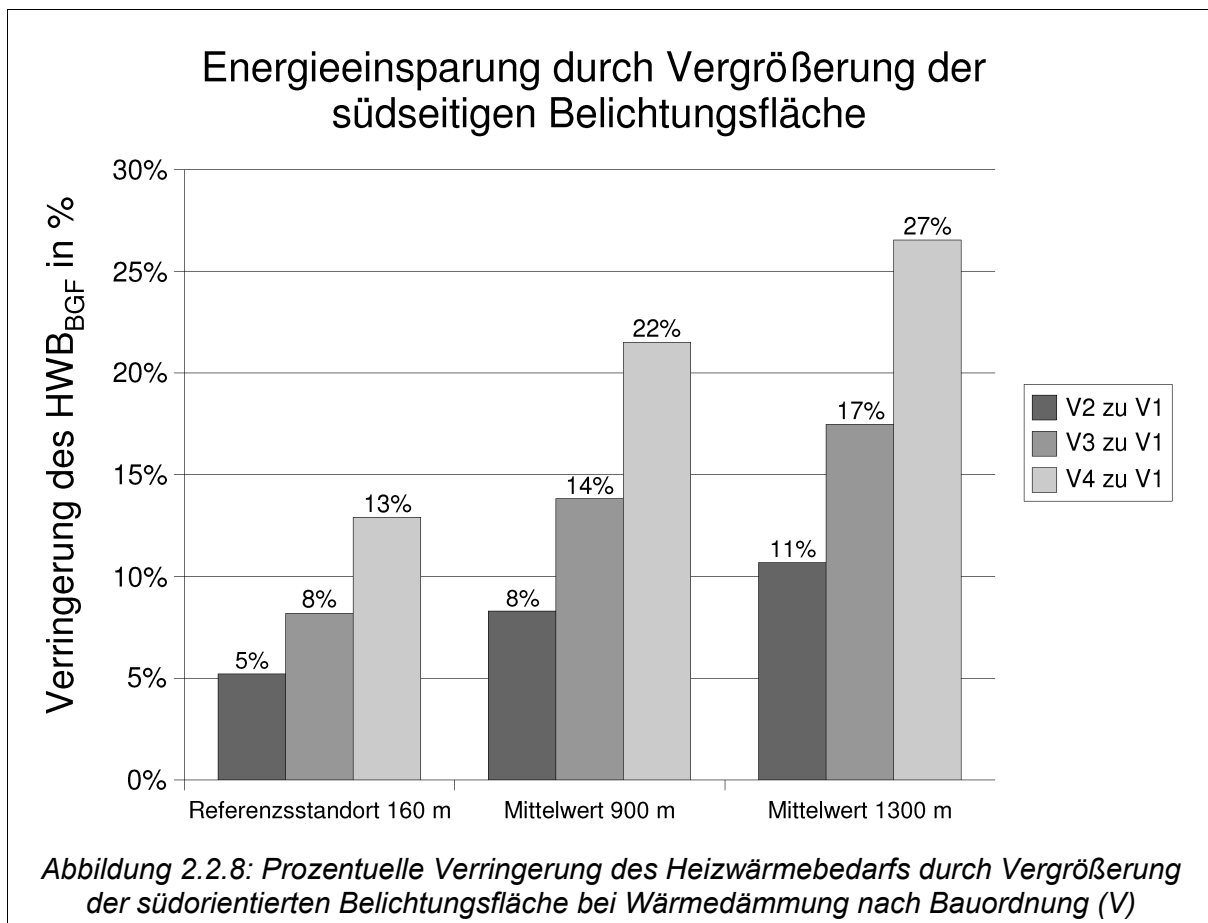


In Abbildung 2.2.7 ist der Einfluss der Größe der südorientierten Belichtungsflächen auf den Heizwärmebedarf für den Referenzstandort Wien Donaustadt und ausgewählte Planfelder in 900 m und 1.300 m Seehöhe dargestellt. Vergleicht man die Kurve in 160 m Seehöhe (gepunktete Linie) mit den Kurven in 900 m (durchgezogen) und 1.300 m Seehöhe (gestrichelt), so erkennt man, dass sie mit zunehmender Seehöhe deutlich steiler werden. Der Heizwärmebedarf nimmt also in den oberen untersuchten Höhenlagen bei Vergrößerung der südseitigen Fensterflächen stärker ab.

Beachtet man wie flach die Kurve zum Referenzstandort ist, so wird deutlich wie viel größer der positive Effekt einer großzügig geöffnete Südfassade auf den Heizenergieverbrauch in 1.300 m Seehöhen ist, als in niederen Höhenlagen.

Die erreichten Energieeinsparungen durch Vergrößerung der südorientierten Belichtungsflächen beim Modellbaukörper Wärmedämmung nach Bauordnung (V) sind in 1.300 m Seehöhe mehr als doppelt so groß wie am Referenzstandort in 160 m Seehöhe und etwa ein Viertel größer als in 900 m Seehöhe (vergleiche Abbildung 2.2.8). je nach Standort konnte in 1.300 m Seehöhe durch die vierfache Vergrößerung der südseitigen Fensterflächen eine Energieeinsparung von 24 % bis 29 % erreicht werden. In 900 m Seehöhe schwankt dieser Wert etwas stärker

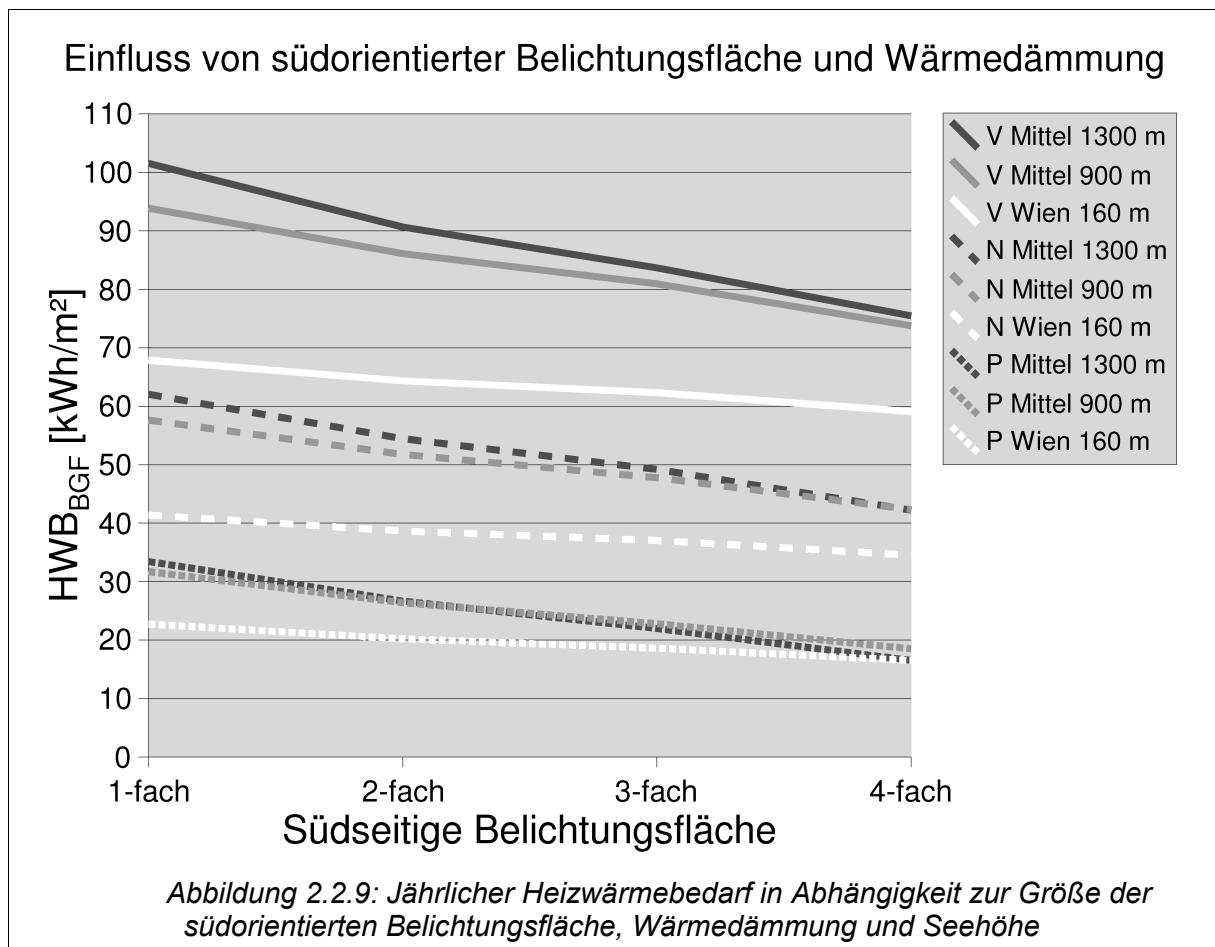
zwischen 18 % und 26 %, wobei er erwartungsgemäß in Planfeld 8 mit den niedrigsten auftretenden Strahlungsintensitäten am kleinsten und in Planfeld 42 mit der größten Strahlungsintensität am höchsten ist.



Betrachtet man den Einfluss der vergrößerten südseitigen Belichtungsfläche in Zusammenhang mit der Wärmedämmung (Abbildung 2.2.9, unten) so zeigt sich absolut gesehen kein Unterschied bei den Energieeinsparungen. Die Kurven zu den einzelnen Seehöhe (Farbe) verlaufen bei den unterschiedlichen Wärmedämm-Varianten (Linienstil) annähernd parallel. Prozentuell gesehen ist die Energieeinsparung bei besserer Wärmedämmung also größer, da ja der Heizwärmebedarf insgesamt niedriger ist. In 1.300 m Seehöhe beträgt die Einsparung beim Heizwärmebedarf bei P4 im Vergleich zu P1 sogar etwas mehr als 50 %.

In Abbildung 2.2.9 ist auch deutlich erkennbar, dass der Einfluss der Seehöhe auf den Heizwärmebedarf kleiner wird, je größer die südseitige Belichtungsfläche ist und je besser die Wärmedämmung ist. Die Kurven liegen dann näher beieinander. Bei den Varianten Niedrigenergiebauweise und Passivhausstandard kommt es bei größter südseitiger Belichtungsfläche sogar zu einer Überschneidung der Linien. Der Heizwärmebedarf der Variante N ist in 1.300 m Seehöhe gleich groß wie in 900 m über Meer. Bei Wärmedämmung nach Passivhausstandard sinkt der mittlere Heizwärmebedarf in 1.300 m Seehöhe sogar unter den Heizwärmebedarf in 900 m Seehöhe und ist etwa gleich hoch wie am Referenzstandort.

Ein Passivhaus in sonniger Lage und mit großen Verglasungen in der Südfassade kann also in 1.300 m Seehöhe einen niedrigeren Energieverbrauch aufweisen, als an einem Standort in der Ebene.



Natürlich hat die Größe der südseitigen Belichtungsflächen auch auf die Dauer der Heizsaison einen wesentlichen Einfluss. Bei der Baukörpervariante Wärmedämmung nach Bauordnung (V1) wurde die Heizsaison durch die vierfache Vergrößerung der südseitigen Fensterfläche in 1.300 m Seehöhe im Schnitt von 361 Tagen auf nur 246 Tage reduziert.

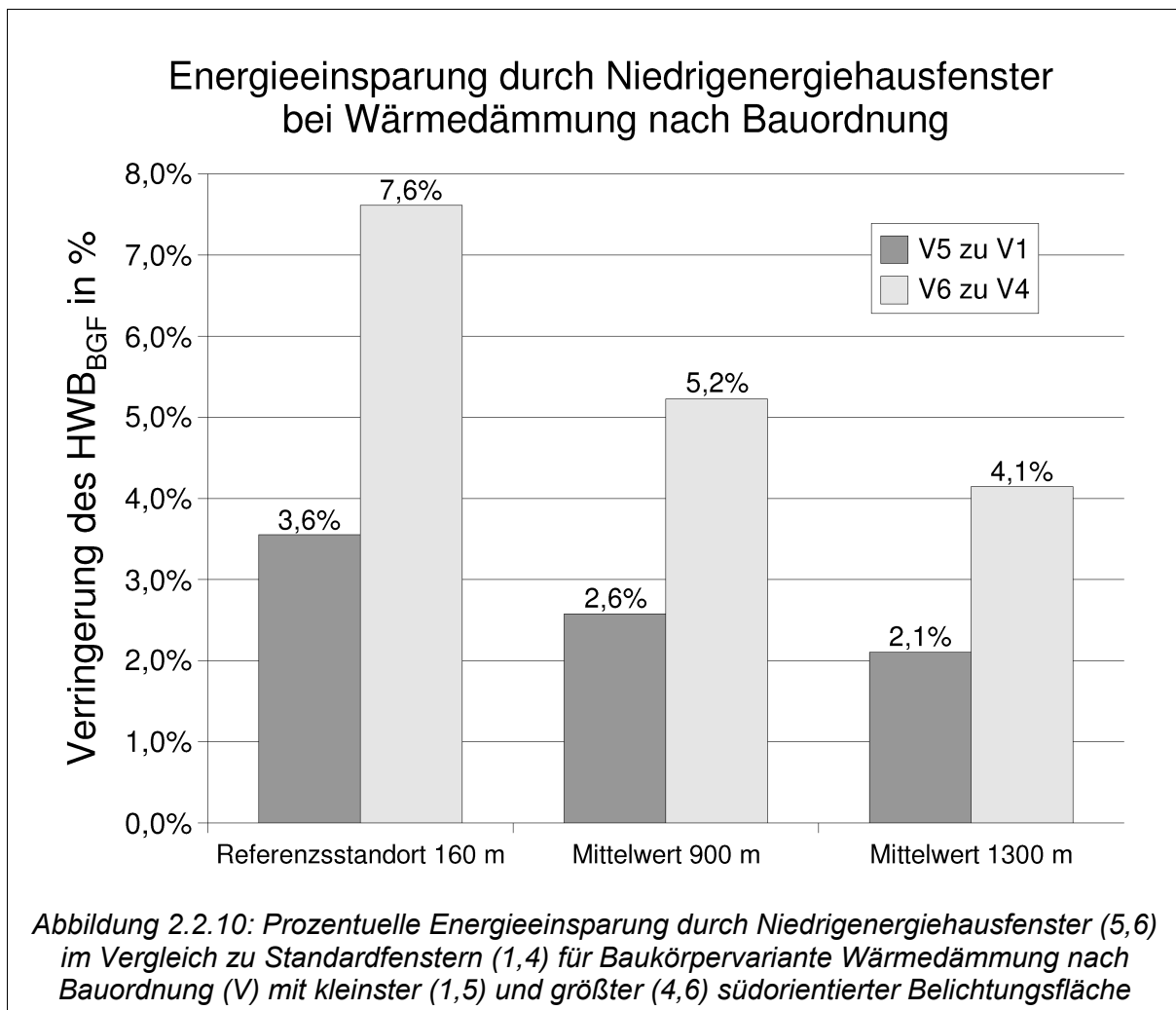
2.2.3.4 Einfluss der Fensterqualität auf den Heizwärmebedarf

Mit zunehmender Seehöhe steigen auch die Anforderungen an Fenster. Die niedrigen auftretenden Außenlufttemperaturen bringen höhere Transmissionswärmeverluste mit sich, was bessere wärmeschutztechnische Eigenschaften bei Glas und Rahmen erforderlich macht. Mit zunehmender Seehöhe nehmen aber auch die solaren Wärmegewinne zu. Ein Fenster mit guter Wärmedämmung aber niedrigem Gesamtenergiedurchlassgrad könnte sich also in großen Seehöhen durchaus auch negativ auf die Gesamtenergiebilanz auswirken.

Für die Untersuchung des Einflusses der Fensterqualität auf den Heizenergiebedarf in Zusammenhang mit der Seehöhe wurden in Kapitel 2.2.2.5 die

Fenstertypen *Standardfenster*, *Niedrigenergiehausfenster*, *Passivhausfenster* und *Weißglasfenster* definiert.

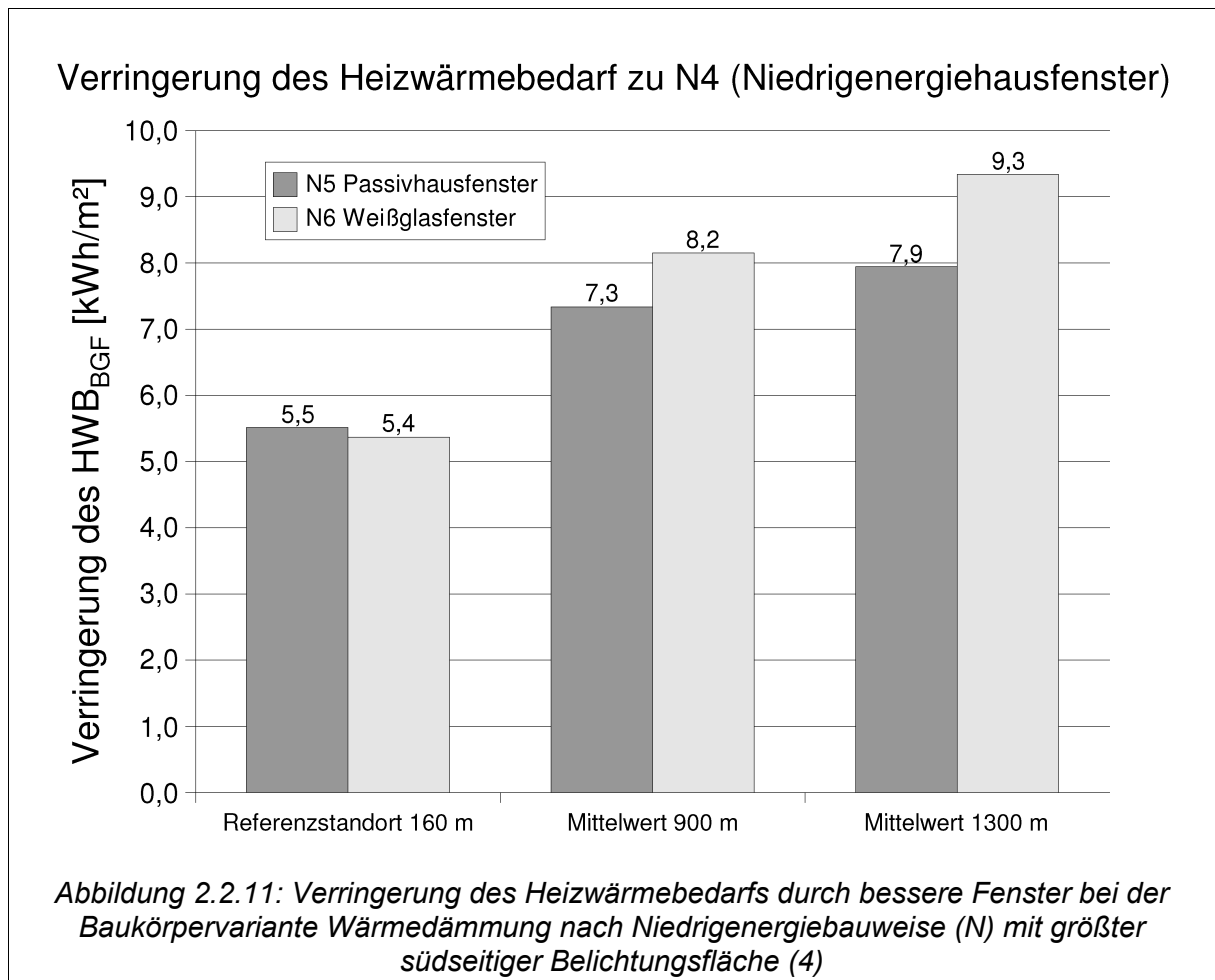
Für die Baukörpervariante Wärmedämmung nach Bauordnung (V) wurde ein Vergleich zwischen Standardfenster und Niedrigenergiehausfenster am Referenzstandort und an ausgewählten Standorten in 900 m und 1.300 m Seehöhe durchgeführt. In Abbildung 2.2.10 sind die Energieeinsparungen, die durch die bessere Fensterqualität erreicht werden prozentuell dargestellt.



Dabei zeigt sich deutlich, dass die Energieeinsparung beim Heizwärmebedarf durch die Niedrigenergiehausfenster mit der Seehöhe abnimmt. Zwar werden die Wärmeverluste durch die niedrigeren Wärmedurchgangskoeffizienten von Fenster und Rahmen reduziert, der kleinere Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung bewirkt jedoch gleichzeitig eine Verringerung der Strahlungsgewinne, sodass die Energieeinsparung in Summe äußerst gering ist.

Absolut gesehen liegen die Einsparungen beim jährlichen Heizwärmebedarf in 900 m und 1.300 m Seehöhe nur bei etwa 3-5 kWh/m², was kaum im Verhältnis zu den höheren Kosten steht. Der Einsatz von Niedrigenergiehausfenstern ist also in großen Seehöhen nur in Kombination mit einer dem Baustandard entsprechenden Wärmedämmung der Gebäudehülle sinnvoll.

Für die Baukörpervarianten Wärmedämmung nach Niedrigenergiebauweise (N) und Wärmedämmung nach Passivhausstandard (P) wurden jeweils die Auswirkungen der Fenstertypen Passivhausfenster und Weißglasfenster im Unterschied zum Niedrigenergiehausfenster untersucht (Abbildung 2.2.11 und 2.2.12).

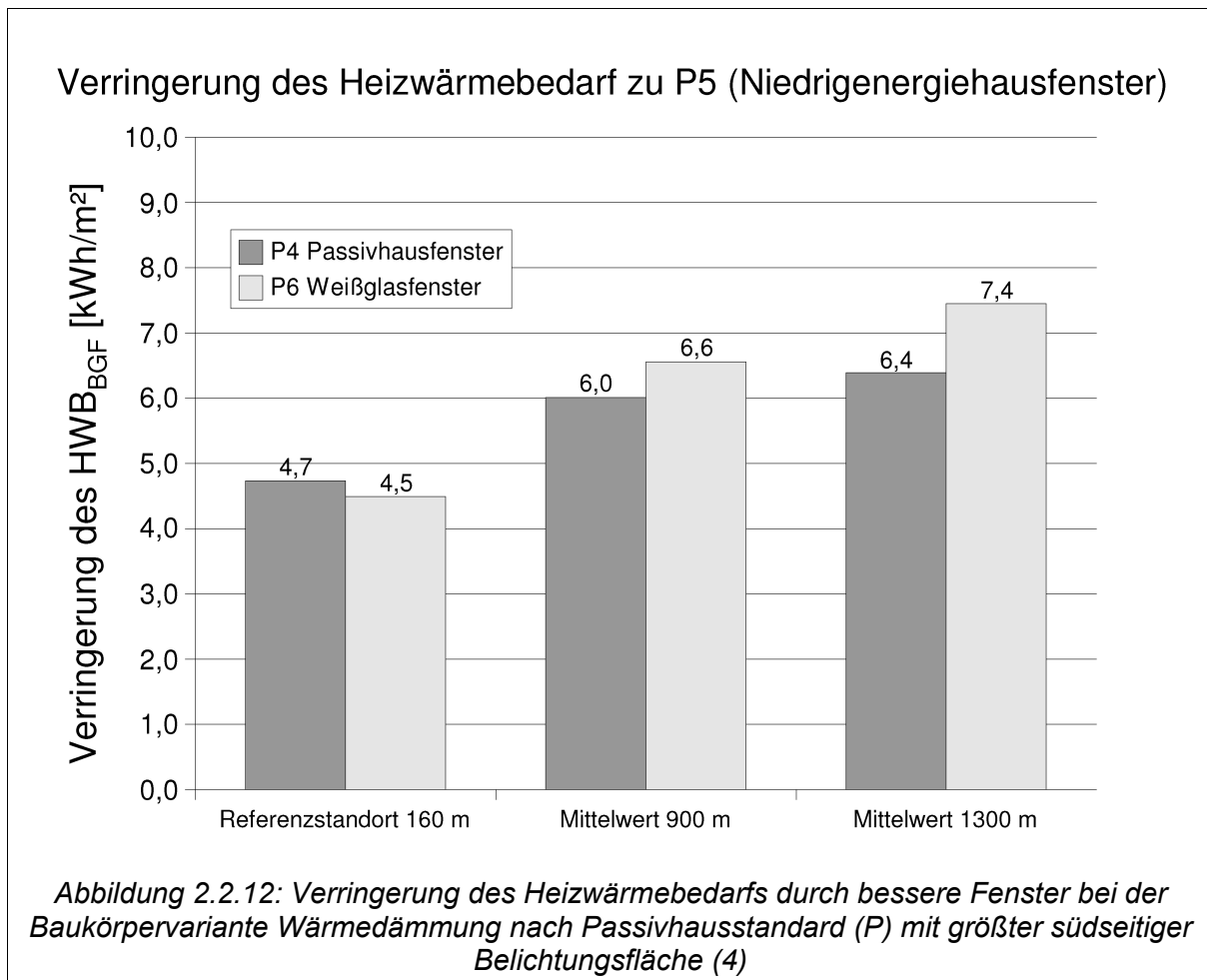


Insgesamt sind die Energieeinsparungen hier deutlich höher, als durch den Einsatz von Niedrigenergiehausfenster bei V1 und V4. Absolut gesehen bewegen sie sich in 900 m und 1.300 m Seehöhe etwa zwischen 6 und 9 kWh/m². Da die Varianten N und P insgesamt einen niedrigeren Heizwärmebedarf aufweisen sind die Einsparungen prozentuell gesehen noch höher. Bei der Baukörpervariante N liegen sie zwischen 17 % und 22 %, bei Variante P zwischen 25 % und 32 %.

Im Gegensatz zum Vergleich oben nehmen die Energieeinsparungen beim Heizwärmebedarf hier mit der Seehöhe zu, da der Gesamtenergiedurchlassgrad der Passivhausfenster gleich hoch und jener der Weißglasfenster höher ist, als der g-Wert der Niedrigenergiehausfenster.

Interessant ist vor allem der Vergleich zwischen den Passivhaus- und Weißglasfenstern. Der Wärmedurchgangskoeffizient der Rahmen ist für beide Fenstertypen gleich definiert. Bei der Verglasung zeichnet sich das Weißglasfenster

durch einen etwas schlechterer U-wert aber wesentlich besseren Gesamtenergiedurchlassgrad aus (vergleiche Tabelle 2.2.4 in Kapitel 2.2.2.5).



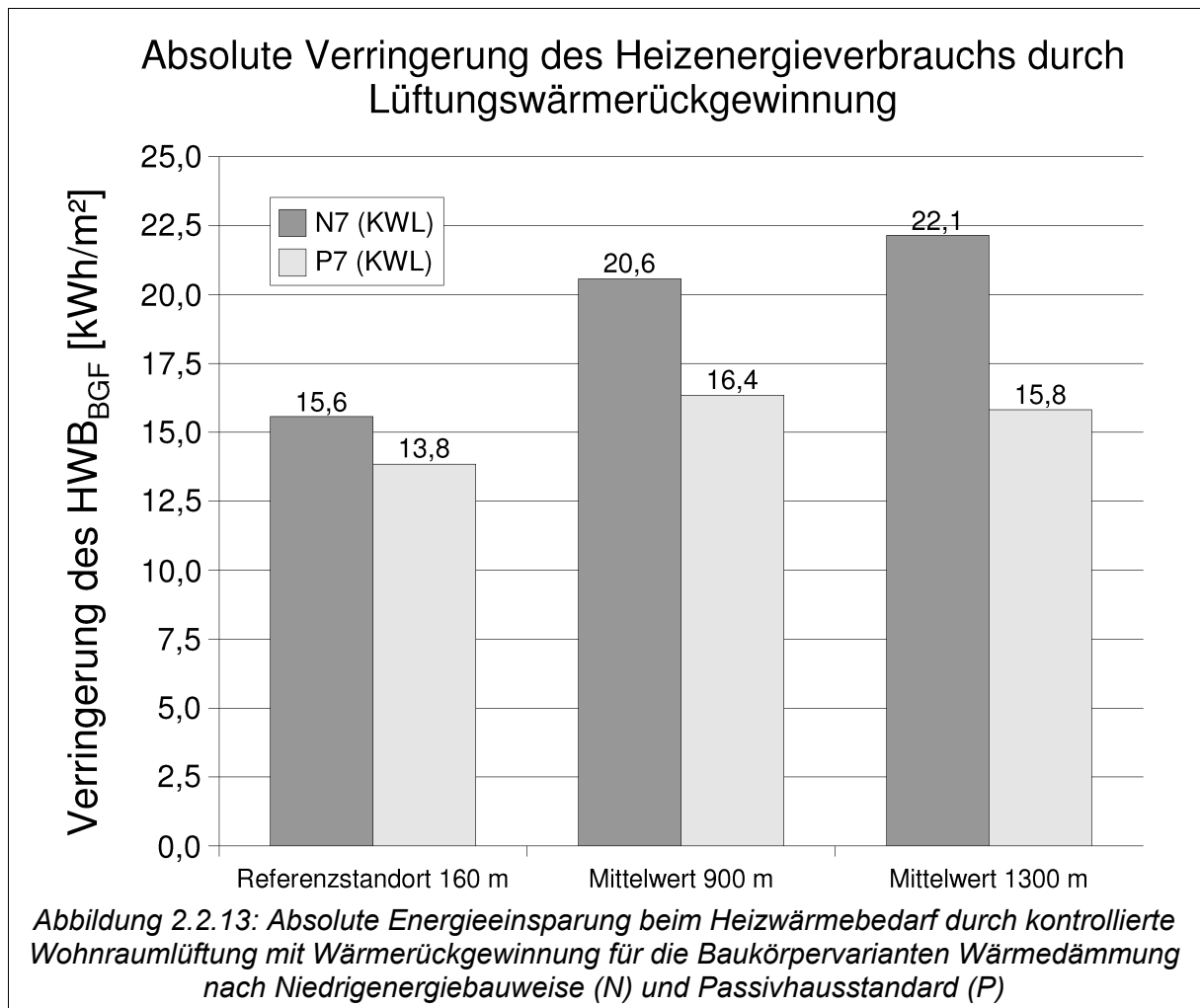
Am Referenzstandort in Wien Donaustadt schneidet das Weißglasfenster sowohl für die Variante Wärmedämmung Niedrigenergiebauweise, als auch für die Variante Wärmedämmung Passivhausstandard schlechter ab, als das Passivhausfenster. Die höheren Strahlungsgewinne können den größeren Wärmeverlust durch den größeren Wärmedurchgangskoeffizienten nicht ausgleichen.

In 900 m und 1.300 m Seehöhe ist die Energieeinsparung bei den Weißglasfenster geringfügig höher als bei den Passivhausfenstern, obwohl die thermische Qualität der Verglasung etwas schlechter ist. Insgesamt ist der energetische Vorteil durch die Weißglasfenster jedoch eher gering. Der Einsatz von teuren Weißglasfenstern ist also auch in großen Seehöhen nicht zwangsläufig sinnvoll.

2.2.3.5 Einfluss der Lüftungswärmerückgewinnung auf den Heizwärmebedarf

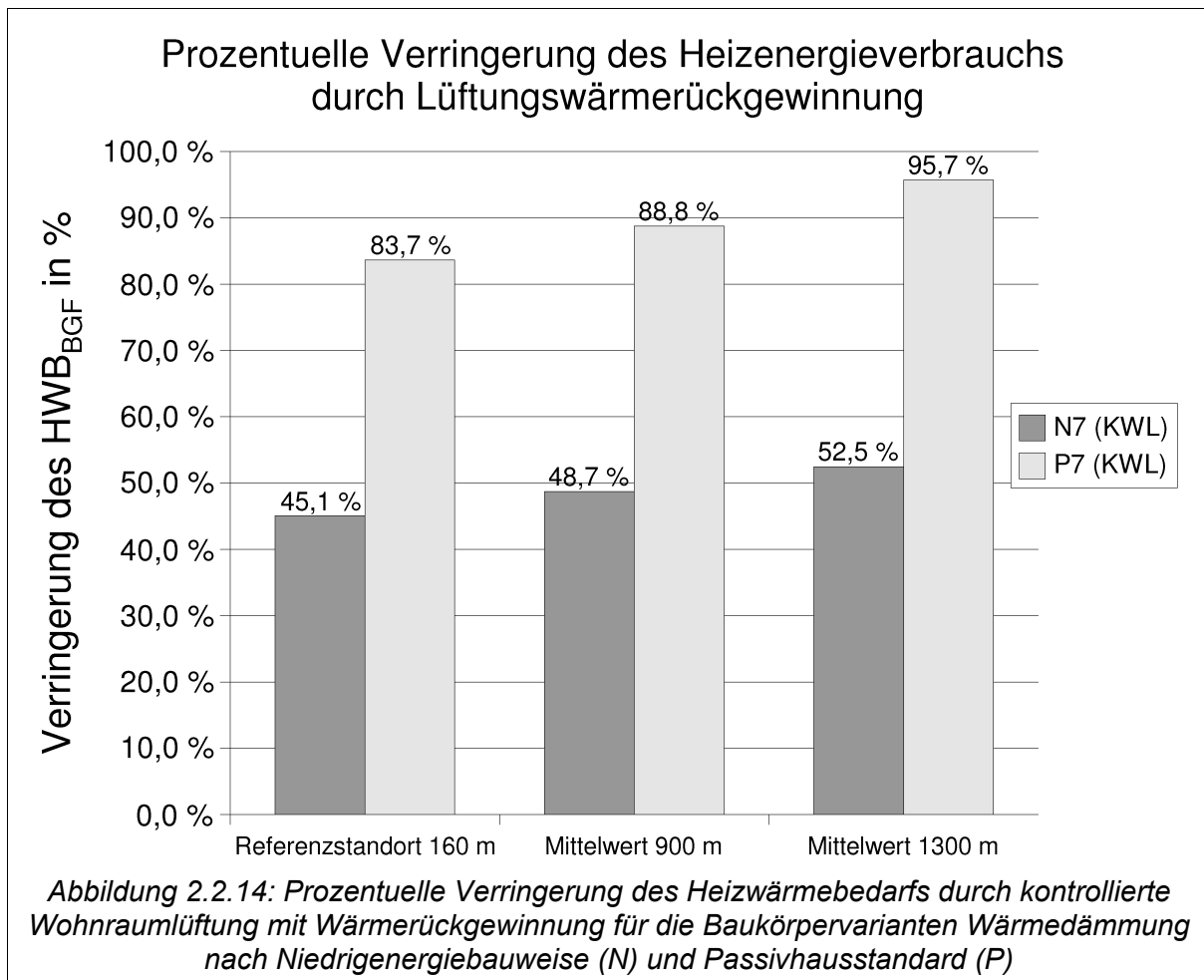
Die niedrigen Temperaturen in großen Seehöhen bedingen größere Temperaturdifferenzen zwischen Innen- und Außenluft, und damit verbunden sind auch größere Lüftungswärmeverluste. Das Energieeinsparungspotential durch

kontrollierte Wohnraumlüftung mit effizienter Wärmerückgewinnung wird also mit zunehmender Seehöhe größer.



Absolut betrachtet nehmen die Energieeinsparungen durch Lüftungswärmerückgewinnung mit der Seehöhe zu, da auch der Heizenergieaufwand steigt. Eine Ausnahme bildet dabei die Baukörpervariante Wärmedämmung nach Passivhausstandard mit größter südorientierter Belichtungsfläche (P4), denn in 1.300 m Seehöhe ist ihr jährlicher Heizwärmebedarf durch die solaren Wärmegewinne im Schnitt sogar etwas niedriger als in 900 m Seehöhe.

Die Heizenergieeinsparungen sind jedoch auch prozentuell gesehen in höheren Lagen deutlich größer (Abbildung 2.2.14). In 1.300 m Seehöhe konnte der Heizwärmebedarf durch Lüftungswärmerückgewinnung bei Variante P im Mittel um 95,7 % gesenkt werden, und auch bei Wärmedämmung nach Niedrigenergiebauweise steigt die Energieeinsparung in 1.300 m Seehöhe auf über 50 % an.



Selbstverständlich zeigt sich auch beim Einsatz einer effizienten Lüftungswärmerückgewinnung ein starker Einfluss auf die Dauer der jeweiligen Heizsaison. Bei der Baukörpervariante Wärmedämmung Passivhaus mit größter südseitiger Fensterfläche (P4) verringert sich die Anzahl der jährlichen Heiztage in 1.300 m Seehöhe im Mittel von 149 auf nur noch 37 Tage.

2.3 Sommerfall – Sommertauglichkeitsberechnung

Weiter oben wurde bereits darauf eingegangen, dass die Gefahr der sommerlichen Überhitzung ein mit der passiven Solarenergienutzung häufig einhergehendes Problem ist. Ursprünglich waren im Rahmen der durchgeführten Parameterstudien keine Simulationsrechnungen zur Sommertauglichkeit vorgesehen. Im Laufe der Arbeit wurde jedoch immer deutlicher, dass für die Beurteilung einiger untersuchter Parameter eine Berücksichtigung der Sommertauglichkeit unverzichtbar war, weshalb für die Baukörpervariante mit der größten südseitigen Belichtungsfläche (4) einige grundlegende Studien zum Sommerfall angefügt wurden.

Sämtliche Berechnungen zur Sommertauglichkeit wurden dabei mit dem Simulationsprogramm GEBA Version 5.0 durchgeführt.

2.3.1 Allgemeines

Die Beurteilung der Sommertauglichkeit der Modellbaukörper erfolgte nach ÖNORM B 8110 - Teil 3 mittels Gebäudesimulation.¹¹⁵ Bei diesem Nachweisverfahren wird jedoch lediglich beurteilt ob eine sommerliche Überhitzung vermieden werden kann oder nicht. Ein Gebäude gilt demnach als *sommertauglich*, wenn auch während einer Hitzeperiode die festgelegten Grenztemperaturen von 27°C am Tag und 25°C in der Nacht, bezogen auf den jeweiligen Nutzungszeitraum, nicht überschritten werden.

Die Berechnung des Tagesganges der empfundenen Raumlufttemperatur erfolgte entsprechend ÖNORM B 8110 - Teil 3 im periodisch eingeschwungenen Zustand, wobei von einem Außentemperaturverlauf für den jeweiligen Standort ausgegangen wurde, der im langjährigen Mittel um nicht mehr als 13 Tage im Jahr überschritten wird.¹¹⁶ (Für die ausgewählten Teststandorte siehe Tabelle 2.3.1.) Die Tagesamplitude wurde dabei normgemäß unabhängig vom Standort mit ± 7 K angesetzt.

Planfeld	Seehöhe							
	200	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
8	---	19 °C	19 °C	19 °C	19 °C	19 °C	18 °C	18 °C
41	---	---	20 °C	19 °C	19 °C	18 °C	18 °C	17 °C
42	---	21 °C	20 °C	19 °C	19 °C	18 °C	18 °C	17 °C
45	---	---	19 °C	19 °C	18 °C	18 °C	18 °C	17 °C
51	---	21 °C	20 °C	19 °C	19 °C	18 °C	18 °C	17 °C
55	---	19 °C	18 °C	18 °C	18 °C	18 °C	17 °C	17 °C
89	---	---	---	---	---	18 °C	17 °C	17 °C
140	---	20 °C	19 °C	19 °C	18 °C	18 °C	17 °C	16 °C
142	---	19 °C	19 °C	18 °C	18 °C	18 °C	17 °C	16 °C
224	---	19 °C	19 °C	19 °C	18 °C	18 °C	17 °C	17 °C
338	---	19 °C	19 °C	18 °C	18 °C	18 °C	18 °C	17 °C
647	23 °C	---	---	---	---	---	---	---

Tabelle 2.3.1: Lufttemperatur in Abhängigkeit von der Überschreitungshäufigkeit, 130 Tage in 10 Jahren für die ausgewählten Standorte (Quelle: Österreichischer Klimadatenkatalog)

Als Datum für die Berechnung der Bestrahlungsstärken ist in der Norm der 15. Juli festgesetzt, wobei von einem klaren und unbewölkten Tag, einem sogenannten Strahlungstag, ausgegangen wird. Der Linkesche Trübungsfaktor¹¹⁷ ist dabei nach ÖNORM B 8110 - Teil 3 mit 4,5 anzusetzen, da er jedoch im Gebirge wesentlich geringere Werte annehmen kann¹¹⁸, wurde er in den Parameterstudien auf 2,5 gesetzt.

¹¹⁵ Vgl. ÖNORM B 8110 - Teil 3, 6.1.1 Nachweis über den Tagesverlauf der Raumtemperatur.

¹¹⁶ Entspricht der Überschreitungshäufigkeit der Außenlufttemperatur von 130 Tagen in 10 Jahren nach Klimadatenkatalog.

¹¹⁷ Der Linkesche Trübungsfaktor T beschreibt die Schwächung der Intensität der Sonnenstrahlung beim Durchgang durch die Atmosphäre.

¹¹⁸ Vgl. Klimadatenkatalog, S. 45.

Gemäß ÖNORM wurde der Reitzsche Diffusstrahlungsfaktor mit 0,333 und die Albedo¹¹⁹ mit 0,2 angenommen.

Als Mittel zur Vermeidung der sommerlichen Überwärmung wurden entsprechend ÖNORM B 8110 ein wirksamer Sonnenschutz und eine effektive Raumlüftung berücksichtigt.

Auch hier ist wie im Winterfall zu beachten, dass die Ergebnisse zur Variante *Wärmedämmung Passivhaus* (P) erheblich von den zu erwartenden Ergebnissen einer Berechnung nach PHPP abweichen dürften, da es sich um vollkommen unterschiedliche Berechnungsmethoden handelt, in denen auch verschiedene Rahmenbedingungen berücksichtigt werden.

2.3.2 Testraum

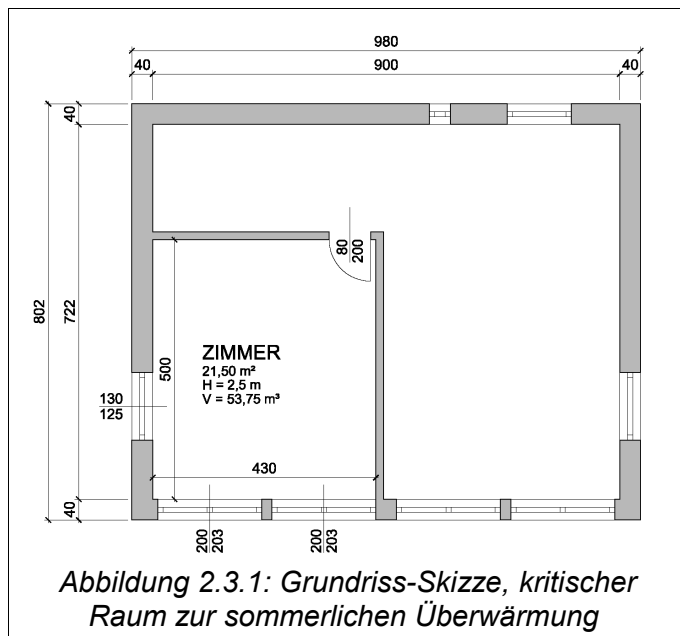
2.3.2.1 Kritischer Raum

Nach ÖNORM B 8110 - Teil 3 genügt es bei Einfamilienhäusern, wenn der Nachweis der Sommertauglichkeit für den kritischsten Raum im Gebäude erbracht wird. Der Nachweis gilt dann als positiv, wenn die Unterschreitung der festgelegten Grenztemperaturen unter den oben beschriebenen Rahmenbedingungen und während des ganzen Nutzungszeitraums nachgewiesen werden kann.

In Anlehnung an das Beispiel zur Beurteilung der sommerlichen Überwärmung von Gebäuden in ÖNORM B 8110 - Teil 3, Anhang D, wurde für den in Kapitel 2.1.4 beschriebenen Modellbaukörper mit der größten südseitigen Belichtungsfläche (Variante 4) ein kritischer Raum definiert.

Dafür wurde im Obergeschoß ein Raum mit Fensterflächen nach Süden und Westen angenommen, wobei die Südseite nach außen hin fast vollständig verglast ist. Die Nutzfläche des Raumes beträgt 21,50 m², woraus sich bei einer lichten Raumhöhe von 2,50 m ein Netto-Raumvolumen von 67,52 m³ ergibt (siehe auch Tabelle 2.3.2 auf Seite 71).

Im Gegensatz zum Winterfall wurden für die Simulationsrechnungen zum Nachweis der Sommertauglichkeit in Anlehnung an ÖNORM B 8110 - Teil 3 ausschließlich Innenabmessungen herangezogen. Außerdem wurden die Innenabmessungen auch für die Simulationsvarianten mit besserer Wärmedämmung nicht verändert, damit die Vergleichbarkeit der Ergebnisse erhalten bleibt.



119 Die Albedo oder Reflexionszahl der terrestrischen Umgebung gibt den Anteil der auf die Erdoberfläche auftreffenden Globalstrahlung an, der diffus reflektiert wird.

2.3.2.2 Nutzung

In ÖNORM B 8110 - Teil 3, Anhang D werden die Personenwärme und technischen Wärmequellen bei Wohngebäuden zur Beurteilung der sommerlichen Überwärmung nicht berücksichtigt. In den Parameterstudien wurden die Innenwärmen aus technischen Wärmequellen ebenfalls vernachlässigt. Die Wärmeabgabe von Personen wurde jedoch wegen der geringen Raumgröße und der damit zu erwartenden Auswirkung mit 90 W pro Person berücksichtigt. Dabei wurde die Personenbelegung der Nutzfläche entsprechend mit nur einer Person angenommen.

Jede Simulationsvariante wurde für drei verschiedene Nutzungsszenarien durchgeführt, dafür wurde eine 24-Stunden-Nutzung festgelegt, eine Tagnutzung zwischen 08:00 und 20:00 Uhr und eine Nachtnutzung zwischen 20:00 Uhr abends und 08:00 Uhr morgens.

2.3.2.3 Lüftung

Wie oben bereits erwähnt wurde, stellt eine angemessene Raumlüftung und insbesondere eine gezielte Nachtlüftung ein sehr wirksames Mittel zur Vermeidung der sommerlichen Überhitzung dar.

Entsprechend ÖNORM B 8110 - Teil 3 wurde dazu für zwei Fassadenebenen und bei voller Öffnung der Lüftungsflügel eine Luftwechselzahl von $2,5 \text{ h}^{-1}$ angesetzt.¹²⁰ Dabei wurde der Lüftungsgang jeweils so festgelegt, dass die Lüftung nur dann unterbrochen wird, wenn die Außenlufttemperatur die Innenlufttemperatur übersteigt ($T_e > T_i$), was nur am Referenzstandort Wien Donaustadt der Fall war (vergleiche Tabelle 2.3.3 auf Seite 77, Spalte Lüftung).

2.3.2.4 Sonnenschutz

Neben der Lüftung ist in der Regel auch ein effektiver Sonnenschutz für das Erreichen der Sommertauglichkeit unerlässlich. Dabei erweisen sich Außenjalousien und Fensterläden als sehr wirksam, weshalb in den Simulationsrechnungen für alle Glasflächen Außenjalousien mit einem Abminderungsfaktor z von $0,27$ ¹²¹ nach ÖNORM B 8110 - Teil 3 berücksichtigt wurden.

Die Verwendung der Außenjalousien wurde so angesetzt, dass sämtliche Glasflächen während des ganzen Einstrahlungszeitraums zwischen 05:00 und 22:00 Uhr beschattet werden.

2.3.3 Parameter - Beschreibung

2.3.3.1 Seehöhe

Mit zunehmender Seehöhe sinkt in der Regel die durchschnittliche Außenlufttemperatur, das bringt zwar im Winter einen größeren Heizenergieaufwand mit sich, kann aber im Sommer wesentlich zur Erhaltung eines angenehmen Raumklimas beitragen.

Auch während sommerlicher Hitzeperioden steigen die Tagesmitteltemperaturen in über 800 m Seehöhe nur selten über 19°C (siehe auch Tabelle 2.3.1 auf Seite 67).

¹²⁰ Vgl. ÖNORM B 8110 - Teil 3, 6.1.2 Nachweis über die mindesterforderliche speicherwirksame Masse, Tabelle 3.

¹²¹ Vgl. ÖNORM B 8110 - Teil 3, 3.1.1 Fenster, Tabelle 7.

Das legt die Vermutung nahe, dass die Raumlufttemperaturen im Sommer auch bei großen südorientierten Glasflächen, mit Hilfe einer ausreichenden Lüftung und geeignetem Sonnenschutz, im komfortablen Bereich gehalten werden können.

Um den Zusammenhang zwischen der Seehöhe eines Standortes und der Neigung des Gebäudes zur sommerlicher Überwärmung zu untersuchen, wurden an ausgewählten Standorten Simulationen in jeweils 900 m und 1.300 m über Meer durchgeführt, sowie am Referenzstandort in Wien Donaustadt in 160 m Seehöhe.

2.3.3.2 Wärmedämmung

Eine gute Wärmedämmung hat nicht nur Einfluss auf den Heizenergiebedarf, sondern erleichtert auch die Vermeidung von sommerlicher Überwärmung. Daher wurde die Wärmedämmung der Gebäudehülle auch in die Parameterstudien zum Sommerfall einbezogen.

Genau wie im Winterfall wurden dazu die drei Abstufungen *Wärmedämmung nach Bauordnung* (V), *Wärmedämmung Niedrigenergiebauweise* (N) und *Wärmedämmung Passivhausstandard* (P) vorgesehen (vergleiche Tabelle 2.3.2 unten). Die jeweiligen Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenbauteile wurden aus den Winterfallstudien übernommen. Alle übrigen U-Werte wurden der von Krec durchgeführten Studie zur *Bewertung der Sommertauglichkeit*¹²² entnommen. Auch die jeweiligen Bauteilaufbauten wurden zum Teil in Anlehnung an diese Studie zusammengestellt.

2.3.3.3 Bauweise

Die in Sommertauglichkeitsrechnungen auftretenden mittleren Tagestemperaturen der Raumluft sind bei gleichen Rahmenbedingungen und gleicher thermischer Qualität der Außenhülle unabhängig von der Bauweise gleich. Allerdings ergeben sich bei leichter Bauweise aufgrund der geringeren speicherwirksamen Masse wesentlich höhere Tagesschwankungen, was am späteren Nachmittag häufiger zu Überwärmungen führt als bei Massivbauten.¹²³

Für die Parameterstudien zur Sommertauglichkeit schien es daher sinnvoll bei den verschiedenen Baukörpervarianten auch zwischen *Leichtbauweise* (L) und *Massivbauweise* (M) zu unterscheiden (siehe Tabelle 2.3.2, Seite 71). Eine Liste der jeweils verwendeten Bauteilaufbauten befindet sich im Anhang C (Tabellen C.1 bis C.6).

2.3.3.4 Nutzungszeitraum

Unter Kapitel 2.3.2.2 wurde bereits erwähnt, dass für jede Simulation drei verschiedene Nutzungsszenarien berücksichtigt wurden. Dabei wurde einmal davon ausgegangen dass sich eine Person über den ganzen Betrachtungszeitraum von 24 Stunden im Testraum aufhält (24h - Nutzung), während für die Variante Tag-Nutzung eine Raumbesetzung von 08:00 bis 20:00 Uhr und für die Variante Nacht-Nutzung von 20:00 Uhr abends bis 08:00 Uhr morgens angenommen wurde. Die Simulationsergebnisse wurden dabei für die verschiedenen Nutzungsszenarien jeweils getrennt erfasst.

122 Vgl. Krec (2006).

123 Vgl. Krec (2006), S. 20.

	Varianten	V4M	V4L	N4M	N4L	P4M	P4L	
	Wärmedämmung und Bauweise	V4 + Massivbauweise	V4 + Leichtbauweise	N4 + Massivbauweise	N4 + Leichtbauweise	P4 + Massivbauweise	P4 + Leichtbauweise	
	Bauweise	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht	
	Netto-Nutzfläche	21,50 m ²	21,50 m ²	21,50 m ²	21,50 m ²	21,50 m ²	21,50 m ²	
	Volumen	53,75 m ³	53,75 m ³	53,750 m ³	53,750 m ³	53,750 m ³	53,750 m ³	
	Raumhöhe	2,50 m ²	2,50 m ²	2,50 m ²	2,50 m ²	2,50 m ²	2,50 m ²	
U-Wert [W/m²K]	Glas	g-Wert	0,60	0,60	0,47	0,47	0,47	0,47
		U_g	1,10 W/m ² K	1,10 W/m ² K	0,70 W/m ² K	0,70 W/m ² K	0,50 W/m ² K	0,50 W/m ² K
	Rahmen U_f	2,00 W/m ² K	2,00 W/m ² K	1,40 W/m ² K	1,40 W/m ² K	0,87 W/m ² K	0,87 W/m ² K	
	Außentüre	1,70 W/m ² K	1,70 W/m ² K	1,10 W/m ² K	1,10 W/m ² K	0,80 W/m ² K	0,80 W/m ² K	
	Außenwände	0,35 W/m ² K	0,35 W/m ² K	0,20 W/m ² K	0,20 W/m ² K	0,10 W/m ² K	0,10 W/m ² K	
	Außenwände erdberührt	0,40 W/m ² K	0,40 W/m ² K	0,30 W/m ² K	0,30 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,15 W/m ² K	
	Oberste Geschoßdecke	0,20 W/m ² K	0,20 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,10 W/m ² K	0,10 W/m ² K	
	Kellerdecke	0,40 W/m ² K	0,40 W/m ² K	0,25 W/m ² K	0,25 W/m ² K	0,12 W/m ² K	0,12 W/m ² K	
	Bodenplatte	0,40 W/m ² K	0,40 W/m ² K	0,30 W/m ² K	0,30 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,15 W/m ² K	
Außenbauteilflächen	Außenwand Süd	2,63 m ²	2,63 m ²	2,63 m ²	2,63 m ²	2,63 m ²	2,63 m ²	
	Außenwand West	10,88 m ²	10,88 m ²	10,88 m ²	10,88 m ²	10,88 m ²	10,88 m ²	
	Rahmen A_f Süd	1,90 m ²	1,90 m ²	1,90 m ²	1,90 m ²	1,90 m ²	1,90 m ²	
	Rahmen A_f West	0,47 m ²	0,47 m ²	0,47 m ²	0,47 m ²	0,47 m ²	0,47 m ²	
	Oberste Geschoßdecke	21,50 m ²	21,50 m ²	21,50 m ²	21,50 m ²	21,50 m ²	21,50 m ²	
Glasflächen A_g [m²]	Süden	6,23 m ²	6,23 m ²	6,23 m ²	6,23 m ²	6,23 m ²	6,23 m ²	
	Westen	1,16 m ²	1,16 m ²	1,16 m ²	1,16 m ²	1,16 m ²	1,16 m ²	
	Gesamt	7,39 m ²	7,39 m ²	7,39 m ²	7,39 m ²	7,39 m ²	7,39 m ²	
Innenbauteilflächen	Innenwände	21,65 m ²	21,65 m ²	21,65 m ²	21,65 m ²	21,65 m ²	21,65 m ²	
	Innentüre	1,60 m ²	1,60 m ²	1,60 m ²	1,60 m ²	1,60 m ²	1,60 m ²	
	Geschoßdecke	21,50 m ²	21,50 m ²	21,50 m ²	21,50 m ²	21,50 m ²	21,50 m ²	
Raumnutzung	Luftwechselzahl	2,5 1/h	2,5 1/h	2,5 1/h	2,5 1/h	2,5 1/h	2,5 1/h	
	Lüftungsgang	T _i < T _e	T _i < T _e	T _i < T _e	T _i < T _e	T _i < T _e	T _i < T _e	
	Personenzahl	1	1	1	1	1	1	
	Personengang	Tag, Nacht, 24h	Tag, Nacht, 24h	Tag, Nacht, 24h	Tag, Nacht, 24h	Tag, Nacht, 24h	Tag, Nacht, 24h	

Tabelle 2.3.2: Übersicht über die wichtigsten Daten und Varianten zum Testraum für den Sommertauglichkeitsnachweis, Parameter Bauweise und Wärmedämmung

2.3.4 Ergebnisse und Interpretation

2.3.4.1 Einfluss der Seehöhe auf die Sommertauglichkeit

Betrachtet man die Überschreitungen der Grenztemperaturen in Tabelle 2.3.3 unten, so fällt sofort ins Auge, dass es am Referenzstandort in Wien Donaustadt bei allen Simulationsvarianten zu einer Überschreitung der in ÖNORM B 8110 - Teil 3 festgelegten Grenztemperaturen kommt.

Diese Tatsache ist nicht sehr überraschend, eine derart großflächige südseitige Verglasung wie sie für die Modellbaukörpervariante (4) definiert wurde, muss nach allen Erkenntnissen der modernen Bautechnik zu sommerlichen Überhitzungen führen. In der Praxis wird das häufig durch den Einsatz von Klimageräten kompensiert, was einen zusätzlichen Energieaufwand mit sich bringt.

Bemerkenswert ist hingegen, dass es in 900 m und 1.300 m Seehöhe bei einigen der durchgeführten Simulationsrechnungen trotz der großen südorientierten Glasflächen zu keiner Überschreitung der Grenztemperaturen kommt. Knapp die Hälfte (22) der insgesamt 48 Simulationsvarianten in 900 m und 1.300 m Seehöhe ergaben sogar für alle drei vorgesehenen Nutzungsszenarien einen positiven Sommertauglichkeitsnachweis, davon 18 in 1.300 m Seehöhe und nur 4 in 900 m Seehöhe.

Nur ein Viertel der Simulationsvarianten in 1.300 m Seehöhe konnte nicht für alle Nutzungsszenarien als sommertauglich eingestuft werden, und auch da scheitert es bei einigen Varianten nur an wenigen Zehntelgraden. Im Mittel liegen die maximal auftretenden Temperaturen bei den Simulationsvarianten in 1.300 m Seehöhe um rund 1,5 K unter denen in 900 m über Meer. Für die Behaglichkeit des Raumklimas während einer sommerlichen Hitzeperiode kann diese Differenz bereits eine wesentliche Rolle spielen.

Erwartungsgemäß lässt sich also auch bei sehr großen südseitigen Verglasungen mit zunehmender Seehöhe eine klare Tendenz zur leichteren Erreichbarkeit der Sommertauglichkeit erkennen.

2.3.4.2 Einfluss des Standortes auf die Sommertauglichkeit

In den Planfeldern 8 und 42 bleiben die Grenztemperaturen nur bei jeweils 4 der 12 Simulationsvarianten in allen Nutzungsszenarien unterschritten, in Planfeld 142 erweisen sich 5 Varianten bei jeder Nutzung als sommertauglich. Am besten schneidet Planfeld 55 ab, hier konnte bei 9 der 12 Simulationsvarianten die Sommertauglichkeit für jeden Nutzungstyp nachgewiesen werden.

Dies ist einerseits auf die relativ niedrigen angesetzten mittleren Lufttemperaturen in Planfeld 55 zurückzuführen (vergleiche Kapitel 2.3.1), andererseits sind auch die Strahlungssummen an diesem Standort in 900 m über Meer wesentlich niedriger als in den anderen Planfeldern.

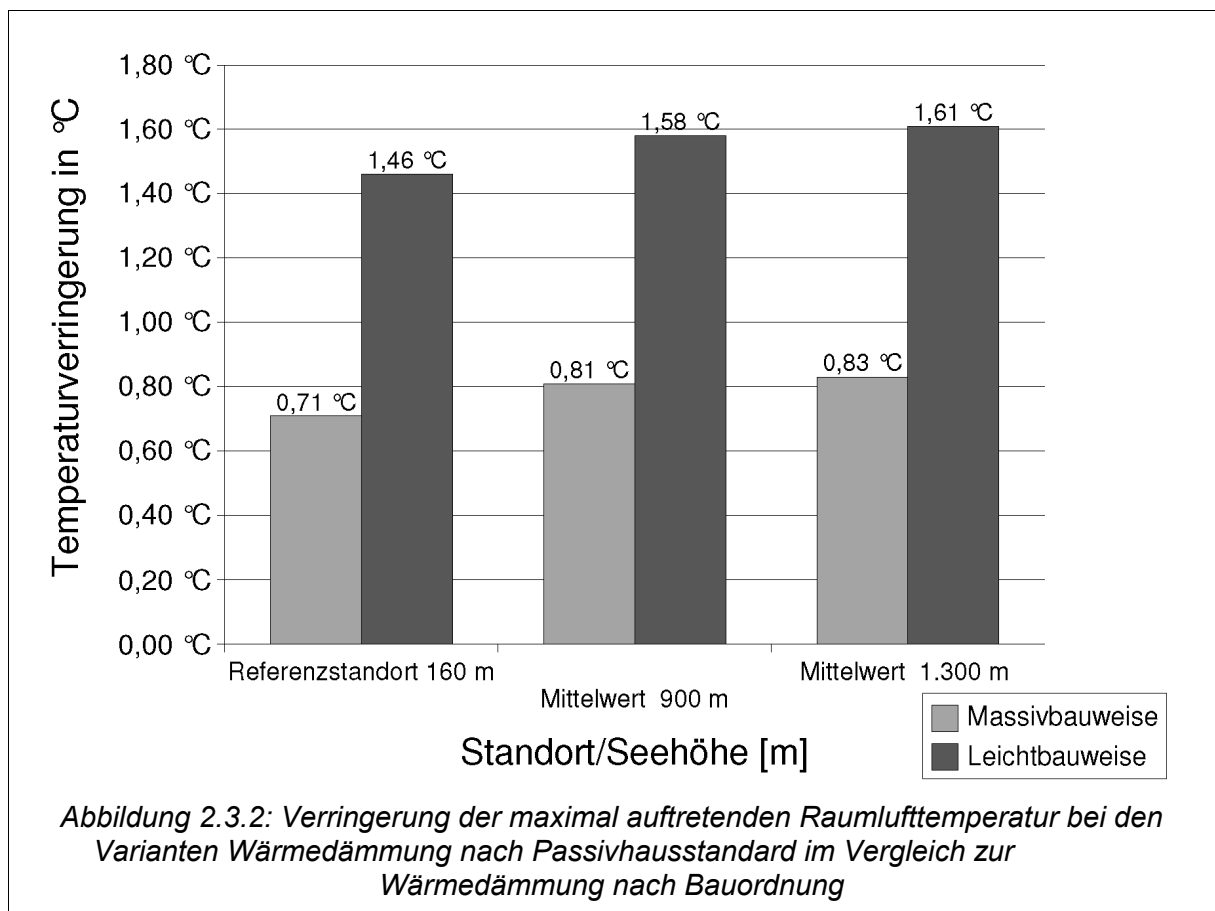
Bezüglich des Standortes ergeben sich vor allem in 900 m Seehöhe deutliche Unterschiede bei den maximal auftretenden Temperaturen, wobei die größte Abweichung 2,0 K beträgt. In 1.300 m liegt die größte Abweichung zwischen den Planfeldern bei nur 1,1 K.

2.3.4.3 Einfluss der Wärmedämmung auf die Sommertauglichkeit

Der Einfluss der Wärmedämmung auf die Sommertauglichkeit kam bei den Simulationsrechnungen wesentlich stärker als erwartet zum Vorschein. In 1.300 m Seehöhe erwiesen sich sogar alle Simulationsvarianten in Passivhausbauweise für jede Nutzung als sommertauglich.

Der Einfluss der Wärmedämmung auf die maximal auftretenden Raumlufttemperaturen zeigt sich bei den Varianten in Leichtbauweise etwa doppelt so stark wie bei den Varianten in Massivbauweise und nimmt mit der Seehöhe geringfügig zu (siehe Abbildung 2.3.2 unten).

Diese Zunahme mit der Höhe ist sehr wahrscheinlich auf den geringeren Gesamtenergiedurchlassgrad der Passivhausfenster zurückzuführen, da mit zunehmender Seehöhe stärkere Strahlungsintensitäten auftreten und die Strahlungssummen einen größeren Anteil an der Überwärmung haben.



Eine Temperaturdifferenz von 1,5 K kann über einen längeren Zeitraum gesehen durchaus darüber entscheiden ob ein Raumklima noch als behaglich empfunden wird oder vielleicht sogar gesundheitsbelastend wirkt. Für den Nachweis der Unterschreitung der Grenztemperaturen nach ÖNORM B 8110 spielen häufig sogar Zehntelgrade eine Rolle. Gerade bei der Leichtbauweise kann also eine bessere Wärmedämmung auch bezüglich der Sommertauglichkeit enorme Vorteile mit sich bringen.

2.3.4.4 Einfluss der Bauweise auf die Sommertauglichkeit

Wie erwartet schneiden die Simulationsvarianten in Leichtbauweise insgesamt deutlich schlechter ab, als jene in Massivbauweise. Knapp zwei Drittel der Simulationsvarianten in Massivbauweise konnten bei allen Nutzungsvarianten als sommertauglich eingestuft werden, aber nur weniger als ein Drittel der Simulationsvarianten in Leichtbauweise.

In 1.300 m Seehöhe konnten bei der Massivbauweise die Grenztemperaturen sogar für alle Varianten, an allen Standorten und für alle Wärmedämmungs- und Nutzungstypen unterschritten werden, während die Leichtbauweise auch hier nur in Verbindung mit einer Passivhauswärmedämmung an allen Standorten und für alle Nutzungen Sommertauglichkeit erreicht.

Bei der Untersuchung des Parameters Wärmedämmung (Kapitel 2.3.4.3) wurde deutlich, dass die Wärmedämmung bei Gebäuden in Leichtbauweise einen wesentlich höheren Einfluss auf die maximal auftretenden Raumlufthtemperaturen hat als bei Massivbauten. Vergleicht man etwa die Simulationsvarianten Wärmedämmung nach Bauordnung in Massivbauweise (V und M) mit den Varianten Wärmedämmung Niedrigenergiehaus in Leichtbauweise (N und L), so liegen die auftretenden Maximaltemperaturen der Massivbauweise nach Bauordnung im Schnitt nur knapp 0,2 K unter denen der Leichtbauweise in Niedrigenergiehausstandard.

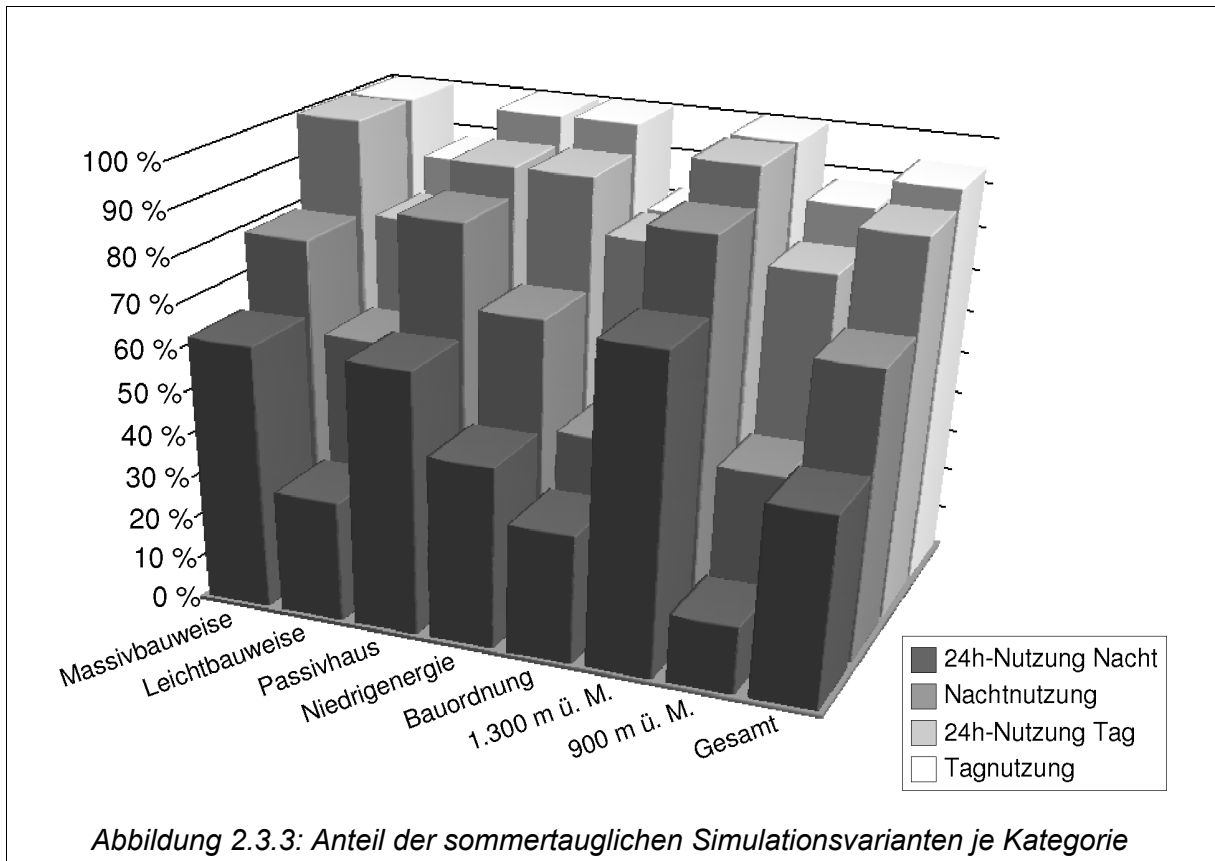
Berücksichtigt man dazu, dass sich Leichtbaukonstruktionen bezüglich der Wärmedämmung häufig durch Vorteile wie schlankere Wandaufbauten und niedrigere Dämmkosten auszeichnen, so kann sich unter bestimmten Voraussetzungen eine Leichtbaukonstruktion mit besserer Wärmedämmung auch für den Sommerfall als vorteilhaft erweisen.

2.3.4.5 Einfluss der Nutzung auf die Sommertauglichkeit

In Bezug auf die Nutzungsszenarien konnte die Unterschreitung der Grenztemperaturen bei Tagnutzung deutlich häufiger als bei Nachtnutzung nachgewiesen werden. Tagsüber schneidet die 24h-Nutzung nicht viel schlechter ab, als die Tagnutzung (24h-Nutzung Tag in Abbildung 2.3.3), berücksichtigt man jedoch ab 20:00 Uhr die in ÖNORM B 8110 - Teil 3 für die Nacht festgelegte Grenztemperatur von 25 °C (24h-Nutzung Nacht in Abbildung 2.3.3 unten), so erweist sich die 24h-Nutzung für alle Simulationsvarianten als problematisch.

Die Differenz der maximal auftretenden Raumlufthtemperaturen bei Tag- und Nachtnutzung beträgt in 900 m und 1.300 m Seehöhe im Mittel etwa 0,5 K. Am Referenzstandort in Wien Donaustadt ist sie mit rund 0,7 K geringfügig höher. Vergleicht man die Tagnutzung mit der 24-Stunden-Nacht Nutzung, so beträgt die Differenz in 900 m und 1.300 m im Mittel etwa 0,9 K und am Referenzstandort rund 1,1 K.

Insgesamt lässt sich aber feststellen, dass der Einfluss der jeweiligen Nutzung auf die Sommertauglichkeit nicht so stark ist wie der Einfluss der übrigen untersuchten Parameter.



Ergebnisse und Interpretation

		See- höhe	Gemeinde	Lüftung	mittlere Tages- temp.	Überschreitung der Grenztemperatur			
						24h - Nutzung		Tag - Nutzung	Nacht - Nutzung
						08 - 20:00	20 - 08:00		
Planfeld 8	V4M	900 m	Thüringerberg	24 h	19°C	tauglich	0,9 K	tauglich	0,1 K
	V4L	900 m	Thüringerberg	24 h	19°C	0,7 K	2,5 K	0,3 K	1,6 K
	V4M	1300 m	Dünserberg	24 h	18°C	tauglich	tauglich	tauglich	tauglich
	V4L	1300 m	Dünserberg	24 h	18°C	tauglich	1,5 K	tauglich	0,6 K
	N4M	900 m	Thüringerberg	24 h	19°C	tauglich	0,5 K	tauglich	tauglich
	N4L	900 m	Thüringerberg	24 h	19°C	tauglich	1,1 K	tauglich	0,2 K
	N4M	1300 m	Dünserberg	24 h	18°C	tauglich	tauglich	tauglich	tauglich
	N4L	1300 m	Dünserberg	24 h	18°C	tauglich	0,2 K	tauglich	tauglich
	P4M	900 m	Thüringerberg	24 h	19°C	tauglich	0,1 K	tauglich	tauglich
	P4L	900 m	Thüringerberg	24 h	19°C	tauglich	0,9 K	tauglich	tauglich
	P4M	1300 m	Dünserberg	24 h	18°C	tauglich	tauglich	tauglich	tauglich
	P4L	1300 m	Dünserberg	24 h	18°C	tauglich	tauglich	tauglich	tauglich
Planfeld 42	V4M	900 m	Ried im Oberinntal	24 h	20°C	tauglich	1,9 K	tauglich	1,1 K
	V4L	900 m	Ried im Oberinntal	24 h	20°C	1,7 K	3,4 K	1,3 K	2,5 K
	V4M	1300 m	Serfaus	24 h	18°C	tauglich	tauglich	tauglich	tauglich
	V4L	1300 m	Serfaus	24 h	18°C	tauglich	1,5 K	tauglich	0,6 K
	N4M	900 m	Ried im Oberinntal	24 h	20°C	tauglich	1,4 K	tauglich	0,6 K
	N4L	900 m	Ried im Oberinntal	24 h	20°C	0,2 K	2,1 K	tauglich	1,3 K
	N4M	1300 m	Serfaus	24 h	18°C	tauglich	tauglich	tauglich	tauglich
	N4L	1300 m	Serfaus	24 h	18°C	tauglich	0,1 K	tauglich	tauglich
	P4M	900 m	Ried im Oberinntal	24 h	20°C	tauglich	1,1 K	tauglich	0,2 K
	P4L	900 m	Ried im Oberinntal	24 h	20°C	0,2 K	1,9 K	tauglich	0,9 K
	P4M	1300 m	Serfaus	24 h	18°C	tauglich	tauglich	tauglich	tauglich
	P4L	1300 m	Serfaus	24 h	18°C	tauglich	tauglich	tauglich	tauglich
Planfeld 55	V4M	900 m	Reutte	24 h	18°C	tauglich	tauglich	tauglich	tauglich
	V4L	900 m	Reutte	24 h	18°C	tauglich	1,5 K	tauglich	0,6 K
	V4M	1300 m	Berwang	24 h	17°C	tauglich	tauglich	tauglich	tauglich
	V4L	1300 m	Berwang	24 h	17°C	tauglich	0,5 K	tauglich	tauglich
	N4M	900 m	Reutte	24 h	18°C	tauglich	tauglich	tauglich	tauglich
	N4L	900 m	Reutte	24 h	18°C	tauglich	0,1 K	tauglich	tauglich
	N4M	1300 m	Berwang	24 h	17°C	tauglich	tauglich	tauglich	tauglich
	N4L	1300 m	Berwang	24 h	17°C	tauglich	tauglich	tauglich	tauglich
	P4M	900 m	Reutte	24 h	18°C	tauglich	tauglich	tauglich	tauglich
	P4L	900 m	Reutte	24 h	18°C	tauglich	tauglich	tauglich	tauglich
	P4M	1300 m	Berwang	24 h	17°C	tauglich	tauglich	tauglich	tauglich
	P4L	1300 m	Berwang	24 h	17°C	tauglich	tauglich	tauglich	tauglich

		See- höhe	Gemeinde	Lüftung	mittlere Tages- temp.	Überschreitung der Grenztemperatur			
						24h - Nutzung		Tag - Nutzung	Nacht - Nutzung
						08 - 20:00	20 - 08:00		
Planfeld 142	V4M	900 m	Matrei in Osttirol	24 h	19°C	tauglich	0,9 K	tauglich	0,1 K
	V4L	900 m	Matrei in Osttirol	24 h	19°C	0,7 K	2,4 K	0,3 K	1,5 K
	V4M	1300 m	Kals am Großgl.	24 h	17°C	tauglich	tauglich	tauglich	tauglich
	V4L	1300 m	Kals am Großgl.	24 h	17°C	tauglich	0,4 K	tauglich	tauglich
	N4M	900 m	Matrei in Osttirol	24 h	19°C	tauglich	0,4 K	tauglich	tauglich
	N4L	900 m	Matrei in Osttirol	24 h	19°C	tauglich	1,1 K	tauglich	0,1 K
	N4M	1300 m	Kals am Großgl.	24 h	17°C	tauglich	tauglich	tauglich	tauglich
	N4L	1300 m	Kals am Großgl.	24 h	17°C	tauglich	tauglich	tauglich	tauglich
	P4M	900 m	Matrei in Osttirol	24 h	19°C	tauglich	0,1 K	tauglich	tauglich
	P4L	900 m	Matrei in Osttirol	24 h	19°C	tauglich	0,9 K	tauglich	tauglich
	P4M	1300 m	Kals am Großgl.	24 h	17°C	tauglich	tauglich	tauglich	tauglich
	P4L	1300 m	Kals am Großgl.	24 h	17°C	tauglich	tauglich	tauglich	tauglich
Planfeld 647	V4M	160 m	Donaustadt	18-12:00	23°C	2,4 K	4,1 K	1,6 K	3,1 K
	V4L	160 m	Donaustadt	24 h	23°C	4,0 K	5,5 K	3,6 K	4,6 K
	N4M	160 m	Donaustadt	17-12:00	23°C	1,7 K	3,6 K	1,0 K	2,6 K
	N4L	160 m	Donaustadt	17-12:00	23°C	2,6 K	4,4 K	1,9 K	3,2 K
	P4M	160 m	Donaustadt	17-13:00	23°C	1,7 K	3,5 K	0,9 K	2,3 K
	P4L	160 m	Donaustadt	16-13:00	23°C	2,6 K	4,3 K	1,9 K	3,1 K

Tabelle 2.3.3: Überschreitung der in ÖNORM B 8110 - Teil 3 festgelegten Grenztemperaturen im Nutzungszeitraum in °C in Abhängigkeit zu Bauweise, Standort und Seehöhe

3 Zusammenfassung

3.1 Fragestellung und Zielsetzung

Energieeffizientes Bauen kann ohne eine sorgfältige Berücksichtigung der lokalen klimatischen Gegebenheiten nicht funktionieren, denn unterschiedliche Klimabedingungen ermöglichen und erfordern auch verschiedene Strategien der Energieoptimierung von Gebäuden.

Das Klima in den Österreichischen Alpen unterscheidet sich ganz deutlich von den vorherrschenden Klimabedingungen in niedriger gelegenen Regionen Österreichs. Einige grundlegende Eigenschaften des alpinen Klimas lassen sich ganz allgemein feststellen. Etwa sinken mit zunehmender Seehöhe im Schnitt die vorherrschenden Lufttemperaturen, gleichzeitig steigen aber mit der Höhe auch die auftretenden Strahlungsintensitäten.

Es liegt also nahe, dass sich für bestimmte alpine Höhenlagen auch allgemeine Planungsempfehlungen für energieeffiziente Gebäude formulieren lassen. Im Zuge dieser Diplomarbeit wurden einige geeignete Maßnahmen zur Energieoptimierung von Gebäuden zusammengestellt und mittels thermischer Simulation auf ihre Wirksamkeit in höheren Lagen des österreichischen Alpenraums geprüft. Der Untersuchungsbereich wurde dafür auf alpine Lagen zwischen 800 m und 1.400 m über Meer festgelegt, wobei ausschließlich sonnige Standorte berücksichtigt wurden.

Für die durchgeführten Parameterstudien wurde ein Modellbaukörper definiert, der ein *typisch österreichisches Einfamilienhaus* repräsentiert. Grundsätzlich sind frei stehende Einfamilienhäuser aus ökologischer Sicht problematisch. Dennoch liegt derzeit in Österreich der Anteil der Ein- und Zweifamilienhäuser am Wohnungsneubau in über 800 m Seehöhe bei etwa 62 %, und in einigen ländlichen Alpenregionen wird das Einfamilienhaus auch langfristig nicht vollständig durch verdichtete Wohnbauformen ersetzt werden können.

Im Übrigen ist anzunehmen dass die Ergebnisse dieser Parameterstudien in gewissem Rahmen auch für andere Wohnbautypologien anwendbar sind, auf jeden Fall aber bilden sie eine gute Grundlage für weitere Untersuchungen.

3.2 Ergebnisse

Berücksichtigt man die durch die speziellen Klimabedingungen gegebenen besonderen Möglichkeiten, so ist energieeffizientes Bauen in hochgelegenen alpinen Siedlungsbereichen ebenso gut möglich wie in niederen Höhenlagen. Mit Hilfe geeigneter Strategien können hier unter bestimmten Rahmenbedingungen sogar bessere Energiekennwerte erreicht werden. Ein Passivhaus in sonniger Lage und mit großen Verglasungen in der Südfassade kann beispielsweise in 1.300 m Seehöhe einen geringeren Energieverbrauch aufweisen, als an einem niedriger gelegenen Standort.

Für die Klimabedingungen in hochgelegenen alpinen Regionen sind gewinnmaximierende Solarstrategien besonders geeignet. Durch die dort vorherrschenden hohen Strahlungsintensitäten können große Wärmegewinne erzielt

werden, gleichzeitig ist die Gefahr der sommerlichen Überhitzung aufgrund der niedrigen Außenlufttemperaturen auch während lang anhaltender sommerlicher Hitzeperioden außerordentlich gering.

Eine effektive passive Solarenergienutzung setzt im Winter unverschattete Standorte und die Möglichkeit der Südorientierung der Hauptfassade voraus. In den Strukturen vieler historischer Alpensiedlungen ist der Einfluss dieser Aspekte deutlich erkennbar. Es kann hier gar nicht genug betont werden wie wichtig es ist, dass diese Gesichtspunkte auch in der aktuellen Raumplanung berücksichtigt werden.

Eine weitere Grundvoraussetzung für die funktionierende Nutzung der passiven Solarenergie ist auch in großen Seehöhen eine gute Wärmedämmung der Gebäudehülle. Schon die niedrigen vorherrschenden Lufttemperaturen und der dadurch erhöhte Heizenergieverbrauch machen eine gute Wärmedämmung in alpinen Lagen unverzichtbar. In Kombination mit passiver Solarenergienutzung sind die erzielbaren Effekte durch eine gute Wärmedämmung jedoch noch größer als in niederen Lagen.

Bei den untersuchten Passivhauskomponenten - kontrollierte Wohnraumlüftung mit Lüftungswärmerückgewinnung und spezielle Weißglasfenster - konnten ebenfalls in großen Seehöhen stärkere positive Auswirkungen auf den Heizenergieverbrauch verzeichnet werden, als in niedrigeren Höhenlagen. Der Passivhausstandard ist also insgesamt in großen Seehöhen nicht nur möglich, das Konzept des Passivhauses scheint sogar wie geschaffen für die alpinen Klimabedingungen.

Sollte bei einem Neubau in 800 m bis 1.400 m Seehöhe die Entscheidung dennoch gegen den Passivhausstandard fallen, so kann die Energieeffizienz des Gebäudes zumindest mit Hilfe der unten angeführten Planungsempfehlungen durch relativ einfache Maßnahmen deutlich gesteigert werden.

Dabei ist natürlich zu beachten, dass es sich bei diesen Empfehlungen lediglich um Planungshilfen und Orientierungswerte handelt. Diese können die genaue Ermittlung der Energiekennzahlen und den Nachweis der Sommertauglichkeit für individuelle Gebäude an ihrem jeweiligen Standort nicht ersetzen.

3.3 Planungsempfehlungen zur Reduktion des Heizwärmebedarfs

3.3.1 Seehöhe und Standort

Standorte in größeren Seehöhen müssen nicht unbedingt einen größeren Heizenergieaufwand bedeuten. Informationen über die an einem Standort auftretenden mittleren Lufttemperaturen und Strahlungssummen im Jänner können bereits vor Planungsbeginn Hinweise auf die zu erwartende Höhe des Heizenergieverbrauchs geben.

Treten in einer Region im Jänner starke Temperaturinversionen auf, so erweisen sich dort in Bezug auf den Heizenergieverbrauch häufig Standorte in 1.200 bis 1.300 m Seehöhe als besonders günstig. In Regionen mit besonders hohen Strahlungsintensitäten können diese Höhenlagen in Bezug auf den Heizwärmebedarf ebenfalls vorteilhaft sein, sofern große südorientierte Fensterflächen die passive Nutzung der Solarenergie ermöglichen. Treten in einer Region hingegen im Jänner hohe Temperaturgradienten und geringe Strahlungsintensitäten auf, so steigt der

Heizwärmebedarf in der Regel auch bei großen Südverglasungen mit zunehmender Seehöhe.

3.3.2 Größe der südorientierten Belichtungsfläche

Der positive Effekt von großen Südverglasungen auf den Heizenergiebedarf in Seehöhen zwischen 800 m und 1.400 m ist enorm. Außerdem zeigte sich in den Untersuchungen zur Sommertauglichkeit, dass die Gefahr der sommerlichen Überwärmung in diesen Höhenlagen sehr gering ist. Kleine südorientierte Fensterflächen an sonnigen Standorten in über 800 m über Meer kommen also fast schon einer Energieverschwendung gleich.

Je besser die Wärmedämmung der Gebäudehülle ist und je größer die Seehöhe im untersuchten Seehöhenbereich, desto größer sind auch die Energieeinsparungen, die durch eine Vergrößerung der Fensterflächen in der Südfassade erreicht werden können. In Tabelle 3.3.1 sind zur Orientierung die bei den Parameterstudien erreichten Verringerungen des Heizwärmebedarfs nach Seehöhe, Wärmedämmung und Größe der südorientierten Belichtungsflächen aufgelistet.

Heizenergieeinsparung durch Vergrößerung der südorientierten Belichtungsfläche, Vergleich zur kleinsten südorientierten Belichtungsfläche (6,25 % der Nutzfläche = 8,13 m²)				
Wärmedämmung	südorientierte Belichtungsfläche	Referenzstandort 160 m über Meer	Mittelwert 900 m über Meer	Mittelwert 1300 m über Meer
nach Bauordnung	doppelt (16,25 m ²)	5 %	8 %	11 %
	dreifach (24,38 m ²)	8 %	14 %	17 %
	vierfach (32,50 m ²)	13 %	22 %	27 %
nach Niedrigenergiebauweise	doppelt (16,25 m ²)	7 %	10 %	12 %
	dreifach (24,38 m ²)	10 %	17 %	21 %
	vierfach (32,50 m ²)	17 %	27 %	32 %
nach Passivhausstandard	doppelt (16,25 m ²)	11 %	17 %	20 %
	dreifach (24,38 m ²)	18 %	28 %	34 %
	vierfach (32,50 m ²)	27 %	42 %	51 %

Tabelle 3.3.1: Verringerung des HWB_{BGF} durch Vergrößerung der südorientierten Belichtungsfläche des Modellbaukörpers in den Parameterstudien

3.3.3 Wärmedämmung

Da der Heizwärmebedarf mit zunehmender Seehöhe im Mittel ansteigt, können durch eine bessere Wärmedämmung der Gebäudehülle in großen Höhen auch größere Energieeinsparungen erreicht werden. In Kombination mit großen

südorientierten Verglasungen nimmt auch die Wirksamkeit der Wärmedämmung mit der Seehöhe etwas zu. Je größer also die Seehöhe und die südseitige Belichtungsfläche, desto größer sind die erreichten Energieeinsparungen durch Verbesserung der Wärmedämmung.

Tabelle 3.3.2 zeigt die in den durchgeführten Parameterstudien durch eine bessere Wärmedämmung der Gebäudehülle erzielten Einsparungen beim Heizwärmebedarf, im Vergleich zur mindesterforderlichen Wärmedämmung nach Bauordnung.

Heizenergieeinsparung durch Verbesserung der Wärmedämmung der Gebäudehülle, im Vergleich zu Wärmedämmung nach Bauordnung				
südorientierte Belichtungsfläche	Wärmedämmung	Referenzstandort 160 m über Meer	Mittelwert 900 m über Meer	Mittelwert 1300 m über Meer
einfach (8,13 m ²)	Niedrigenergiebauweise	39 %	39 %	39 %
	Passivhausstandard	66 %	66 %	67 %
doppelt (16,25 m ²)	Niedrigenergiebauweise	40 %	40 %	40 %
	Passivhausstandard	69 %	69 %	71 %
dreifach (24,38 m ²)	Niedrigenergiebauweise	41 %	41 %	41 %
	Passivhausstandard	70 %	72 %	74 %
vierfach (32,50 m ²)	Niedrigenergiebauweise	42 %	43 %	44 %
	Passivhausstandard	72 %	75 %	78 %

Tabelle 3.3.2: Verringerung des HWB_{BGF} durch Verbesserung der Wärmedämmung der Gebäudehülle des Modellbaukörpers in den Parameterstudien

3.3.4 Fensterqualität

Ein Verbesserung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Verglasungen geht bei gleicher Gasfüllung und unverändertem Scheibenabstand mit einer Verschlechterung des Gesamtenergiedurchlassgrades einher, was sich negativ auf die solaren Warmegewinne auswirkt. Bei energieeffizientem Bauen in alpinen Lagen spielen durch Fensterflächen erzielte Strahlungsgewinne eine wesentliche Rolle, weshalb gut wärmedämmende Verglasungen mit niedrigem g-Wert hier nicht unbedingt zu einer Verbesserung der Energieeffizienz beitragen müssen.

In Tabelle 3.3.3 ist deutlich erkennbar, dass der positive Effekt von sehr gut gedämmten Verglasungen mit zunehmender Seehöhe abnimmt. Sogar bei größter südorientierter Belichtungsfläche sind die erzielten Energieeinsparungen durch Niedrigenergiehaufenster in 1.300 m Seehöhe bei einem durchschnittlichen Neubau

relativ gering. Der Einsatz von teuren Niedrigenergiehausfenstern alleine bringt hier keine großen Energiegewinne.

Heizenergieeinsparung durch den Einsatz von Niedrigenergiehausfenstern am Modellbaukörper mit Wärmedämmung nach Bauordnung, im Vergleich zu Standardfenstern			
südorientierte Belichtungsfläche	Referenzstandort 160 m über Meer	Mittelwert 900 m über Meer	Mittelwert 1300 m über Meer
einfach (8,13 m ²)	3,6 %	2,6 %	2,1 %
vielfach (32,50 m ²)	7,6 %	5,2 %	4,1 %

Tabelle 3.3.3: In den Parameterstudien erzielte Verringerung des HWB_{BGF} durch den Einsatz von Niedrigenergiehausfenstern (besserer U-Wert, schlechterer g-Wert) am Modellbaukörper mit Wärmedämmung nach Bauordnung

Passivhausfenster werden im Handel gegen Aufpreis häufig auch mit speziellen eisenarmen Weißgläsern angeboten. Diese Weißglasfenster erreichen auch bei sehr niedrigen Wärmedurchgangskoeffizienten einen relativ hohen Gesamtenergiedurchlassgrad. Der positive Effekt von Weißglasfenstern nimmt mit der Seehöhe deutlich zu.

Heizenergieeinsparung durch den Einsatz besserer Fenster am Modellbaukörper mit größter südseitiger Belichtungsfläche, im Vergleich zu Niedrigenergiehausfenstern				
Wärmedämmung	südorientierte Belichtungsfläche	Referenzstandort 160 m über Meer	Mittelwert 900 m über Meer	Mittelwert 1300 m über Meer
nach Niedrigenergiebauweise	Passivhausfenster	16 %	17 %	19 %
	Weißglasfenster	16 %	19 %	22 %
nach Passivhausstandard	Passivhausfenster	22 %	25 %	28 %
	Weißglasfenster	21 %	27 %	33 %

Tabelle 3.3.4: In den Parameterstudien erzielte Verringerung des HWB_{BGF} durch den Einsatz besserer Fenster am Modellbaukörper mit größter südorientierter Belichtungsfläche

In den Parameterstudien wurden die Auswirkungen von durchschnittlichen Passivhausfenstern und speziellen Weißglasfenstern, im Vergleich zu Niedrigenergiehausfenstern am Modellbaukörper mit größter südseitiger Fensterfläche untersucht. Im Vergleich zu den Passivhausfenstern weisen dabei die Weißglasfenster einen etwas schlechterem U_g-Wert aber deutlich höheren Gesamtenergiedurchlassgrad auf. Tabelle 3.3.4 zeigt, dass die Weißglasfenster in niederen Höhenlagen den Passivhausfenstern nicht unbedingt vorzuziehen sind, während sie in 900 m und 1.300 m Seehöhe eine geringfügig höhere Energieeinsparung bewirken. Berücksichtigt man aber, dass der Heizwärmebedarf

von Niedrigenergie- und Passivhäusern ohnehin niedrig ist, so sind die erzielten Energieeinsparungen durch die teuren Weißglasfenster im Vergleich zu den Passivhausfenstern auch in großen Seehöhen eher gering.

3.3.5 Lüftungswärmerückgewinnung

Der positive Effekt einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit Lüftungswärmerückgewinnung auf den Heizenergieaufwand nimmt mit der Seehöhe ebenfalls geringfügig zu. In Tabelle 3.3.5 sind die in den Parameterstudien erzielten Verringerungen des Heizwärmebedarfs durch Lüftungswärmerückgewinnung mit einem Wirkungsgrad von 80 % dargestellt. In 1.300 m Seehöhe konnte der Heizwärmebedarf von Passivhäusern im Mittel sogar um 96 % reduziert werden.

<i>Heizenergieeinsparung durch kontrollierte Wohnraumlüftung mit Lüftungswärmerückgewinnung (Wirkungsgrad 80 %)</i>			
<i>Wärmedämmung</i>	<i>Referenzstandort 160 m über Meer</i>	<i>Mittelwert 900 m über Meer</i>	<i>Mittelwert 1300 m über Meer</i>
<i>nach Niedrigenergiebauweise</i>	45 %	49 %	52 %
<i>nach Passivhausstandard</i>	84 %	89 %	96 %

Tabelle 3.3.5: In den Parameterstudien erzielte Verringerung des HWB_{BGF} durch kontrollierte Wohnraumlüftung mit Lüftungswärmerückgewinnung (Wirkungsgrad 80 %) am Modellbaukörper mit größter südorientierter Belichtungsfläche

3.4 Planungsempfehlungen zur Sommertauglichkeit

3.4.1 Seehöhe

Mit der Seehöhe nimmt die Gefahr der sommerlichen Überwärmung deutlich ab. Unter geeigneten Voraussetzungen kann in über 800 m Seehöhe sogar bei einer vollständigen Verglasung der Südfassade auch während sommerlicher Hitzeperioden ein angenehmes Innenraumklima gewährleistet werden. In 1.300 m Seehöhe sind die Lufttemperaturen selbst im Hochsommer so niedrig, dass sommerliche Überhitzungen (vor allem bei guter Wärmedämmung der Gebäudehülle) kaum vorkommen.

Ein effektiver Sonnenschutz (Außenjalousien oder Fensterläden) sowie ausreichend große Lüftungsöffnungen und gezielte Lüftungsstrategien (vor allem verstärkte Nachtlüftung) sind jedoch auch hier Grundvoraussetzungen für die Vermeidung von sommerlicher Überwärmung.

3.4.2 Wärmedämmung

Das Risiko der sommerlichen Überwärmung kann durch eine gute Wärmedämmung deutlich reduziert werden. Der Effekt der Wärmedämmung ist dabei bei Gebäuden in Leichtbauweise deutlich höher als bei Massivbauten und nimmt mit der Seehöhe etwas zu. In Tabelle 3.4.1 sind die Verringerungen der maximal auftretenden

Raumlufttemperaturen bei der Sommertauglichkeitsrechnung durch eine bessere Wärmedämmung dargestellt.

Verringerung der maximal auftretenden Raumlufttemperaturen bei besserer Wärmedämmung, im Vergleich zu Wärmedämmung nach Bauordnung				
Bauweise	Wärmedämmung	Referenzstandort 160 m über Meer	Mittelwert 900 m über Meer	Mittelwert 1300 m über Meer
Leicht	nach Niedrigenergiebauweise	1,4 K	1,4 K	1,5 K
	nach Passivhausstandard	1,5 K	1,6 K	1,6 K
Massiv	nach Niedrigenergiebauweise	0,6 K	0,5 K	0,6 K
	nach Passivhausstandard	0,7 K	0,8 K	0,8 K

Tabelle 3.4.1: In den Parameterstudien erzielte Verringerung der beim Sommertauglichkeitsnachweis auftretenden maximalen Raumlufttemperaturen durch bessere Wärmedämmung, im Testraum mit größter südorientierter Belichtungsfläche

3.4.3 Bauweise

Da im Tagesverlauf der Raumlufttemperatur bei der Leichtbauweise stärkere Schwankungen auftreten, sind Leichtbauten in Bezug auf die sommerliche Überwärmung deutlich problematischer als Massivbauten. Die bei der Leichtbauweise auftretenden höheren Maximaltemperaturen können jedoch durch eine bessere Wärmedämmung ausgeglichen werden. Mit der Seehöhe nimmt die Differenz zwischen Leicht- und Massivbauweise außerdem bei guter Wärmedämmung geringfügig ab.

Differenz zwischen den maximal auftretenden Raumlufttemperaturen bei Massivbauweise und Leichtbauweise			
Wärmedämmung	Referenzstandort 160 m über Meer	Mittelwert 900 m über Meer	Mittelwert 1300 m über Meer
nach Bauordnung	1,6 K	1,6 K	1,6 K
nach Niedrigenergiebauweise	0,8 K	0,7 K	0,7 K
nach Passivhausstandard	0,9 K	0,8 K	0,8 K

Tabelle 3.4.2: Differenz zwischen den beim Sommertauglichkeitsnachweis auftretenden maximalen Raumlufttemperaturen bei Massiv- und Leichtbauweise, im Testraum mit größter südorientierter Belichtungsfläche

Literaturverzeichnis

- [Bätzing (1991)]: Bätzing, Werner; Die Alpen: Entstehung und Gefährdung einer europäischen Kulturlandschaft, Beck, München 1991
- [Bätzing (1997)]: Bätzing, Werner; Kleines Alpenlexikon, Umwelt, Wirtschaft, Kultur, Beck, München 1997
- [Bendix]: Bendix, Jörg; Geländeklimatologie, Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Berlin, Stuttgart 2004
- [Karre u.a.]: CIPRA Österreich (Hrsg.); Karre, Birgit u.a.; Energieeffizientes Bauen und Sanieren in den Alpen, Basierend auf dem climalp Hintergrundbericht "Energieeffiziente Häuser aus regionalem Holz im Alpenraum", CIPRA Österreich, Wien 2006
- [Colombo u.a.]: Colombo, Alessandro; Garbuglio, Paola; Gianazza, Giampiero; Almen - Alpen - Bergdörfer, Bäuerliches Leben und Bauen in den Alpen, Tyrolia-Verlag, Innsbruck 2003
- [Descoedres]: Descoedres, Georges; Das Haus Nideröst in Schwyz und das Problem der Versetzung von Häusern, Kulturaustausch im ländlichen Hausbau - Inneralpin, Berichte über die Tagung der Regionalgruppe Alpen in Schwyz - 2002, Michael Imhof Verlag, Petersberg 2003
- [Eiblmayer]: Eiblmayer, Judith; Drei Kirchen, drei Häuser, in: Spectrum vom 28.08.1999
- [EURAC]: EURAC, Institut für Regionalentwicklung und Standortmanagement; AGRALP-Entwicklung von Berggebieten, <http://www.eurac.edu/Org/AlpineEnvironment/RegionalDevelopment/Projects/AGRALP_de.htm> (11.08.2007)
- [Feist (1997)]: Feist, Wolfgang (Hrsg.); Das Niedrigenergiehaus, Neuer Standard für energiebewusstes Bauen, C.F. Müller Verlag, Heidelberg 1997
- [Feist u.a. (2007)]: Feist, Wolfgang; Pfluger, Rainer; Kaufmann, Berthold; Schnieders, Jürgen; Kah, Oliver; Passivhaus Projektierungs Paket 2004, Anforderungen an qualitätsgeprüfte Passivhäuser, Passivhaus Institut, Darmstadt 2007
- [Glauser u.a.]: Glauser, Peter; Siegrist, Dominik; Almen - Alpen - Bergdörfer, Bäuerliches Leben und Bauen in den Alpen, Rotpunktverlag, Zürich 1997
- [Harlfinger u.a.]: Harlfinger, Otmar; Knees, Bernd; Klimahandbuch der österreichischen Bodenschätzung, Klimatographie Teil 1, Universitätsverlag Wagner, Wien, Innsbruck 1999
- [Haubner]: Haubner, Elke; Die Etikette der Wasserkraft oder Ein Öko-Zeugnis für Wasserkraftanlagen, Hintergrundbericht, alpMedia, Schaan 2002
- [Hofmann u.a.]: Hofmann, Gerhard; Hoffmann, Michael; Bolesch, Rainer; Alpin Lehrplan, Band 6: Wetter und Orientierung, BLV Buchverlag, München 2006
- [Krec (2006)]: Krec, Klaus; Bewertung der Sommertauglichkeit von Gebäuden, Bericht, Forschungsprojekt im Auftrag der Initiative Ziegel im Fachverband der Stein- und keramischen Industrie, Schönberg am Kamp 2006
- [Lang (2006)]: Lang, Günter; 1000 Passivhäuser in Österreich, Passivhaus-Objektdatenbank, Interaktives Dokumentations-Netzwerk Passivhaus, 2.

- Dokumentationsperiode 2004 - 2005, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien 2006
- [Lauer u.a.]: Lauer, Wilhelm; Bendix, Jörg; Klimatologie, Neubearbeitung, Westermann Schulbuchverlag GmbH, Braunschweig 2004
- [Lexer]: Lexer, Wolfgang; Zerschnitten, versiegelt, verbaut? Flächenverbrauch und Zersiedelung versus nachhaltige Siedlungsentwicklung, Umweltbundesamt GmbH, 2004; Online:
<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/raumplanung/2_flaechenverbrauch/Downloads/Manuskript_Gr_nStadtGrau_Download.pdf>
(20.08.2007)
- [Klimadatenkatalog]: Republik Österreich, Bundesministerium für Bauten und Technik, Sektion II - Staatl. Hochbau Red.: Min.-Rat DI Otto Vodicka; Klimadatenkatalog, Maßgebliche Rechenwerte (Richtlinien) für den staatlichen Hochbau, Österr. Ingenieur- und Architekten-Verein, Wien 1984
- [Schneebeli]: Schneebeli, Martin (Projektleitung); Chemische Pistenpräparation - Grundlagenbericht, Zwischenbericht vom 26. Juni 2007, ergänzt 12. Juli 2007, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, 2007
- [Seiler]: Seiler, Wolfgang; Der Klimawandel im Alpenraum: Trends, Auswirkungen und Herausforderungen, Vortrag zur Schwerpunktveranstaltung in Galtür, aus: Klimawandel im Alpenraum, Auswirkungen und Herausforderungen, Lebensministerium, Wien 2006
- [Statistik Austria Wohnbau 01]: Statistik Austria (Hrsg.); Wohnbautätigkeit 2001, Bewilligungen und Fertigstellungen 2001, Wohnbaukosten 2000, Verlag Österreich, Wien 2003
- [Statistik Austria Wohnbau 00]: Statistik Austria (Hrsg.); Wohnbautätigkeit 2000, Bewilligungen und Fertigstellungen 2000, Wohnbaukosten 1999, Verlag Österreich, Wien 2001
- [Statistik Austria Wohnbau 02]: Statistik Austria (Hrsg.); Wohnbautätigkeit 2002, Bewilligungen und Fertigstellungen 2002, Wohnbaukosten 2001, Verlag Österreich, Wien 2004
- [Statistisches Jahrbuch 07]: Statistik Austria (Hrsg.); Statistisches Jahrbuch Österreichs 2007, Verlag Österreich, Wien 2006
- [Statistik Austria Ortsverzeichnisse 2001]: Statistik Austria (Hrsg.); Ortsverzeichnisse der einzelnen Bundesländer 2001, Verlag Österreich, Wien 2004 und 2005
- [Steiner]: Steiner, Dietmar; Häuser im Alpenraum, Pinguin-Verlag, Innsbruck 1982
- [Streifeneder]: Streifeneder, Thomas; Ruffini, Flavio; Hoffmann, Christian; The assessment of agricultural structures and rural development in the Alps; A municipality-scale analysis of the Alpine Convention area with specific focus on the situation in Italy, European Academy Bolzano (Eurac Research), Institute for Regional Development and Location Management, Baeza 2006
- [Treberspurg]: Treberspurg, Martin; Neues Bauen mit der Sonne, Ansätze zu einer Klimagerechten Architektur, Springer Verlag, Wien 1999
- [Weischet]: Weischet, Wolfgang; Einführung in die Allgemeine Klimatologie, Physikalische und meteorologische Grundlagen, B. C. Teubner, Stuttgart 1991

Gesetze- Normen und Richtlinienverzeichnis

- [Protokoll "Energie" der Alpenkonvention 1991]: Protokoll zur Durchführung der Alpenkonvention von 1991 im Bereich Energie, CIPRA - Internationale Alpenschutzkommission, Bled 1998
- [Bauordnung für Wien]: Wiener Stadtentwicklungs-, Stadtplanungs- und Baugesetzbuch, B020/000, Stand: Juni 2007
- [Bauverordnung Burgenland]: Verordnung der Burgenländischen Landesregierung vom 2. Feber 1998, mit der Vorschriften über die Zulässigkeit von Bauvorhaben erlassen werden, 8200 Bauverordnung, Stand: Juni 2007
- [Bautechnikverordnung Niederösterreich]: Niederösterreichische Bautechnikverordnung 1997, 8200/07, Stand: Juni 2007
- [Oberösterreichische Bautechnikverordnung]: Verordnung der o.ö. Landesregierung vom 28. November 1994, mit der Durchführungsvorschriften zum O.ö. Bautechnikgesetz sowie betreffend den Bauplan erlassen werden, 93 Bauwesen, Stand: Juni 2007
- [Wärmedämmverordnung Steiermark]: Verordnung der Steiermärkischen Landesregierung vom 2. Dezember 1996, mit der wärmeschutztechnische Mindestanforderungen an bestimmte Bauwerke und Bauteile festgesetzt werden, 8200/03/02, Stand: Juni 2007
- [Wärmeschutzverordnung Salzburg]: Verordnung der Salzburger Landesregierung vom 22. August 2002 über den Mindestwärmeschutz von Bauten, 3 Raumordnung und Bauwesen, Stand: Juni 2007
- [Technische Bauvorschriften Tirol]: Verordnung der Landesregierung vom 29. September 1998 über die bautechnischen Erfordernisse für bauliche Anlagen, 8200 Bauordnung, Stand: Juni 2007
- [Bautechnikverordnung Vorarlberg]: Verordnung der Landesregierung über die technischen Erfordernisse von Bauwerken, 9100/1 Baurecht, Stand: Juni 2007
- [Kärntner Bauvorschriften]: Gesetz vom 19. Juni 1985, mit dem Bauvorschriften für das Land Kärnten erlassen werden, 95 Bauwesen, Stand: Juni 2007
- [ÖNORM B 8110 - Teil 3]: Wärmeschutz im Hochbau, Teil 3: Wärmespeicherung und Sonneneinflüsse, ÖNORM B 8110-3: 1999-12, Österreichisches Normungsinstitut, 1. Dezember 1999
- [ÖNORM EN 12831]: Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast, Österreichisches Normungsinstitut, 01. Dezember 2003
- [ÖNORM B 1800]: Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken, Österreichisches Normungsinstitut, 01. Jänner 2002
- [ÖNORM B 8110 - Teil 1, Beiblatt 1]: Wärmeschutz im Hochbau, Teil 1: Anforderungen an den Wärmeschutz und Nachweisverfahren - Rechenbeispiele, ÖNORM B 8110-1 Beiblatt 1: 2003-04, Österreichisches Normungsinstitut, 1. April 2003
- [ÖNORM B 8110 - Teil 1]: Wärmeschutz im Hochbau, Teil 1: Anforderungen an den Wärmeschutz und Deklaration des Wärmeschutzes von Gebäuden/Gebäudeteilen, ÖNORM B 8110-1: 2004-12, Österreichisches Normungsinstitut, 1. Dezember 2004

Gesetze- Normen und Richtlinienverzeichnis

- [ÖNORM B 8110 - Teil 6]: Wärmeschutz im Hochbau, Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren, ÖNORM B 8110-6: 2004-12, Österreichisches Normungsinstitut, 1. Dezember 2004
- [Leitfaden Energietechnisches Verhalten von Gebäuden]: Leitfaden Energietechnisches Verhalten von Gebäuden, Version 2.5, 17. Oktober 2006, Österreichisches Institut für Bautechnik, 17. Oktober 2006
- [OIB-Richtlinie 6]: OIB-Richtlinie 6, Energieeinsparung und Wärmeschutz, Entwurf: 9. Oktober 2006, OIB-300.6-071/06, Österreichisches Institut für Bautechnik, 9. Oktober 2006
- [OIB-Richtlinie 3]: OIB-Richtlinie 3, Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz, Entwurf: 9. Oktober 2006, OIB-300.3-016/06, Österreichisches Institut für Bautechnik, 9. Oktober 2006

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1.1: Digitales Relief der Alpen; Frankreich, Italien, die Schweiz, Deutschland, Liechtenstein, Österreich und Slowenien.	4
Abbildung 1.1.2: Sonnenkraftwerk Loser in Oberösterreich, das derzeit größte Sonnenkraftwerk in den Alpen	9
Abbildung 1.2.1: Einfamilienhaus Eberle in Übersaxen, Vorarlberg, ca. 900 m Seehöhe, Nahe Passivhaus in Holzbauweise, (Quelle: IG Passivhaus Österreich).....	17
Abbildung 1.3.1: Thermische Schichtung mit und ohne Nebel (Rheintal bei Bonn)...	23
Abbildung 2.1.1: Gemeinden in den Höhenklassen 7, 8 und 9 mit vorhandener Bautätigkeit am Ein- und Zweifamilienhaussektor.....	29
Abbildung 2.1.2: Abhängigkeit der mittleren Lufttemperatur im Jänner von der Seehöhe, alle Planfelder. Bei etwa 1.100 m Seehöhe ist im österreichischen Mittel im Jänner eine leichte Temperaturumkehr erkennbar.	31
Abbildung 2.1.3: Abhängigkeit der mittleren Lufttemperatur im Jänner von der Seehöhe, Planfelder mit einer deutlichen Temperaturinversion	32
Abbildung 2.1.4: Abhängigkeit der mittleren Lufttemperatur im Jänner von der Seehöhe, Planfelder ohne erkennbare Temperaturinversion.....	33
Abbildung 2.1.5: Stärke der in den einzelnen Planfeldern auftretenden Inversion der mittleren Lufttemperatur im Jänner.....	34
Abbildung 2.1.6: Ausgewählte Planfelder mit Standorten für die Parameterstudien und Vergleichsstandort Wien Donaustadt in Planfeld 647.....	35
Abbildung 2.1.7: Höhenverlauf der mittleren Lufttemperatur im Jänner für alle ausgewählten Planfelder im Alpenraum.....	36
Abbildung 2.1.8: Höhenverlauf der mittleren Tagessumme der im Jänner auf einer vertikalen südorientierten Fläche auftretenden Globalstrahlung, alle ausgewählten Planfelder.....	37
Abbildung 2.1.9: Modellbaukörper der Grundvariante V1, Außenbauteile.....	39
Abbildung 2.1.10: Schematische Plandarstellung des Modelleinfamilienhauses in der Grundvariante V1, Verteilung der Glasflächen in der Fassade 50 % südorientiert, je 20 % ost- und westorientiert und 10 % nordorientiert.....	40
Abbildung 2.2.1: Schemadarstellung, Vergrößerung der südorientierten Belichtungsflächen.....	47
Abbildung 2.2.2: Darstellung des Heizwärmebedarf in Abhängigkeit zur Seehöhe für die Baukörpervariante V1 und V4 an ausgewählten Standorten.....	54
Abbildung 2.2.3: Darstellung des Heizwärmebedarf in Abhängigkeit zur Seehöhe für die Baukörpervariante V1 und V4 an ausgewählten Standorten, übereinandergelegt.....	55
Abbildung 2.2.4: Prozentuelle Darstellung des Heizenergieverbrauchs, Wärmedämmung Niedrigenergiebauweise (N) und Passivhausstandard (P) im Vergleich zu Wärmedämmung nach Bauordnung (V).....	56
Abbildung 2.2.5: Absolute Energieeinsparung durch Wärmedämmung nach Niedrigenergiebauweise (N) und Passivhausstandard (P) im Vergleich zu Wärmedämmung nach Bauordnung (V) bei kleinster südseitiger	

Belichtungsfläche (1) und nach Seehöhe.....	57
Abbildung 2.2.6: Verringerung des jährlichen Heizwärme-bedarfs bei vierfacher südorientierter Belichtungsfläche, Baukörpervariante Wärmedämmung nach Bauordnung	58
Abbildung 2.2.7: Einfluss der Größe der südorientierten Belichtungsfläche auf den jährlichen Heizwärmebedarf, für die Varianten Wärmedämmung nach Bauordnung (V).....	59
Abbildung 2.2.8: Prozentuelle Verringerung des Heizwärmebedarfs durch Vergrößerung der südorientierten Belichtungsfläche bei Wärmedämmung nach Bauordnung (V).....	60
Abbildung 2.2.9: Jährlicher Heizwärmebedarf in Abhängigkeit zur Größe der südorientierten Belichtungsfläche, Wärmedämmung und Seehöhe.....	61
Abbildung 2.2.10: Prozentuelle Energieeinsparung durch Niedrigenergiehausfenster (5,6) im Vergleich zu Standardfenstern (1,4) für Baukörpervariante Wärmedämmung nach Bauordnung (V) mit kleinster (1,5) und größter (4,6) südorientierter Belichtungsfläche.....	62
Abbildung 2.2.11: Verringerung des Heizwärmebedarfs durch bessere Fenster bei der Baukörpervariante Wärmedämmung nach Niedrigenergiebauweise (N) mit größter südseitiger Belichtungsfläche (4).....	63
Abbildung 2.2.12: Verringerung des Heizwärmebedarfs durch bessere Fenster bei der Baukörpervariante Wärmedämmung nach Passivhausstandard (P) mit größter südseitiger Belichtungsfläche (4).....	64
Abbildung 2.2.13: Absolute Energieeinsparung beim Heizwärmebedarf durch kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung für die Baukörpervarianten Wärmedämmung nach Niedrigenergiebauweise (N) und Passivhausstandard (P).....	65
Abbildung 2.2.14: Prozentuelle Verringerung des Heizwärmebedarfs durch kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung für die Baukörpervarianten Wärmedämmung nach Niedrigenergiebauweise (N) und Passivhausstandard (P).....	66
Abbildung 2.3.1: Grundriss-Skizze, kritischer Raum zur sommerlichen Überwärmung	68
Abbildung 2.3.2: Verringerung der maximal auftretenden Raumlufthtemperatur bei den Varianten Wärmedämmung nach Passivhausstandard im Vergleich zur Wärmedämmung nach Bauordnung.....	73
Abbildung 2.3.3: Anteil der sommertauglichen Simulationsvarianten je Kategorie....	75

Anhang A - Grundlagen zu den Alpen

Statistische Daten zu Bevölkerung und Wohnbautätigkeit

Tabelle A.1: Wohnbautätigkeit in den einzelnen österreichischen Bundesländern, Höhenklassen 7, 8 und 9, gereiht nach der Anzahl der jährlich fertiggestellten Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern, (Quelle: Statistik Austria Ortsverzeichnisse 2001, Statistik Austria Wohnbau 00, Statistik Austria Wohnbau 01, Statistik Austria Wohnbau 02)

	Anzahl der Gemeinden	jährlich fertig gestellte Wohnungen in Neubauten, Mittelwert 2000-2002			
		pro 1000 Einwohner	in Neubauten gesamt	in Ein- und Zweifamilienhäusern	in Ein und Zweifamilienhäusern in %
Österreich gesamt		5,91	39.106	18.483	47,3 %
<i>Niederösterreich</i>		6,17	8.064	4.979	61,7 %
<i>Oberösterreich</i>		4,74	5.317	3.231	60,8 %
<i>Steiermark</i>		6,12	5.569	2.953	53,0 %
<i>Tirol</i>		8,24	4.467	1.880	42,1 %
<i>Vorarlberg</i>		6,68	2.058	987	48,0 %
<i>Kärnten</i>		6,05	2.884	1.323	45,9 %
<i>Salzburg</i>		5,65	2.504	1.109	44,3 %
<i>Wien</i>		5,09	6.721	912	13,6 %
<i>Burgenland</i>		7,86	1.522	1.110	72,9 %
Höhenklassen > 6:	388	6,94	2.682	1.663	62,0 %
Höhenklasse 7:	232	6,76	1.725	1.121	65,0 %
Höhenklasse 8:	104	6,2	584	389	66,6 %
Höhenklasse 9:	52	10,13	373	153	41,0 %
<i>Tir Höhenklasse 7:</i>	82	8,73	976	596	61,1 %
<i>Sbg Höhenklasse 7:</i>	27	5,71	277	178	64,3 %
<i>Stm Höhenklasse 7:</i>	65	5,43	257	181	70,3 %
<i>Vbg Höhenklasse 7:</i>	18	6,28	78	54	69,2 %
<i>Ktn Höhenklasse 7:</i>	15	4	75	62	82,2 %
<i>Oö Höhenklasse 7:</i>	9	3,83	35	24	68,9 %
<i>Nö Höhenklasse 7:</i>	16	3,45	27	26	93,9 %
<i>Tir Höhenklasse 8:</i>	46	7,01	274	181	66,0 %
<i>Sbg Höhenklasse 8:</i>	18	6,02	144	92	63,9 %
<i>Ktn Höhenklasse 8:</i>	10	5,71	66	38	57,3 %
<i>Stm Höhenklasse 8:</i>	23	5,16	57	48	85,3 %
<i>Vbg Höhenklasse 8:</i>	7	5,08	44	30	68,7 %
<i>Tir Höhenklasse 9:</i>	38	10,38	298	117	39,4 %
<i>Vbg Höhenklasse 9:</i>	5	18,81	40	9	22,7 %
<i>Stm Höhenklasse 9:</i>	4	9,8	15	13	87,0 %
<i>Sbg Höhenklasse 9:</i>	3	6,46	12	6	51,4 %

Anhang A - Grundlagen zu den Alpen

	jährlich fertig gestellte Wohnungen in Neubauten, Mittelwert 2000-2002				
	Anzahl der Gemeinden	pro 1000 Einwohner	in Neubauten gesamt	in Ein- und Zwei- familienhäusern	in Ein und Zwei- familienhäusern in %
Ktn Höhenklasse 9:	2	3,32	9	7	84,6 %
Tir Höhenklassen >6:	166	26,12	1.547	894	57,8 %
Sbg Höhenklassen >6:	48	18,19	432	276	63,8 %
Stm Höhenklassen >6:	92	20,4	329	242	73,7 %
Vbg Höhenklassen >6:	30	30,17	161	93	57,6 %
Ktn Höhenklassen >6:	27	13,03	150	107	71,3 %
Oö Höhenklassen >6:	9	3,83	35	24	68,9 %
Nö Höhenklassen >6:	16	3,45	27	26	93,9 %

Tabelle A.2: Österreichische Gemeinden in den Höhenklassen 7, 8 und 9 mit vergleichsweise starker Bautätigkeit zwischen 2000 und 2002, Reihung nach jährlich fertiggestellten Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern, (Quelle: Statistik Austria Ortsverzeichnisse 2001, Statistik Austria Wohnbau 00, Statistik Austria Wohnbau 01 und Statistik Austria Wohnbau 02)

					jährl. fertiggestellte Wohnungen, Mittelwert 2000-2002	
Gemeinde		Hauptort	Seehöhe Hauptort	Ein- wohner	pro 1000 Einwohner	in Ein- und Zwei- familienhäusern
Höhenklasse 7						
Wildschönau	Tir	Oberau	938 m	4.012	12,7	28
Mieming	Tir	Obermieming	864 m	2.881	14,3	26
Fulpmes	Tir	Fulpmes	937 m	3.895	12,9	23
Axams	Tir	Axams	874 m	5.294	9,4	22
Imst	Tir	Imst	827 m	8.689	9,1	21
Alpbach	Tir	Alpbach	974 m	2.489	10,8	17
Altenmarkt im Pongau	Sbg	Altenmarkt im Pongau	842 m	3.486	8,8	16
Goldegg	Sbg	Hofmark	822 m	2.216	12,0	16
Arzl im Pitztal	Tir	Arzl im Pitztal	880 m	2.783	9,1	16
Ranggen	Tir	Ranggen	826 m	839	33,4	15
Neustift im Stubaital	Tir	Neustift im Stubaital	993 m	4.328	12,5	15
Sankt Georgen ob Murau	Stm	Sankt Georgen ob Murau	864 m	1.416	18,4	14
Brixen im Thale	Tir	Brixen im Thale	794 m	2.574	13,2	14
Eben am Achensee	Tir	Maurach	970 m	2.653	11,1	14
Pfunds	Tir	Pfunds	970 m	2.488	10,0	13
Weerberg	Tir	Weerberg	882 m	2.200	8,6	13

					jährl. fertiggestellte Wohnungen, Mittelwert 2000-2002	
Gemeinde		Hauptort	Seehöhe Hauptort	Ein- wohner	pro 1000 Einwohner	in Ein- und Zwei- familienhäusern
Bramberg am Wildkogel	Sbg	Bramberg am Wildkogel		3.895	5,0	12
Großarl	Sbg	Großarl	924 m	3.634	5,2	12
Oberperfuss	Tir	Oberperfuss	812 m	2.712	8,2	12
Obdach	Stm	Obdach	877 m	2.193	11,2	12
St. Ulrich am Pillersee	Tir	St. Ulrich am Pillersee	847 m	1.441	12,3	11
Tulfes	Tir	Tulfes	923 m	1.302	16,4	11
Bad Mitterndorf	Stm	Bad Mitterndorf	809 m	3.218	6,6	11
Matrei in Osttirol	Tir	Matrei in Osttirol	975 m	4.903	7,8	11
Kirchberg in Tirol	Tir	Kirchberg in Tirol	837 m	4.958	11,6	11
Reutte	Tir	Reutte	853 m	5.719	7,3	10
St. Peter am Kammersberg	Stm	St. Peter am Kammersberg	860 m	2.179	7,6	10
Götzens	Tir	Götzens	868 m	3.529	7,7	10
Maria Alm am Steinernen Meer	Sbg	Alm	802 m	2.143	9,8	10
Flachau	Sbg	Flachau		2.625	13,5	10
Mariahof	Stm	Mariahof	963 m	1.327	7,5	10
Sankt Koloman	Sbg	Taugl	800 m	1.497	9,4	10
Sankt Martin am Tennegebirge	Sbg	Sankt Martin am Tennegebirge	949 m	1.406	10,9	10
Landeck	Tir	Landeck	817 m	7.336	6,0	10
Sautens	Tir	Sautens	812 m	1.280	8,1	9
Schoppernau	Vbg	Schoppernau	852 m	905	16,2	9
Tarrenz	Tir	Tarrenz	836 m	2.537	5,5	9
Vils	Tir	Vils	826 m	1.567	5,5	9
Telfes im Stubai	Tir	Telfes im Stubai	987 m	1.369	8,0	9
Ehrwald	Tir	Ehrwald	994 m	2.554	14,9	8
Mieders	Tir	Mieders	953 m	1.592	8,0	8
Jochberg	Tir	Jochberg	923 m	1.540	6,7	8
Gallzein	Tir	Gallzein		504	22,5	8
Malta	Ktn	Malta	843 m	2.185	4,3	8
Wenns	Tir	Wenns	982 m	2.020	4,0	8
Achenkirchen	Tir	Achenkirchen	916 m	2.065	8,6	8
Eben im Pongau	Sbg	Eben im Pongau	862 m	2.005	6,3	8
Leogang	Sbg	Leogang	788 m	3.035	4,9	8
Sankt Gallenkirch	Vbg	Sankt Gallenkirch	878 m	2.268	5,7	8
Hellmonsödt	Ooe	Hellmonsödt	825 m	2.082	8,0	7

Anhang A - Grundlagen zu den Alpen

					<i>jährl. fertiggestellte Wohnungen, Mittelwert 2000-2002</i>	
Gemeinde		Hauptort	Seehöhe Hauptort	Ein- wohner	pro 1000 Einwohner	in Ein- und Zwei- familienhäusern
Oetz	Tir	Oetz	812 m	2.203	4,4	7
Predlitz-Turach	Stm	Predlitz	971 m	899	15,9	7
Altmelon	Noe	Altmelon	880 m	922	12,7	7
Au	Vbg	Au	800 m	1.643	7,9	7
Gaimberg	Tir	Obergaimberg	1296 m	767	21,7	7
Bad Hofgastein	Sbg	Bad Hofgastein	859 m	6.727	1,9	7
Radstadt	Sbg	Radstadt	858 m	4.710	3,1	7
Nassereith	Tir	Nassereith	838 m	2.081	3,8	7
Rangersdorf	Ktn	Rangersdorf	866 m	1.805	5,2	7
St. Jakob in Haus	Tir	St. Jakob in Haus	855 m	635	13,6	7
Albeck	Ktn	Sirnitz	837 m	1.118	6,3	7
Sistran	Tir	Sistran	919 m	1.752	5,9	7
Rinn	Tir	Rinn	918 m	1.430	6,8	7
Brandenberg	Tir	Brandenberg	919 m	1.523	7,4	7
Gnadenwald	Tir	Gnadenwald		605	20,4	7
Neunkirchen am Großvenediger	Sbg	Neunkirchen am Großvenediger	858 m	2.616	6,6	6
Wagrain	Sbg	Wagrain Markt	838 m	3.127	8,4	6
Sulzberg	Vbg	Sulzberg	1013 m	1.722	9,1	6
Seckau	Stm	Seckau	843 m	1.300	4,9	6
Grinzens	Tir	Grinzens	970 m	1.280	7,3	6
Annaberg-Lungötz	Sbg	Annaberg im Lammertal	778 m	2.296	5,7	6
Ramingstein	Sbg	Ramingstein	974 m	1.388	4,1	5
Obsteig	Tir	Obsteig	991 m	965	7,3	5
Reichenfels	Ktn	Reichenfels	809 m	2.083	2,7	5
Rauris	Sbg	Rauris	949 m	3.107	3,4	5
Stall	Ktn	Stall	870 m	1.868	4,6	5
Prutz	Tir	Prutz	864 m	1.670	4,4	5
Donnersbachwald	Stm	Donnersbachwald	960 m	365	16,4	5
Hainzenberg	Tir	Hainzenberg	910 m	679	9,3	5
Thurn	Tir	Thurn	855 m	634	11,0	5
Arbesbach	Noe	Arbesbach	849 m	1.785	4,1	5
Pichl-Kainisch	Stm	Pichl	803 m	780	16,2	5
Höfen	Tir	Höfen	868 m	1.252	8,8	5
Aurach bei Kitzbühel	Tir	Aurach bei Kitzbühel		1.203	8,0	5
Kirchschlag bei Linz	Ooe	Kirchschlag bei Linz	896 m	1.903	4,2	5

					jährl. fertiggestellte Wohnungen, Mittelwert 2000-2002	
Gemeinde		Hauptort	Seehöhe Hauptort	Ein- wohner	pro 1000 Einwohner	in Ein- und Zwei- familienhäusern
Metnitz	Ktn	Metnitz	851 m	2.450	2,4	5
Karres	Tir	Karres	830 m	575	9,9	5
Lermoos	Tir	Leermoos	994 m	1.061	12,3	5
Weißbach am Lech	Tir	Weißbach am Lech	887 m	1.344	3,7	4
Scharnitz	Tir	Scharnitz	964 m	1.291	3,4	4
Eppenstein	Stm	Eppenstein	720 m	1.371	6,6	4
Stanzach	Tir	Stanzach	939 m	423	10,2	4
Strallegg	Stm	Strallegg	849 m	2.026	2,1	4
Traunstein	Noe	Traunstein	923 m	1.089	4,9	4
Kolsassberg	Tir	Kolsassberg	906 m	721	9,7	4
Sankt Kathrein am Offenegg	Stm	Sankt Kathrein am Offenegg I.		1.211	5,2	4
Steuerberg	Ktn	Steuerberg	782 m	1.693	3,0	4
Miesenbach bei Birkfeld	Stm	Dorfviertel	850 m	756	8,4	4
Breitenwang	Tir	Breitenwang	850 m	1.578	3,2	4
St. Leonhard bei Freistadt	Ooe	St. Leonhard bei Freistadt	810 m	1.476	5,0	4
Donnersbach	Stm	Donnersbach	713 m	1.131	5,0	4
Weißensee	Ktn	Techendorf	945 m	788	11,4	4
Pflach	Tir	Pflach	840 m	1.132	5,9	4
Mühlbach am Hochkönig	Sbg	Mühlbach am Hochkönig	860 m	1.629	2,5	4
Ranten	Stm	Ranten	951 m	1.095	8,2	4
Hochfilzen	Tir	Hochfilzen	959 m	1.109	5,7	4
Tauplitz	Stm	Tauplitz	896 m	1.002	6,3	4
Werfenweng	Sbg	Weng		766	8,3	4
Assling	Tir	Unterassling	1126 m	2.084	3,7	4
Hollersbach im Pinzgau	Sbg	Hollersbach im Pinzgau		1.159	4,3	4
Arriach	Ktn	Arriach	876 m	1.554	3,4	4
Vornholz	Stm	Vornholz	800 m	755	6,6	4
Dalaas	Vbg	Dalaas	835 m	1.549	2,6	4
Wildermieming	Tir	Wildermieming	872 m	772	10,8	3
Trebesing	Ktn	Trebesing	735 m	1.263	2,9	3
Stadl an der Mur	Stm	Stadl an der Mur	914 m	1.132	3,2	3
Imsterberg	Tir	Imsterberg	879 m	735	6,8	3
Tösens	Tir	Tösens	930 m	695	6,2	3
Fischbach	Stm	Fischbach	1000 m	1.613	3,1	3

Anhang A - Grundlagen zu den Alpen

					<i>jährl. fertiggestellte Wohnungen, Mittelwert 2000-2002</i>	
Gemeinde		Hauptort	Seehöhe Hauptort	Ein- wohner	pro 1000 Einwohner	in Ein- und Zwei- familienhäusern
Rußbach am Paß Gschütt	Sbg	Rußbachsaag		803	6,6	3
Ried im Oberinntal	Tir	Ried im Oberinntal	876 m	1.212	11,3	3
Sellrain	Tir	Sellrain	970 m	1.362	2,7	3
Dorfgastein	Sbg	Dorfgastein	830 m	1.649	2,6	3
Übersaxen	Vbg	Übersaxen	899 m	567	5,3	3
Lechaschau	Tir	Lechaschau	846 m	1.937	9,3	3
Schlaiten	Tir	Schlaiten	876 m	498	6,0	3
Sandl	Ooe	Sandl	927 m	1.531	3,0	3
Gaal	Stm	Gaal	900 m	1.502	5,1	3
Wängle	Tir	Wängle	882 m	916	8,7	3
Mörtschach	Ktn	Mörtschach	934 m	942	8,5	3
Rohrmoos-Untertal	Stm	Rohrmoos	900 m	1.404	5,7	3
Mutters	Tir	Mutters	830 m	1.933	1,9	3
Winklern bei Oberwölz	Stm	Winklern bei Oberwölz	879 m	949	3,9	3
Pians	Tir	Pians	856 m	819	6,1	3
Thüringerberg	Vbg	Thüringerberg		667	8,0	3
Bad Bleiberg	Ktn	Bad Bleiberg	902 m	2.753	1,2	3
Sankt Marein bei Neumarkt	Stm	Sankt Marein bei Neumarkt	830 m	1.046	2,9	3
Winklern	Ktn	Winklern	966 m	1.134	6,2	3
Höhenklasse 8						
Längenfeld	Tir	Oberlängenfeld	1180 m	4.063	11,3	24
Umhausen	Tir	Umhausen	1031 m	2.830	12,0	19
Tamsweg	Sbg	Tamsweg	1022 m	5.936	6,7	17
Sankt Michael im Lungau	Sbg	Sankt Michael im Lungau	1075 m	3.590	6,1	13
Bartholomäberg	Vbg	Bartholomäberg	1087 m	2.233	7,0	11
Bad Gastein	Sbg	Bad Gastein	1000 m	5.838	5,1	11
Leutasch	Tir	Leutasch	1136 m	1.985	9,9	11
Mariapfarr	Sbg	Mariapfarr	1120 m	2.213	5,3	10
Reichenau	Ktn	Ebene Reichenau	1062 m	2.029	15,4	10
Fließ	Tir	Fließ	1073 m	2.924	4,7	10
Ramsau am Dachstein	Stm	Ramsau am Dachstein		2.701	6,2	8
Steinach am Brenner	Tir	Steinach am Brenner	1049 m	3.287	8,0	8
Mittelberg	Vbg	Riezlern	1086 m	4.717	4,4	8
Virgen	Tir	Virgen	1194 m	2.128	7,5	7

					jährl. fertiggestellte Wohnungen, Mittelwert 2000-2002	
Gemeinde		Hauptort	Seehöhe Hauptort	Ein- wohner	pro 1000 Einwohner	in Ein- und Zwei- familienhäusern
Saalbach-Hinterglemm	Sbg	Saalbach	1002 m	3.020	7,3	6
Ladis	Tir	Ladis	1189 m	533	16,9	6
Seefeld in Tirol	Tir	Seefeld in Tirol	1180 m	3.098	5,3	6
Schönberg im Stubaital	Tir	Schönberg im Stubaital	1013 m	1.000	8,0	6
Pfons	Tir	Pfons	1043 m	1.242	7,8	5
Schönberg-Lachtal	Stm	Schönberg bei Niederwölz		460	15,2	5
Tannheim	Tir	Tannheim	1097 m	1.061	7,5	5
Filzmoos	Sbg	Filzmoos	1056 m	1.352	16,3	5
Strengen	Tir	Strengen	1012 m	1.253	5,3	5
Diex	Ktn	Diex	1153 m	863	18,2	5
Hüttenberg	Ktn	Hüttenberg	786 m	1.804	4,2	5
Großkirchheim	Ktn	Döllach	1013 m	1.606	4,6	4
Krems in Ktn	Ktn	Eisentratten	807 m	2.157	3,4	4
Jerzens	Tir	Jerzens	1107 m	907	7,7	4
Mühlbachl	Tir	Mühlbachl	995 m	1.375	5,1	4
Mauterdorf	Sbg	Mauerdorf	1123 m	1.850	3,2	4
Wattenberg	Tir	Wattenberg	1050 m	715	8,4	4
Gaschurn	Vbg	Gaschurn	979 m	1.651	4,6	4
Sankt Margarethen im Lungau	Sbg	Sankt Margarethen im Lungau	1066 m	771	5,2	4
Krimml	Sbg	Oberkrimml		886	4,9	4
Heinfels	Tir	Panzendorf	1078 m	997	5,0	4
Krakuschatten	Stm	Krakuschatten		308	13,0	3
Dienten am Hochkönig	Sbg	Dorf	1077 m	800	6,3	3
Absfalterbach	Tir	Abfalterbach	983 m	616	8,7	3
Flirsch	Tir	Flirsch	1154 m	941	5,7	3
Häselgehr	Tir	Häselgehr	1006 m	716	5,1	3
Sankt Lambrecht	Stm	Sankt Lambrecht	1028 m	1.688	2,6	3
Kleinarl	Sbg	Kleinarl	1007 m	743	6,3	3
Grins	Tir	Grins	1006 m	1.295	2,8	3
Iselsberg-Stronach	Tir	Iselsberg	1117 m	570	17,0	3
Sankt Nikolai im Sölketal	Stm	Sankt Nikolai im Sölketal	1127 m	517	11,0	3
Raggal	Vbg	Raggal	1015 m	863	4,2	3
Gries am Brenner	Tir	Gries am Brenner		1.260	6,6	3
Pack	Stm	Pack	1116 m	503	7,3	3

Anhang A - Grundlagen zu den Alpen

					<i>jährl. fertiggestellte Wohnungen, Mittelwert 2000-2002</i>	
Gemeinde		Hauptort	Seehöhe Hauptort	Ein- wohner	pro 1000 Einwohner	in Ein- und Zwei- familienhäusern
Sillian	Tir	Sillian	1103 m	2.082	4,2	3
Höhenklasse 9						
Kappl	Tir	Kappl	1256 m	2.586	10,6	13
Hohentauern	Stm	Hohentauern	1274 m	535	22,4	8
Navis	Tir	Unterweg		1.907	11,7	8
Serfaus	Tir	Serfaus	1429 m	1.091	24,1	8
Nauders	Tir	Nauders	1394 m	1.536	11,9	7
Rennweg am Katschberg	Ktn	Rennweg	1158 m	2.025	4,9	7
St. Leonhard im Pitztal	Tir	St. Leonhard im Pitztal	1366 m	1.472	9,7	7
Ischgl	Tir	Ischgl	1376 m	1.489	28,7	6
Kals am Großglockner	Tir	Ködnitz	1324 m	1.338	6,7	6
Pettneu am Arlberg	Tir	Pettneu am Arlberg	1222 m	1.454	7,8	6
Lech	Vbg	Lech	1444 m	1.466	22,1	6
Sölden	Tir	Sölden	1368 m	3.066	15,9	5
Prägraten am Großvenediger	Tir	St. Andrä		1.274	6,5	5
Obernberg am Brenner	Tir	Obernberg am Brenner		364	18,3	4
Innervillgraten	Tir	Innervillgraten	1381 m	984	6,8	4
Zederhaus	Sbg	Zederhaus	1205 m	1.250	4,0	4
Trins	Tir	Trins	1235 m	1.191	5,6	3
Fiss	Tir	Fiss	1438 m	859	41,9	3
St. Anton am Arlberg	Tir	St. Anton am Arlberg	1284 m	2.523	10,6	3
St. Veit am Deferegggen	Tir	Gsaritzen		791	5,9	3
Vals	Tir	Vals		504	6,6	3
Sankt Wolfgang- Kienberg	Stm	Mönchegg	1269 m	409	9,8	3
Kartitsch	Tir	Kartitsch		897	8,2	3
Galtür	Tir	Galtür	1584 m	774	6,9	3
Gerlos	Tir	Gerlos	1245 m	820	10,2	2
Anras	Tir	Anras	1262 m	1.337	2,5	2
Untertauern	Sbg	Untertauern	1010 m	453	17,7	2
Schmirn	Tir	Außerschmirn	1200 m	893	2,6	2
Kaunerberg	Tir	Kaunerberg	1297 m	344	5,8	2
Krakauhintermühle n	Stm	Krakauhintermühlen		597	6,7	2

					jährl. fertiggestellte Wohnungen, Mittelwert 2000-2002	
Gemeinde		Hauptort	Seehöhe Hauptort	Ein- wohner	pro 1000 Einwohner	in Ein- und Zwei- familienhäusern
Damüls	Vbg	Damüls	1425 m	326	14,3	2
Obertilliach	Tir	Obertilliach		796	4,2	1
Berwang	Tir	Berwang	1342 m	638	6,8	1
Tux	Tir	Tux		1.925	5,4	1
St. Jakob am Deferegggen	Tir	Unterrottee		1.009	4,6	1
Untertilliach	Tir	Untertilliach	1235 m	279	6,0	1
Pfafflar	Tir	Bschlabs	1314 m	140	4,8	1
Dünserberg	Vbg	Dünserberg	1270 m	147	6,8	1
Spiss	Tir	Spiss	1628 m	143	18,6	1
Heiligenblut	Ktn	Hof	1291 m	1.185	0,6	1
Kaunertal	Tir	Kaunertal		593	8,4	1
Stolzalpe	Stm	Stolzalpe		568	1,2	1
Schröcken	Vbg	Schröcken	1269 m	233	4,3	1
Fendels	Tir	Fendels	1352 m	258	7,8	1

Anhang B - Daten zur Parameterstudie Winterfall

Ergebnisdokumentation

Tabelle B.1: Ergebnisse der einzelnen durchgeführten Simulationsrechnungen, Länge der Heizsaison und jeweils ermittelter Heizwärmebedarf

Planfeld	Variante	Seehöhe	Gemeinde	Geografische Lage		Heizsaison			jährlicher Heizwärmebedarf	
				Breite	Länge	von	bis	Tage	gesamt	bezogen auf BGF
Planfeld 8	V1	877 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	26.08.	24.06.	304 d	15.109 kWh	96,12 kWh/m ²
	V1	800 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	31.08.	18.06.	293 d	14.518 kWh	92,36 kWh/m ²
	V1	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	25.08.	26.06.	307 d	15.232 kWh	96,90 kWh/m ²
	V1	900 m	Übersaxen	47° 15'	9° 40'	23.08.	25.06.	308 d	15.333 kWh	97,54 kWh/m ²
	V1	1000 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	21.08.	02.07.	317 d	15.374 kWh	97,80 kWh/m ²
	V1	1100 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	19.08.	08.07.	325 d	14.980 kWh	95,30 kWh/m ²
	V1	1200 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	19.08.	14.07.	331 d	14.600 kWh	92,88 kWh/m ²
	V1	1300 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	01.01.	31.12.	365 d	14.882 kWh	94,68 kWh/m ²
	V1	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	01.01.	31.12.	365 d	15.627 kWh	99,42 kWh/m ²
	V1	1400 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	01.01.	31.12.	365 d	15.496 kWh	98,58 kWh/m ²
	V2	800 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	13.09.	04.06.	266 d	13.476 kWh	85,73 kWh/m ²
	V2	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	09.09.	10.06.	276 d	14.137 kWh	89,93 kWh/m ²
	V2	900 m	Übersaxen	47° 15'	9° 40'	08.09.	09.06.	276 d	14.233 kWh	90,55 kWh/m ²
	V2	1300 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	09.09.	24.06.	290 d	13.354 kWh	84,95 kWh/m ²
	V2	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	03.09.	28.06.	300 d	14.045 kWh	89,35 kWh/m ²
	V3	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	18.09.	30.05.	256 d	13.436 kWh	85,47 kWh/m ²
	V3	900 m	Übersaxen	47° 15'	9° 40'	17.09.	30.05.	257 d	13.534 kWh	86,10 kWh/m ²
	V3	1300 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	20.09.	11.06.	266 d	12.420 kWh	79,01 kWh/m ²
	V3	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	16.09.	15.06.	274 d	13.089 kWh	83,27 kWh/m ²
	V4	800 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	30.09.	13.05.	227 d	11.835 kWh	75,29 kWh/m ²
	V4	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	28.09.	19.05.	235 d	12.432 kWh	79,09 kWh/m ²
	V4	900 m	Übersaxen	47° 15'	9° 40'	27.09.	18.05.	235 d	12.527 kWh	79,69 kWh/m ²
	V4	1000 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	27.09.	22.05.	239 d	12.478 kWh	79,38 kWh/m ²
	V4	1100 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	29.09.	24.05.	239 d	11.813 kWh	75,15 kWh/m ²
	V4	1200 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	03.10.	26.05.	237 d	11.080 kWh	70,49 kWh/m ²
	V4	1300 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	02.10.	29.05.	241 d	11.166 kWh	71,03 kWh/m ²
	V4	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	29.09.	01.06.	247 d	11.802 kWh	75,08 kWh/m ²
	V4	1400 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	29.09.	03.06.	249 d	11.599 kWh	73,79 kWh/m ²
	T1	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	21.08.	30.06.	315 d	14.810 kWh	94,22 kWh/m ²
	T1	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	01.01.	31.12.	365 d	15.265 kWh	97,11 kWh/m ²

Anhang B - Daten zur Parameterstudie Winterfall

Planfeld	Variante	Seehöhe	Gemeinde	Geografische Lage		Heizsaison			jährlicher Heizwärmebedarf	
				Breite	Länge	von	bis	Tage	gesamt	bezogen auf BGF
	T2	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	24.09.	23.05.	243 d	11.691 kWh	74,38 kWh/m ²
	T2	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	25.09.	06.06.	256 d	11.224 kWh	71,40 kWh/m ²
	N1	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	13.09.	06.06.	268 d	9.375 kWh	59,64 kWh/m ²
	N1	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	06.09.	22.06.	291 d	9.371 kWh	59,62 kWh/m ²
	N2	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	24.09.	23.05.	243 d	8.552 kWh	54,41 kWh/m ²
	N2	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	22.09.	06.06.	259 d	8.325 kWh	52,96 kWh/m ²
	N3	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	01.10.	14.05.	227 d	8.010 kWh	50,96 kWh/m ²
	N3	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	02.10.	27.05.	239 d	7.614 kWh	48,44 kWh/m ²
	N4	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	10.10.	02.05.	206 d	7.245 kWh	46,09 kWh/m ²
	N4	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	14.10.	14.05.	214 d	6.654 kWh	42,33 kWh/m ²
	N5	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	16.10.	25.04.	193 d	6.053 kWh	38,51 kWh/m ²
	N5	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	19.10.	06.05.	201 d	5.443 kWh	34,63 kWh/m ²
	N6	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	18.10.	22.04.	188 d	5.989 kWh	38,10 kWh/m ²
	N6	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	23.10.	03.05.	194 d	5.288 kWh	33,64 kWh/m ²
	N7	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	28.10.	07.04.	163 d	3.888 kWh	24,73 kWh/m ²
	N7	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	01.11.	16.04.	168 d	3.262 kWh	20,75 kWh/m ²
	P1	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	06.10.	11.05.	219 d	5.211 kWh	33,15 kWh/m ²
	P1	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	06.10.	23.05.	231 d	5.043 kWh	32,08 kWh/m ²
	P2	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	17.10.	26.04.	193 d	4.462 kWh	28,39 kWh/m ²
	P2	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	19.10.	07.05.	202 d	4.114 kWh	26,17 kWh/m ²
	P3	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	24.10.	15.04.	175 d	3.960 kWh	25,19 kWh/m ²
	P3	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	28.10.	25.04.	181 d	3.474 kWh	22,10 kWh/m ²
	P4	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	31.10.	31.03.	153 d	3.343 kWh	21,27 kWh/m ²
	P4	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	05.11.	07.04.	155 d	2.709 kWh	17,23 kWh/m ²
	P5	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	25.10.	10.04.	169 d	4.336 kWh	27,58 kWh/m ²
	P5	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	29.10.	20.04.	175 d	3.702 kWh	23,55 kWh/m ²
	P6	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	02.11.	28.03.	148 d	3.311 kWh	21,06 kWh/m ²
	P6	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	07.11.	03.04.	149 d	2.593 kWh	16,50 kWh/m ²
P7	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	29.11.	13.02.	77 d	555 kWh	3,53 kWh/m ²	
P7	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	14.12.	05.02.	54 d	175 kWh	1,11 kWh/m ²	
Planfeld 41	V1	900 m	Pfunds	46° 58'	10° 32'	06.09.	08.06.	277 d	13.487 kWh	85,80 kWh/m ²
	V1	1300 m	Nauders	46° 54'	10° 30'	14.08.	13.07.	335 d	16.237 kWh	103,29 kWh/m ²
	V4	900 m	Pfunds	46° 58'	10° 32'	06.10.	05.05.	213 d	10.240 kWh	65,14 kWh/m ²
	V4	1300 m	Nauders	46° 54'	10° 30'	19.09.	27.05.	252 d	12.042 kWh	76,61 kWh/m ²

Anhang B - Daten zur Parameterstudie Winterfall

Planfeld	Variante	Seehöhe	Gemeinde	Geografische Lage		Heizsaison			jährlicher Heizwärmebedarf	
				Breite	Länge	von	bis	Tage	gesamt	bezogen auf BGF
Planfeld 42	V1	800 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	08.09.	03.06.	270 d	13.320 kWh	84,74 kWh/m ²
	V1	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	03.09.	11.06.	283 d	13.852 kWh	88,12 kWh/m ²
	V1	1000 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	29.08.	19.06.	296 d	14.578 kWh	92,74 kWh/m ²
	V1	1100 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	23.08.	30.06.	313 d	15.281 kWh	97,21 kWh/m ²
	V1	1200 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	15.08.	12.07.	333 d	15.808 kWh	100,57 kWh/m ²
	V1	1300 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	01.01.	31.12.	365 d	16.562 kWh	105,36 kWh/m ²
	V1	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	08.08.	29.07.	357 d	15.941 kWh	101,41 kWh/m ²
	V1	1400 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	01.01.	31.12.	365 d	17.291 kWh	110,00 kWh/m ²
	V1	1400 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	01.01.	31.12.	365 d	16.674 kWh	106,07 kWh/m ²
	V2	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	17.09.	28.05.	255 d	12.479 kWh	79,39 kWh/m ²
	V2	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	07.09.	27.06.	295 d	14.115 kWh	89,80 kWh/m ²
	V3	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	26.09.	18.05.	236 d	11.529 kWh	73,34 kWh/m ²
	V3	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	18.09.	13.06.	270 d	12.903 kWh	82,08 kWh/m ²
	V4	800 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	07.10.	30.04.	-159 d	10.311 kWh	65,59 kWh/m ²
	V4	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	07.10.	06.05.	213 d	10.256 kWh	65,25 kWh/m ²
	V4	1000 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	04.10.	13.05.	223 d	10.835 kWh	68,93 kWh/m ²
	V4	1100 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	02.10.	19.05.	231 d	11.371 kWh	72,34 kWh/m ²
	V4	1200 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	01.10.	24.05.	237 d	11.373 kWh	72,35 kWh/m ²
	V4	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	29.09.	29.05.	244 d	11.311 kWh	71,96 kWh/m ²
	V4	1300 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	29.09.	30.05.	245 d	11.875 kWh	75,55 kWh/m ²
	V4	1400 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	26.09.	05.06.	254 d	12.415 kWh	78,98 kWh/m ²
	T1	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	01.09.	14.06.	288 d	13.527 kWh	86,06 kWh/m ²
	T1	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	01.01.	31.12.	365 d	15.656 kWh	99,60 kWh/m ²
	T2	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	03.10.	11.05.	222 d	9.826 kWh	62,51 kWh/m ²
	T2	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	25.09.	04.06.	254 d	10.929 kWh	69,52 kWh/m ²
	N1	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	19.09.	25.05.	250 d	8.475 kWh	53,91 kWh/m ²
	N1	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	07.09.	21.06.	289 d	9.642 kWh	61,34 kWh/m ²
	N2	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	30.09.	12.05.	226 d	7.433 kWh	47,28 kWh/m ²
	N2	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	21.09.	04.06.	258 d	8.346 kWh	53,09 kWh/m ²
	N3	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	09.10.	01.05.	206 d	6.707 kWh	42,67 kWh/m ²
	N3	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	01.10.	23.05.	236 d	7.430 kWh	47,27 kWh/m ²
	N4	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	20.10.	18.04.	182 d	5.764 kWh	36,67 kWh/m ²
	N4	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	13.10.	08.05.	209 d	6.242 kWh	39,71 kWh/m ²
	N5	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	25.10.	09.04.	168 d	4.692 kWh	29,85 kWh/m ²
	N5	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	19.10.	28.04.	193 d	5.012 kWh	31,89 kWh/m ²
	N6	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	28.10.	05.04.	161 d	4.487 kWh	28,55 kWh/m ²

Anhang B - Daten zur Parameterstudie Winterfall

Planfeld	Variante	Seehöhe	Gemeinde	Geografische Lage		Heizsaison			jährlicher Heizwärmebedarf	
				Breite	Länge	von	bis	Tage	gesamt	bezogen auf BGF
	N6	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	23.10.	24.04.	185 d	4.737 kWh	30,13 kWh/m ²
	N7	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	06.11.	18.03.	134 d	2.784 kWh	17,71 kWh/m ²
	N7	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	02.11.	03.04.	154 d	2.828 kWh	17,99 kWh/m ²
	P1	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	11.10.	30.04.	203 d	4.598 kWh	29,25 kWh/m ²
	P1	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	03.10.	20.05.	231 d	5.166 kWh	32,86 kWh/m ²
	P2	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	24.10.	13.04.	173 d	3.672 kWh	23,36 kWh/m ²
	P2	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	17.10.	01.05.	198 d	4.008 kWh	25,50 kWh/m ²
	P3	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	01.11.	30.03.	151 d	3.044 kWh	19,37 kWh/m ²
	P3	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	27.10.	26.04.	183 d	3.207 kWh	20,40 kWh/m ²
	P4	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	09.11.	11.03.	124 d	2.335 kWh	14,85 kWh/m ²
	P4	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	06.11.	23.03.	139 d	2.294 kWh	14,60 kWh/m ²
	P5	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	03.11.	23.03.	142 d	3.185 kWh	20,26 kWh/m ²
	P5	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	29.10.	08.04.	163 d	3.266 kWh	20,77 kWh/m ²
	P6	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	11.11.	07.03.	118 d	2.191 kWh	13,94 kWh/m ²
	P6	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	08.11.	16.03.	130 d	2.084 kWh	13,26 kWh/m ²
	P7	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	30.12.	02.02.	35 d	116 kWh	0,74 kWh/m ²
P7	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	13.01.	28.01.	16 d	28 kWh	0,18 kWh/m ²	
Planfeld 45	V1	900 m	Stanzach	47° 23'	10° 34'	27.08.	24.06.	303 d	14.665 kWh	93,30 kWh/m ²
	V1	1300 m	Pfafflar	47° 19'	10° 35'	01.01.	31.12.	365 d	16.445 kWh	104,62 kWh/m ²
	V4	900 m	Stanzach	47° 23'	10° 34'	01.10.	19.05.	232 d	11.511 kWh	73,23 kWh/m ²
	V4	1300 m	Pfafflar	47° 19'	10° 35'	26.09.	01.06.	250 d	12.389 kWh	78,82 kWh/m ²
Planfeld 51	V1	900 m	Prutz	47° 05'	10° 40'	03.09.	11.06.	283 d	13.914 kWh	88,52 kWh/m ²
	V1	1300 m	Kaunerberg	47° 05'	10° 42'	29.08.	05.07.	312 d	14.333 kWh	91,19 kWh/m ²
	V4	900 m	Prutz	47° 05'	10° 40'	05.10.	07.05.	216 d	10.604 kWh	67,46 kWh/m ²
	V4	1300 m	Kaunerberg	47° 05'	10° 42'	07.10.	22.05.	229 d	10.003 kWh	63,63 kWh/m ²
Planfeld 55	V1	800 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	29.08.	19.06.	296 d	14.366 kWh	91,39 kWh/m ²
	V1	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	21.08.	30.06.	315 d	15.017 kWh	95,54 kWh/m ²
	V1	1000 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	11.08.	11.07.	336 d	15.566 kWh	99,03 kWh/m ²
	V1	1100 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	07.08.	18.07.	347 d	15.731 kWh	100,08 kWh/m ²
	V1	1200 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	31.07.	28.07.	364 d	15.920 kWh	101,28 kWh/m ²
	V1	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	01.01.	31.12.	365 d	16.610 kWh	105,67 kWh/m ²
	V1	1300 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	01.01.	31.12.	365 d	16.299 kWh	103,69 kWh/m ²
	V1	1400 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	01.01.	31.12.	365 d	17.023 kWh	108,30 kWh/m ²
	V2	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	07.09.	14.06.	282 d	13.844 kWh	88,07 kWh/m ²
	V2	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	31.08.	01.07.	306 d	14.867 kWh	94,58 kWh/m ²
	V3	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	17.09.	04.06.	262 d	13.076 kWh	83,19 kWh/m ²

Anhang B - Daten zur Parameterstudie Winterfall

Planfeld	Variante	Seehöhe	Gemeinde	Geografische Lage		Heizsaison			jährlicher Heizwärmebedarf	
				Breite	Länge	von	bis	Tage	gesamt	bezogen auf BGF
	V3	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	13.09.	18.06.	280 d	13.763 kWh	87,56 kWh/m ²
	V4	800 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	19.09.	17.05.	242 d	11.743 kWh	74,71 kWh/m ²
	V4	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	28.09.	24.05.	240 d	11.987 kWh	76,26 kWh/m ²
	V4	1000 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	25.09.	28.05.	247 d	12.394 kWh	78,84 kWh/m ²
	V4	1100 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	27.09.	29.05.	246 d	12.241 kWh	77,87 kWh/m ²
	V4	1200 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	18.09.	30.05.	256 d	12.063 kWh	76,74 kWh/m ²
	V4	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	26.09.	04.06.	253 d	12.289 kWh	78,18 kWh/m ²
	V4	1300 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	27.09.	01.06.	249 d	12.027 kWh	76,51 kWh/m ²
	V4	1400 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	24.09.	07.06.	258 d	12.584 kWh	80,06 kWh/m ²
	T1	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	16.08.	05.07.	325 d	14.617 kWh	92,99 kWh/m ²
	T1	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	01.01.	31.12.	365 d	16.246 kWh	103,35 kWh/m ²
	T2	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	24.09.	28.05.	248 d	11.315 kWh	71,98 kWh/m ²
	T2	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	21.09.	09.06.	263 d	11.769 kWh	74,87 kWh/m ²
	N1	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	11.09.	09.06.	273 d	9.182 kWh	58,41 kWh/m ²
	N1	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	02.09.	25.06.	298 d	10.051 kWh	63,94 kWh/m ²
	N2	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	23.09.	27.05.	248 d	8.302 kWh	52,82 kWh/m ²
	N2	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	18.09.	09.06.	266 d	8.854 kWh	56,32 kWh/m ²
	N3	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	01.10.	18.05.	231 d	7.708 kWh	49,04 kWh/m ²
	N3	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	28.09.	28.05.	244 d	8.021 kWh	51,03 kWh/m ²
	N4	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	12.10.	07.05.	209 d	6.881 kWh	43,77 kWh/m ²
	N4	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	11.10.	15.05.	218 d	6.918 kWh	44,01 kWh/m ²
	N5	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	18.10.	30.04.	196 d	5.696 kWh	36,24 kWh/m ²
	N5	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	18.10.	05.05.	201 d	5.636 kWh	35,85 kWh/m ²
	N6	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	21.10.	27.04.	190 d	5.594 kWh	35,59 kWh/m ²
	N6	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	22.10.	02.05.	194 d	5.421 kWh	34,49 kWh/m ²
	N4	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	30.10.	11.04.	165 d	3.555 kWh	22,61 kWh/m ²
	N4	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	31.10.	13.04.	166 d	3.346 kWh	21,29 kWh/m ²
	P1	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	06.10.	15.05.	223 d	5.033 kWh	32,02 kWh/m ²
	P1	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	01.10.	24.05.	237 d	5.451 kWh	34,68 kWh/m ²
	P2	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	18.10.	30.04.	196 d	4.228 kWh	26,90 kWh/m ²
	P2	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	16.10.	07.05.	205 d	4.380 kWh	27,86 kWh/m ²
	P3	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	26.10.	19.04.	177 d	3.681 kWh	23,42 kWh/m ²
	P3	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	26.10.	23.04.	181 d	3.638 kWh	23,15 kWh/m ²
	P4	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	04.11.	03.04.	152 d	3.016 kWh	19,19 kWh/m ²
	P4	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	04.11.	03.04.	152 d	2.773 kWh	17,64 kWh/m ²
	P5	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	28.10.	15.04.	171 d	3.995 kWh	25,42 kWh/m ²

Anhang B - Daten zur Parameterstudie Winterfall

Planfeld	Variante	Seehöhe	Gemeinde	Geografische Lage		Heizsaison			jährlicher Heizwärmebedarf	
				Breite	Länge	von	bis	Tage	gesamt	bezogen auf BGF
	P5	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	28.10.	17.04.	173 d	3.804 kWh	24,20 kWh/m ²
	P6	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	05.11.	31.03.	148 d	2.950 kWh	18,77 kWh/m ²
	P6	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	07.11.	29.03.	144 d	2.609 kWh	16,60 kWh/m ²
	P7	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	05.12.	10.02.	68 d	375 kWh	2,38 kWh/m ²
	P7	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	26.12.	06.02.	43 d	156 kWh	0,99 kWh/m ²
Planfeld 89	V1	900 m	Telfes im Stubai	47° 10'	11° 22'	31.08.	15.06.	290 d	13.907 kWh	88,47 kWh/m ²
	V1	1300 m	Navis	47° 08'	11° 32'	01.01.	31.12.	365 d	16.682 kWh	106,13 kWh/m ²
	V4	900 m	Telfes im Stubai	47° 10'	11° 22'	01.10.	10.05.	223 d	11.130 kWh	70,81 kWh/m ²
	V4	1300 m	Navis	47° 08'	11° 32'	25.09.	29.05.	248 d	12.747 kWh	81,09 kWh/m ²
Planfeld 140	V1	900 m	Assling	46° 47'	12° 38'	04.09.	11.06.	282 d	14.467 kWh	92,03 kWh/m ²
	V1	1300 m	Anras	46° 46'	12° 33'	01.01.	31.12.	365 d	17.258 kWh	109,79 kWh/m ²
	V4	900 m	Assling	46° 47'	12° 38'	03.10.	10.05.	221 d	11.385 kWh	72,43 kWh/m ²
	V4	1300 m	Anras	46° 46'	12° 33'	23.09.	01.06.	253 d	12.987 kWh	82,62 kWh/m ²
Planfeld 142	V1	800 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	02.09.	09.06.	282 d	14.574 kWh	92,71 kWh/m ²
	V1	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	29.08.	15.06.	292 d	14.924 kWh	94,94 kWh/m ²
	V1	1000 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	24.08.	23.06.	305 d	15.194 kWh	96,66 kWh/m ²
	V1	1100 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	20.08.	30.06.	316 d	15.431 kWh	98,17 kWh/m ²
	V1	1200 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	14.08.	10.07.	332 d	15.688 kWh	99,80 kWh/m ²
	V1	1300 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	01.01.	31.12.	365 d	16.406 kWh	104,37 kWh/m ²
	V1	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	01.01.	31.12.	365 d	16.422 kWh	104,47 kWh/m ²
	V1	1400 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	01.01.	31.12.	365 d	17.256 kWh	109,78 kWh/m ²
	V2	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	12.09.	01.06.	264 d	13.690 kWh	87,09 kWh/m ²
	V2	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	31.08.	26.06.	301 d	14.674 kWh	93,35 kWh/m ²
	V3	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	20.09.	22.05.	246 d	12.862 kWh	81,83 kWh/m ²
	V3	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	12.09.	13.06.	276 d	13.548 kWh	86,19 kWh/m ²
	V4	800 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	01.10.	07.05.	220 d	11.806 kWh	75,10 kWh/m ²
	V4	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	30.09.	11.05.	225 d	11.708 kWh	74,49 kWh/m ²
	V4	1000 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	29.09.	16.05.	231 d	11.663 kWh	74,20 kWh/m ²
	V4	1100 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	27.09.	21.05.	238 d	11.768 kWh	74,86 kWh/m ²
	V4	1200 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	27.09.	25.05.	242 d	11.565 kWh	73,57 kWh/m ²
	V4	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	24.09.	31.05.	251 d	12.052 kWh	76,67 kWh/m ²
	V4	1300 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	24.09.	31.05.	251 d	12.040 kWh	76,59 kWh/m ²
	V4	1400 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	21.09.	06.06.	260 d	12.680 kWh	80,67 kWh/m ²
T1	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	26.08.	19.06.	299 d	14.548 kWh	92,55 kWh/m ²	

Anhang B - Daten zur Parameterstudie Winterfall

Planfeld	Variante	Seehöhe	Gemeinde	Geografische Lage		Heizsaison			jährlicher Heizwärmebedarf	
				Breite	Länge	von	bis	Tage	gesamt	bezogen auf BGF
	T1	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	01.01.	31.12.	365 d	16.075 kWh	102,27 kWh/m ²
	T2	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	26.09.	15.05.	233 d	11.105 kWh	70,65 kWh/m ²
	T2	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	20.09.	05.06.	260 d	11.561 kWh	73,55 kWh/m ²
	N1	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	14.09.	20.05.	250 d	9.209 kWh	58,58 kWh/m ²
	N1	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	01.09.	21.06.	295 d	9.949 kWh	63,29 kWh/m ²
	N2	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	25.09.	16.05.	235 d	8.267 kWh	52,60 kWh/m ²
	N2	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	16.09.	05.06.	264 d	8.729 kWh	55,53 kWh/m ²
	N3	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	02.10.	07.05.	219 d	7.625 kWh	48,51 kWh/m ²
	N3	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	26.09.	25.05.	243 d	7.875 kWh	50,10 kWh/m ²
	N4	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	12.10.	24.04.	196 d	6.745 kWh	42,91 kWh/m ²
	N4	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	08.10.	12.05.	218 d	6.747 kWh	42,92 kWh/m ²
	N5	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	17.10.	17.04.	184 d	5.581 kWh	35,51 kWh/m ²
	N5	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	15.10.	03.05.	202 d	5.474 kWh	34,83 kWh/m ²
	N6	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	20.10.	14.04.	178 d	5.440 kWh	34,61 kWh/m ²
	N6	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	20.10.	30.04.	194 d	5.243 kWh	33,35 kWh/m ²
	N7	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	29.10.	30.03.	154 d	3.474 kWh	22,10 kWh/m ²
	N7	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	29.10.	11.04.	166 d	3.199 kWh	20,35 kWh/m ²
	P1	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	06.10.	05.05.	213 d	5.104 kWh	32,47 kWh/m ²
	P1	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	29.09.	22.05.	237 d	5.378 kWh	34,21 kWh/m ²
	P2	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	18.10.	20.04.	186 d	4.245 kWh	27,01 kWh/m ²
	P2	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	13.10.	05.05.	206 d	4.279 kWh	27,22 kWh/m ²
	P3	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	25.10.	07.04.	166 d	3.656 kWh	23,26 kWh/m ²
	P3	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	24.10.	21.04.	181 d	3.516 kWh	22,37 kWh/m ²
	P4	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	02.11.	22.03.	142 d	2.957 kWh	18,81 kWh/m ²
	P4	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	03.11.	01.04.	151 d	2.630 kWh	16,73 kWh/m ²
	P5	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	27.10.	02.04.	159 d	3.913 kWh	24,90 kWh/m ²
	P5	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	26.10.	15.04.	173 d	3.653 kWh	23,24 kWh/m ²
	P6	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	04.11.	18.03.	136 d	2.856 kWh	18,17 kWh/m ²
	P6	1300 m	Kals am	47° 00'	12° 39'	06.11.	27.03.	143 d	2.455 kWh	15,62 kWh/m ²

Anhang B - Daten zur Parameterstudie Winterfall

Planfeld	Variante	Seehöhe	Gemeinde	Geografische Lage		Heizsaison			jährlicher Heizwärmebedarf	
				Breite	Länge	von	bis	Tage	gesamt	bezogen auf BGF
			Großglockner							
	P7	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	05.12.	08.02.	66 d	324 kWh	2,06 kWh/m ²
	P7	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	02.01.	03.02.	33 d	99 kWh	0,63 kWh/m ²
Planfeld 224	V1	900 m	Altenmarkt im Pongau	47° 23'	13° 25'	24.08.	19.06.	301 d	15.830 kWh	100,71 kWh/m ²
	V1	1300 m	Untertauern	47° 18'	13° 30'	01.01.	31.12.	365 d	17.413 kWh	110,77 kWh/m ²
	V4	900 m	Altenmarkt im Pongau	47° 23'	13° 25'	27.09.	16.05.	233 d	12.955 kWh	82,42 kWh/m ²
	V4	1300 m	Untertauern	47° 18'	13° 30'	18.09.	01.06.	258 d	13.507 kWh	85,92 kWh/m ²
Planfeld 338	V1	900 m	St.Peter a Kammerstb	47° 11'	14° 11'	25.08.	19.06.	300 d	14.727 kWh	93,69 kWh/m ²
	V1	1300 m	Stolzalpe	47° 07'	14° 11'	09.08.	15.07.	342 d	15.787 kWh	100,43 kWh/m ²
	V4	900 m	St.Peter a Kammerstb	47° 11'	14° 11'	27.09.	16.05.	233 d	11.779 kWh	74,93 kWh/m ²
	V4	1300 m	Stolzalpe	47° 07'	14° 11'	24.09.	29.05.	249 d	12.181 kWh	77,49 kWh/m ²
Planfeld 647	V1	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	25.09.	10.05.	229 d	10.671 kWh	67,89 kWh/m ²
	V2	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	02.10.	30.04.	212 d	10.116 kWh	64,35 kWh/m ²
	V3	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	07.10.	23.04.	200 d	9.798 kWh	62,33 kWh/m ²
	V4	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	13.10.	15.04.	186 d	9.294 kWh	59,12 kWh/m ²
	T1	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	25.09.	12.05.	231 d	10.292 kWh	65,47 kWh/m ²
	T2	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	11.10.	18.04.	191 d	8.586 kWh	54,62 kWh/m ²
	N1	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	07.10.	28.04.	205 d	6.508 kWh	41,40 kWh/m ²
	N2	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	13.10.	19.04.	190 d	6.080 kWh	38,68 kWh/m ²
	N3	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	18.10.	12.04.	178 d	5.825 kWh	37,06 kWh/m ²
	N4	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	23.10.	04.04.	165 d	5.431 kWh	34,55 kWh/m ²
	N5	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	27.10.	31.03.	157 d	4.564 kWh	29,03 kWh/m ²
	N6	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	28.10.	29.03.	154 d	4.587 kWh	29,18 kWh/m ²
	N7	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	04.11.	19.03.	137 d	2.984 kWh	18,98 kWh/m ²
	P1	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	22.10.	11.04.	173 d	3.576 kWh	22,75 kWh/m ²
	P2	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	29.10.	01.04.	156 d	3.180 kWh	20,23 kWh/m ²
	P3	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	03.11.	24.03.	143 d	2.929 kWh	18,63 kWh/m ²
	P4	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	07.11.	15.03.	130 d	2.600 kWh	16,54 kWh/m ²
P5	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	02.11.	22.03.	142 d	3.344 kWh	21,27 kWh/m ²	
P6	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	08.11.	13.03.	127 d	2.638 kWh	16,78 kWh/m ²	
P7	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	03.12.	13.02.	73 d	425 kWh	2,70 kWh/m ²	

Wärmedämmung in den österreichischen Bauvorschriften

Tabelle B.2: Mindest erforderliche Wärmedurchgangskoeffizienten in den österreichische Bauvorschriften (Stand: November 2006)

	Außenbauteile				
	Wände	Wände wenn Fensterfläche > 30% der Außenwandfläche	Decken	Fenster	Türen
OIB	0,35 W/m ² K	---	0,20 W/m ² K	1,70 W/m ² K	1,70 W/m ² K
				bezogen auf Prüfnormmaß	bezogen auf Prüfnormmaß
Kärnten	0,40 W/m ² K	0,90 W/m ² K	0,25 W/m ² K	1,80 W/m ² K	1,80 W/m ² K
		mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient über Außenwände einschließlich Fenster und Außentüren		Durchschnitt über Rahmen und Verglasung	Durchschnitt über Rahmen und Verglasung
Vorarlberg	0,35 W/m ² K	0,78 W/m ² K	0,25 W/m ² K	1,80 W/m ² K	1,90 W/m ² K
		mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient über Außenwände einschließlich Fenster und Außentüren		Durchschnitt über Rahmen und Verglasung	Durchschnitt über Rahmen und Verglasung
Tirol	0,35 W/m ² K	0,75 W/m ² K	0,20 W/m ² K	1,70 W/m ² K	1,70 W/m ² K
		mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient über Außenwände einschließlich Fenster und Außentüren		Durchschnitt über Rahmen und Verglasung	Durchschnitt über Rahmen und Verglasung
Salzburg	0,35 W/m ² K	---	0,20 W/m ² K	1,70 W/m ² K	1,70 W/m ² K
Steiermark	0,40 W/m ² K	0,85 W/m ² K	0,20 W/m ² K	1,90 W/m ² K	1,70 W/m ² K
	bei freistehenden Ein- und Zweifamilienwohnhäusern, sonst 0,5 W/m ² K	mittlere Wärmedurchgangskoeffizient der Außenbauteil-fläche bei freistehenden Ein- und Zweifamilienwohnhäusern, sonst 0,92 W/m ² K		Fenster und Fenstertüren geg Außenluft (mittl. Wärmedurchgangskoeffizient)	ohne Verglasung
Ober-österreich	0,50 W/m ² K	0,90 W/m ² K	0,25 W/m ² K	1,90 W/m ² K	1,90 W/m ² K
		mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient über Außenwände einschließlich Fenster und Außentüren, oder Nachweis über Energiekennzahl gem. § 3b		Durchschnitt über Rahmen und Verglasung	Durchschnitt über Rahmen und Verglasung
Nieder-österreich	0,40 W/m ² K	0,90 W/m ² K	0,22 W/m ² K	1,80 W/m ² K	1,80 W/m ² K
	Dachschrägen wie Wände, bei Dachneigung < 60° wie Decken			gemittelt über Rahmen und Verglasung	
Burgenland	0,38 W/m ² K	---	0,20 W/m ² K	1,70 W/m ² K	1,70 W/m ² K
				Durchschnitt über Rahmen und Verglasung	Durchschnitt über Rahmen und Verglasung
Wien	0,50 W/m ² K	---	0,25 W/m ² K	1,90 W/m ² K	1,90 W/m ² K

Erdberührte Bauteile		Gegen unbeheizte Gebäudeteile		Quelle		
Wände	Fußböden	Wände	Decken	Kurztitel	Index	Langtitel
0,40 W/m ² K	0,40 W/m ² K	0,60 W/m ² K	0,40 W/m ² K	OIB-Richtlinie 6	OIB-300.6-071/06	OIB-Richtlinie 6, Energieeinsparung und Wärmeschutz, Entwurf vom 9. Oktober 2006
		ausgenommen Dachräume				
0,50 W/m ² K	0,50 W/m ² K	0,70 W/m ² K	0,40 W/m ² K	Kärntner Bauvorschriften	95 Bauwesen	Gesetz vom 19. Juni 1985, mit dem Bauvorschriften für das Land Kärnten erlassen werden
0,50 W/m ² K	0,50 W/m ² K	0,50 W/m ² K	0,40 W/m ² K	Bautechnikverordnung Vorarlberg	9100/1 Baurecht	Verordnung der Landesregierung über die technischen Erfordernisse von Bauwerken
0,40 W/m ² K	0,40 W/m ² K	0,50 W/m ² K	0,40 W/m ² K	Technische Bauvorschriften Tirol	8200 Bauordnung	Verordnung der Landesregierung vom 29. September 1998 über die bautechnischen Erfordernisse für bauliche Anlagen
0,40 W/m ² K	0,40 W/m ² K	0,50 W/m ² K	0,40 W/m ² K	Wärmeschutzverordnung Salzburg	3 Raumordnung und Bauwesen	Verordnung der Salzburger Landesregierung vom 22. August 2002 über den Mindestwärmeschutz von Bauten
[2,5 m ² K/W]	[2,5 m ² K/W]					
0,50 W/m ² K	0,50 W/m ² K	0,70 W/m ² K	0,40 W/m ² K	Wärmedämmverordnung Steiermark	8200/03/02	Verordnung d. Steiermärkischen Landesregierung vom 2.12.1996, mit der wärmeschutztechnische Mindestanforderungen an bestimmte Bauwerke und Bauteile festgesetzt werden
0,50 W/m ² K	0,50 W/m ² K	0,70 W/m ² K	0,45 W/m ² K	Oberösterreichische Bautechnikverordnung	93 Bauwesen	Verordnung der o.ö. Landesregierung vom 28. November 1994, mit der Durchführungsvorschriften zum O.ö. Bautechnikgesetz sowie betreffend den Bauplan erlassen werden
0,50 W/m ² K	0,50 W/m ² K	0,70 W/m ² K	0,40 W/m ² K	Bautechnikverordnung Niederösterreich	8200/07	Niederösterreichische Bautechnikverordnung 1997
0,35 W/m ² K	0,35 W/m ² K	0,50 W/m ² K	0,35 W/m ² K	Bauverordnung Burgenland	8200 Bauverordnung	Verordnung der Burgenländischen Landesregierung vom 2. Feber 1998, mit der Vorschriften über die Zulässigkeit von Bauvorhaben erlassen werden
0,50 W/m ² K	0,45 W/m ² K	0,50 W/m ² K	0,45 W/m ² K	Bauordnung für Wien	B020/000	Wiener Stadtentwicklungs-, Stadtplanungs- und Baugesetzbuch

Anhang C - Daten zur Parameterstudie Sommerfall

Bauteilaufbauten

Tabelle C.1: Bauteilaufbauten zum Testraum für die Varianten Wärmedämmung nach Bauordnung (V) in Massivbauweise

Material (innen/oben)	Dicke d [m]	Produkt	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	Wärmedurchlasswiderstand $D = d/\lambda$ [m ² K/W]
V_A1	Außenwand – Ziegel			
Innenputz	0,015	Kalkgipsputz	0,600	0,025
Hochlochziegel	0,300	Porotherm 30 N+F, Normalmörtel	0,216	1,389
Wärmedämmung	0,060	z.B.: EPS-F Austrotherm	0,040	1,500
Außenputz	0,005	Kunststoffdünnputz	0,700	0,007
	Σ 0,38	Wärmeübergangswiderstand innen Rsi [m ² K/W]		0,130
		Wärmeübergangswiderstand außen Rse [m ² K/W]		0,040
		Wärmedurchgangswiderstand RT		3,091
		Wärmedurchgangskoeffizient U = 1/RT		0,324
V_C1	Oberste Geschoßdecke – Ziegel			
Kiesschüttung	0,050	1.508.02	0,700	0,071
Feuchtesperre	0,010	Bitumendachbahn, 2 x 0,5 cm, 1.706.02	0,170	0,059
Wärmedämmung	0,170	z.B.: EPS-W 20, Austrotherm	0,038	4,474
Dampfbremse	----		----	----
Hohlziegeldecke, 22 cm	----	z.B.: Porotherm EZ 45/17, 3.102.02	----	----
Aufbeton, 5 cm	0,050		1,400	0,036
Hohlziegel m Beton, 17 cm	0,170		0,590	0,288
Innenputz	0,015	Kalkgipsputz	0,600	0,025
	Σ 0,24	Wärmeübergangswiderstand oben Rsi [m ² K/W]		0,100
		Wärmeübergangswiderstand unten Rse [m ² K/W]		0,100
		Wärmedurchgangswiderstand RT		5,153
		Wärmedurchgangskoeffizient U = 1/RT		0,194
V_D1	Geschoßdecke – Ziegel			
Parkett	0,015	Fertigparkett	0,150	0,100
Estrich	0,050	Betonestrich, 1.202.06	1,400	0,036
Trittschalldämmung	0,030	z.B.: TDPT 30 – Isover	0,033	0,909
Hohlziegeldecke, 23 cm	----	z.B.: Porotherm EZ 45/17, 3.102.02	----	----
Aufbeton, 6 cm	0,060		1,400	0,043
Hohlziegel m Beton, 17 cm	0,170		0,590	0,288
Innenputz	0,015	Kalkgipsputz	0,600	0,025
	Σ 0,34	Wärmeübergangswiderstand oben Rsi [m ² K/W]		0,100
		Wärmeübergangswiderstand unten Rse [m ² K/W]		0,100

Material (innen/oben)	Dicke d [m]	Produkt	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	Wärmedurchlasswiderstand $D = d/\lambda$ [m²K/W]
		Wärmedurchgangswiderstand RT		1,601
		Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/RT$		0,625
V_G1	Innenwand – Ziegel			
Innenputz	0,015	Kalkgipsputz	0,600	0,025
Hochlochziegel	0,120	z.B.: Porotherm 12 N+F,	0,330	0,364
Innenputz	0,015	Kalkgipsputz	0,600	0,025
	Σ 0,15	Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} [m ² K/W]		0,130
		Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} [m ² K/W]		0,130
		Wärmedurchgangswiderstand RT		0,674
		Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/RT$		1,484
V_H1	Rahmen äquivalent			
Holz	0,043	500 kg/m ³ , siehe Krec [29]	0,130	0,331
	Σ 0,04	Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} [m ² K/W]		0,130
		Wärmeübergangswiderstand außen R_{se} [m ² K/W]		0,040
		Wärmedurchgangswiderstand RT		0,501
		Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/RT$		1,997

Tabelle C.2: Bauteilaufbauten zum Testraum für die Varianten Wärmedämmung nach Niedrigenergiebauweise (N) in Massivbauweise, Innenwand wie nach Bauordnung

Material (innen/oben)	Dicke d [m]	Produkt	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	Wärmedurchlasswiderstand $D = d/\lambda$ [m²K/W]
N_A1	Außenwand			
Innenputz	0,015	Kalkgipsputz	0,600	0,025
Ziegel	0,300	Porotherm 30 N+F, Normalmörtel	0,216	1,389
Wärmedämmung	0,140	z.B.: EPS-F Austrotherm	0,040	3,500
Außenputz	0,005	Kunststoffdünnputz	0,700	0,007
	Σ 0,46	Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} [m ² K/W]		0,130
		Wärmeübergangswiderstand außen R_{se} [m ² K/W]		0,040
		Wärmedurchgangswiderstand RT		5,091
		Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/RT$		0,196
N_C1	Oberste Geschoßdecke – Ziegel			
Kiesschüttung	0,050	1.508.02	0,700	0,071
Feuchtesperre	0,010	Bitumendachbahn, 2 x 0,5 cm	0,170	0,059
Wärmedämmung	0,230	z.B. Polystyrol	0,038	6,053
Dampfbremse	----		----	----
Hohlziegeldecke, 22 cm	----	z.B.: Porotherm EZ 45/17, 3.102.02	----	----
Aufbeton, 5 cm	0,050		1,400	0,036

Anhang C - Daten zur Parameterstudie Sommerfall

Material (innen/oben)	Dicke d [m]	Produkt	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	Wärmedurchlasswiderstand $D = d/\lambda$ [m²K/W]
Hohlziegel m Beton, 17 cm	0,170		0,590	0,288
Innenputz	0,015	Kalkgipsputz	0,600	0,025
	Σ 0,47	Wärmeübergangswiderstand oben Rsi [m ² K/W]		0,100
		Wärmeübergangswiderstand unten Rse [m ² K/W]		0,100
		Wärmedurchgangswiderstand RT		6,732
		Wärmedurchgangskoeffizient U = 1/RT		0,149
N_D1	Geschoßdecke – Ziegel			
Parkett	0,015	Fertigparkett	0,150	0,100
Estrich	0,050	Betonestrich, 1.202.06	1,400	0,036
Trittschalldämmung	0,030	z.B.: TDPT 30 – Isover	0,033	0,909
Hohlziegeldecke, 23 cm	----	z.B.: Porotherm EZ 45/17, 3.102.02	----	----
Aufbeton, 6 cm	0,060		1,400	0,043
Hohlziegel m Beton, 17 cm	0,170		0,590	0,288
Innenputz	0,015	Kalkgipsputz	0,600	0,025
	Σ 0,34	Wärmeübergangswiderstand oben Rsi [m ² K/W]		0,100
		Wärmeübergangswiderstand unten Rse [m ² K/W]		0,100
		Wärmedurchgangswiderstand RT		1,601
		Wärmedurchgangskoeffizient U = 1/RT		0,625
N_H1	Rahmen äquivalent			
Holz	0,071	500 kg/m ³	0,130	0,546
	Σ 0,07	Wärmeübergangswiderstand innen Rsi [m ² K/W]		0,130
		Wärmeübergangswiderstand außen Rse [m ² K/W]		0,040
		Wärmedurchgangswiderstand RT		0,716
		Wärmedurchgangskoeffizient U = 1/RT		1,396

Tabelle C.3: Bauteilaufbauten zum Testraum für die Varianten Wärmedämmung nach Passivhausstandard (P) in Massivbauweise, Innenwand wie nach Bauordnung

Material (innen/oben)	Dicke d [m]	Produkt	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	Wärmedurchlasswiderstand $D = d/\lambda$ [m²K/W]
P_A1	Außenwand			
Innenputz	0,015	Kalkgipsputz	0,600	0,025
Ziegel	0,250	Porotherm 25-38 M.i. N+F, Normalm	0,208	1,202
Wärmedämmung	0,280	z.B. EPS-F plus Austrotherm	0,032	8,750
Außenputz	0,005	Kunststoffdünnputz	0,700	0,007
	Σ 0,55	Wärmeübergangswiderstand innen Rsi [m ² K/W]		0,130
		Wärmeübergangswiderstand außen Rse [m ² K/W]		0,040
		Wärmedurchgangswiderstand RT		10,154

<i>Material (innen/oben)</i>	<i>Dicke d [m]</i>	<i>Produkt</i>	<i>Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]</i>	<i>Wärmedurchlasswiderstand $D = d/\lambda$ [m²K/W]</i>
		Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/RT$		0,098
P_C1	Oberste Geschoßdecke – Ziegel			
Kiesschüttung	0,050	1.508.02	0,700	0,071
Feuchtesperre	0,010	Bitumendachbahn, 2 x 0,5 cm, 1.706.02	0,170	0,059
Wärmedämmung	0,280	z.B. Polystyrol	0,030	9,333
Dampfbremse	----		----	----
Hohlziegeldecke, 22 cm	----	z.B.: Porotherm EZ 45/17, 3.102.02	----	----
Aufbeton, 5 cm	0,050		1,400	0,036
Hohlziegel m Beton, 17 cm	0,170		0,590	0,288
Innenputz	0,015	Kalkgipsputz	0,600	0,025
		Σ 0,52	Wärmeübergangswiderstand oben R_{si} [m²K/W]	0,100
			Wärmeübergangswiderstand unten R_{se} [m²K/W]	0,100
			Wärmedurchgangswiderstand RT	10,012
			Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/RT$	0,100
P_D1	Geschoßdecke – Ziegel			
Parkett	0,015	Fertigparkett	0,150	0,100
Estrich	0,050	Betonestrich, 1.202.06	1,400	0,036
Trittschalldämmung	0,030	z.B.: TDPT 30 – Isover	0,033	0,909
Hohlziegeldecke, 23 cm	----	z.B.: Porotherm EZ 45/17, 3.102.02	----	----
Aufbeton, 6 cm	0,060		1,400	0,043
Hohlziegel miBeton, 17 cm	0,170		0,590	0,288
Innenputz	0,015	Kalkgipsputz	0,600	0,025
		Σ 0,34	Wärmeübergangswiderstand oben R_{si} [m²K/W]	0,100
			Wärmeübergangswiderstand unten R_{se} [m²K/W]	0,100
			Wärmedurchgangswiderstand RT	1,601
			Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/RT$	0,625
P_H1	Rahmen äquivalent			
Holz	0,127	500 kg/m³	0,130	0,977
		Σ 0,13	Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} [m²K/W]	0,130
			Wärmeübergangswiderstand außen R_{se} [m²K/W]	0,040
			Wärmedurchgangswiderstand RT	1,147
			Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/RT$	0,872

Tabelle C.4: Bauteilaufbauten zum Testraum für die Varianten Wärmedämmung nach Bauordnung (V) in Leichtbauweise, Fensterrahmen wie bei Massivbauweise

Material (innen/oben)	Dicke d [m]	Produkt	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	Wärmedurchlasswiderstand $D = d/\lambda$ [m ² K/W]
V_A2	Außenwand – Holzrahmenbauweise¹²⁴			
Gipskartonplatte	0,013	1.710.04	0,210	0,060
Dampfbremse	----	----	----	----
Holzrahmen/Dämmung	0,100	Mineralwolle	0,039	2,564
Winddichtung	----	----	----	----
Holzschalung	0,040	1.402.02	0,140	0,286
	Σ 0,15	Wärmeübergangswiderstand innen Rsi [m ² K/W]		0,130
		Wärmeübergangswiderstand außen Rse [m ² K/W]		0,040
		Wärmedurchgangswiderstand RT		3,079
		Wärmedurchgangskoeffizient U = 1/RT		0,325
V_C2	Oberste Geschoßdecke – Holzrahmendecke¹²⁵			
Kiesschüttung	0,050	1.508.02	0,700	0,071
Filtervlies	----	----	----	----
Wurzelfolie	----	----	----	----
Wärmedämmung (Gefälle)	0,040	z.B.: EPS-W 20, Austrotherm	0,038	1,053
Feuchtesperre	0,010	Bitumendachbahn, 2 x 0,5 cm	0,170	0,059
Spanplatte	0,019	1.404.10	0,130	0,146
Holzrahmen/Luftraum	0,040		0,247	0,162
Holzrahmen/Wärmedämmung	0,120	Mineralwolle	0,039	3,077
Dampfbremse	----	----	----	----
Luftschicht/Montagelattung	0,024		0,145	0,166
Gipskartonplatte	0,013	1.710.04	0,210	0,060
	Σ 0,32	Wärmeübergangswiderstand oben Rsi [m ² K/W]		0,100
		Wärmeübergangswiderstand unten Rse [m ² K/W]		0,100
		Wärmedurchgangswiderstand RT		4,993
		Wärmedurchgangskoeffizient U = 1/RT		0,200
V_D2	Geschoßdecke – Holzbalkendecke¹²⁶			
Parkett	0,015	Fertigparkett, 1.402.04	0,150	0,100
Estrich	0,050	Betonestrich, 1.202.06	1,400	0,036
Trittschalldämmung	0,030	z.B.: TDPT 30 – Isover	0,038	0,789
Schüttung	0,040	1.508.02	0,700	0,057
Rieselschutz	----	----	----	----
Spanplatte	0,019	1.404.10	0,130	0,146

124 In Anlehnung an Krec (2006), Testraum 1, Seite 44.

125 In Anlehnung an Krec (2006), Testraum , Seite 54.

126 In Anlehnung an Krec (2006), Testraum 1, Seite 44.

Material (innen/oben)	Dicke d [m]	Produkt	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	Wärmedurchlasswiderstand $D = d/\lambda$ [m²K/W]
Holzrahmen/Luftraum	0,100		0,556	0,180
Holzrahmen/Dämmung	0,100	Mineralwolle/Holzbalken	0,039	2,564
Luftschicht/Montagelattung	0,024		0,145	0,166
Gipskartonplatte	0,013	1.710.04	0,210	0,060
	Σ 0,39	Wärmeübergangswiderstand oben Rsi [m ² K/W]		0,100
		Wärmeübergangswiderstand unten Rse [m ² K/W]		0,100
		Wärmedurchgangswiderstand RT		4,297
		Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/RT$		0,233
V_G2	Innenwand – Leichtbau¹²⁷			
Gipskartonplatte	0,013	1.710.04	0,210	0,060
Spanplatte	0,013	1.404.10	0,130	0,100
Mineralwolle	0,080		0,040	2,000
Spanplatte	0,013	1.404.10	0,130	0,100
Gipskartonplatte	0,013	1.710.04	0,210	0,060
	Σ 0,13	Wärmeübergangswiderstand innen Rsi [m ² K/W]		0,130
		Wärmeübergangswiderstand innen Rsi [m ² K/W]		0,130
		Wärmedurchgangswiderstand RT		2,579
		Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/RT$		0,388

Tabelle C.5: Bauteilaufbauten zum Testraum für die Varianten Wärmedämmung nach Niedrigenergiebauweise (N) in Leichtbauweise, Innenwände wie nach Bauordnung, Fensterrahmen wie bei Massivbauweise

Material (innen)	Dicke d [m]	Produkt	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	Wärmedurchlasswiderstand $D = d/\lambda$ [m²K/W]
N_A2	Außenwand – Holzriegelbauweise¹²⁸			
Gipskartonplatte	0,013	1.710.04	0,210	0,060
Luftschicht/Montagelattung	0,050		0,263	0,190
Spanplatte	0,016	1.404.10	0,130	0,123
Wärmedämmung/Riegeln	0,140	Mineralwolle	0,037	3,784
Holzwolle-Leichtbauplatte	0,035		0,100	0,350
Außenputz	0,020	1.402.02	0,140	0,143
	Σ 0,27	Wärmeübergangswiderstand innen Rsi [m ² K/W]		0,130
		Wärmeübergangswiderstand außen Rse [m ² K/W]		0,040
		Wärmedurchgangswiderstand RT		4,819
		Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/RT$		0,207

127 In Anlehnung an Krec (2006), Testraum 1, Seite 44.

128 In Anlehnung an Krec (2006), Testraum 1, Seite 45.

Anhang C - Daten zur Parameterstudie Sommerfall

<i>Material (innen)</i>	<i>Dicke d [m]</i>	<i>Produkt</i>	<i>Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]</i>	<i>Wärmedurchlasswiderstand $D = d/\lambda$ [m²K/W]</i>
N_C2	Oberste Geschoßdecke – Holzrahmendecke¹²⁹			
Kiesschüttung	0,050	1.508.02	0,700	0,071
Filtervlies	----	----	----	----
Wurzelfolie	----	----	----	----
Wärmedämmung (Gefälle)	0,050	z.B.: EPS-W 20, Austrotherm	0,038	1,316
Feuchtesperre	0,010	Bitumendachbahn, 2 x 0,5 cm	0,170	0,059
Spanplatte	0,019	1.404.10	0,130	0,146
Holzrahmen/Dämmung	0,180	Mineralwolle	0,039	4,615
Dampfbremse	----	----	----	----
Luftschicht/Montagelattung	0,024		0,145	0,166
Gipskartonplatte	0,013	1.710.04	0,210	0,060
	Σ 0,35	Wärmeübergangswiderstand oben Rsi [m ² K/W]		0,100
		Wärmeübergangswiderstand unten Rse [m ² K/W]		0,100
		Wärmedurchgangswiderstand RT		6,633
		Wärmedurchgangskoeffizient U = 1/RT		0,151
N_D2	Geschoßdecke – Holzbalkendecke¹³⁰			
Parkett	0,015	Fertigparkett, 1.402.04	0,150	0,100
Estrich	0,050	Betonestrich, 1.202.06	1,400	0,036
Trittschalldämmung	0,030	z.B.: TDPT 30 – Isover	0,038	0,789
Schüttung	0,040	1.508.02	0,700	0,057
Rieselschutz	----	----	----	----
Spanplatte	0,019	1.404.10	0,130	0,146
Holzrahmen/Luftraum	0,100		0,556	0,180
Holzrahmen/Dämmung	0,100	Mineralwolle/Holzbalken	0,039	2,564
Luftschicht/Montagelattung	0,024		0,145	0,166
Gipskartonplatte	0,013	1.710.04	0,210	0,060
	Σ 0,39	Wärmeübergangswiderstand oben Rsi [m ² K/W]		0,100
		Wärmeübergangswiderstand unten Rse [m ² K/W]		0,100
		Wärmedurchgangswiderstand RT		4,297
		Wärmedurchgangskoeffizient U = 1/RT		0,233

129 In Anlehnung an Krec (2006), Testraum 2, Seite 56.

130 In Anlehnung an Krec (2006), Testraum 1, Seite 44.

Tabelle C.6: Bauteilaufbauten zum Testraum für die Varianten Wärmedämmung nach Passivhausstandard (P) in Leichtbauweise, Innenwände wie nach Bauordnung, Fensterrahmen wie bei Massivbauweise

Material (innen)	Dicke d [m]	Produkt	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	Wärmedurchlasswiderstand $D = d/\lambda$ [m ² K/W]
P_A2	Außenwand – TJI-Träger¹³¹			
Gipskartonplatte	0,125	1.710.04	0,210	0,595
Luftschicht/Montagelattung	0,050		0,263	0,190
OSB-Platte	0,018		0,130	0,138
TJI/Wärmedämmung	0,360	Zellulosedämmung	0,040	9,000
DWD-Platte	0,016		0,140	0,114
Hinterlüftung	----	----	----	---
	Σ 0,39	Wärmeübergangswiderstand innen Rsi [m ² K/W]		0,130
		Wärmeübergangswiderstand außen Rse [m ² K/W]		0,040
		Wärmedurchgangswiderstand RT		10,208
		Wärmedurchgangskoeffizient U = 1/RT		0,098
P_C2	Oberste Geschoßdecke – Holzrahmendecke¹³²			
Kiesschüttung	0,050	1.508.02	0,700	0,071
Filtervlies	----	----	----	----
Wurzelfolie	----	----	----	----
Wärmedämmung (Gefälle)	0,140	z.B.: EPS-W 20 plus, Austrotherm	0,032	4,375
Feuchtesperre	0,010	Bitumendachbahn, 2 x 0,5 cm	0,170	0,059
Spanplatte	0,019	1.404.10	0,130	0,146
Holzrahmen/Dämmung	0,180	Mineralwolle,	0,035	5,143
Dampfbremse	----	----	----	----
Luftschicht/Montagelattung	0,024		0,145	0,166
Gipskartonplatte	0,013	1.710.04	0,210	0,060
	Σ 0,44	Wärmeübergangswiderstand oben Rsi [m ² K/W]		0,100
		Wärmeübergangswiderstand unten Rse [m ² K/W]		0,100
		Wärmedurchgangswiderstand RT		10,219
		Wärmedurchgangskoeffizient U = 1/RT		0,098
P_D2	Geschoßdecke – Holzbalkendecke¹³³			
Parkett	0,015	Fertigparkett, 1.402.04	0,150	0,100
Estrich	0,050	Betonestrich, 1.202.06	1,400	0,036
Trittschalldämmung	0,030	z.B.: TDPT 30 – Isover	0,038	0,789
Schüttung	0,040	1.508.02	0,700	0,057
Rieselschutz	----	----	----	----

131 In Anlehnung an Krec (2006), Testraum 1, Seite 46.

132 In Anlehnung an Krec (2006), Testraum 2, Seite 58.

133 In Anlehnung an Krec (2006), Testraum 1, Seite 44.

Anhang C - Daten zur Parameterstudie Sommerfall

Material (innen)	Dicke d [m]	Produkt	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	Wärmedurchlasswiderstand D = d/λ [m²K/W]
Spanplatte	0,019	1.404.10	0,130	0,146
Holzrahmen/Luftraum	0,100		0,556	0,180
Holzrahmen/Dämmung	0,100	Mineralwolle/Holzbalken	0,039	2,564
Luftschicht/Montagelattung	0,024		0,145	0,166
Gipskartonplatte	0,013	1.710.04	0,210	0,060
	Σ 0,39	Wärmeübergangswiderstand oben Rsi [m²K/W]		0,100
		Wärmeübergangswiderstand unten Rse [m²K/W]		0,100
		Wärmedurchgangswiderstand RT		4,297
		Wärmedurchgangskoeffizient U = 1/RT		0,233

Ergebnisdokumentation

Tabelle C.7: Ergebnisse der einzelnen durchgeführten Simulationsrechnungen zum Sommertauglichkeitsnachweis, maximale empfundene Raumlufttemperaturen des jeweiligen Tagesganges

Planfeld	Variante	Seehöhe	Gemeinde	Geografische Lage		Lufttemperatur außen			maximal empfundene Raumlufttemperatur			
				Breite	Länge	Mittel	Maximum	Minimum	24h-Nutz. 08 - 20:00	24h-Nutz. 20 - 08:00	Tag-nutzung	Nacht-nutzung
Planfeld 8	V4M	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	19 °C	25,6 °C	11,7 °C	26,0 °C	25,9 °C	25,5 °C	25,1 °C
	V4L	900 m	Thüringen	47° 13'	9° 47'	19 °C	25,6 °C	11,7 °C	27,7 °C	27,5 °C	27,3 °C	26,6 °C
	V4M	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	18 °C	24,6 °C	10,7 °C	25,1 °C	25,0 °C	24,5 °C	24,2 °C
	V4L	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	18 °C	24,6 °C	10,7 °C	26,7 °C	26,5 °C	26,3 °C	25,6 °C
	N4M	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	19 °C	25,6 °C	11,7 °C	25,5 °C	25,5 °C	24,9 °C	24,6 °C
	N4L	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	19 °C	25,6 °C	11,7 °C	26,3 °C	26,1 °C	25,7 °C	25,2 °C
	N4M	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	18 °C	24,6 °C	10,7 °C	24,5 °C	24,5 °C	23,9 °C	23,6 °C
	N4L	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	18 °C	24,6 °C	10,7 °C	25,3 °C	25,2 °C	24,8 °C	24,2 °C
	P4M	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	19 °C	25,6 °C	11,7 °C	25,3 °C	25,1 °C	24,7 °C	24,2 °C
	P4L	900 m	Thüringerberg	47° 13'	9° 47'	19 °C	25,6 °C	11,7 °C	26,2 °C	25,9 °C	25,6 °C	24,9 °C
	P4M	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	18 °C	24,6 °C	10,7 °C	24,4 °C	24,2 °C	23,7 °C	23,2 °C
	P4L	1300 m	Dünserberg	47° 14'	9° 43'	18 °C	24,6 °C	10,7 °C	25,2 °C	25,0 °C	24,6 °C	23,9 °C
Planfeld 42	V4M	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	20 °C	26,6 °C	12,7 °C	27,0 °C	26,9 °C	26,5 °C	26,1 °C
	V4L	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	20 °C	26,6 °C	12,7 °C	28,7 °C	28,4 °C	28,3 °C	27,5 °C
	V4M	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	18 °C	24,6 °C	10,7 °C	25,1 °C	24,9 °C	24,5 °C	24,1 °C
	V4L	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	18 °C	24,6 °C	10,7 °C	26,7 °C	26,5 °C	26,3 °C	25,6 °C
	N4M	900 m	Ried im	47° 03'	10° 39'	20 °C	26,6 °C	12,7 °C	26,5 °C	26,4 °C	25,9 °C	25,6 °C

Anhang C - Daten zur Parameterstudie Sommerfall

Planfeld	Variante	Seehöhe	Gemeinde	Geografische Lage		Lufttemperatur außen			maximal empfundene Raumlufttemperatur			
				Breite	Länge	Mittel	Maximum	Minimum	24h-Nutz. 08 - 20:00	24h-Nutz. 20 - 08:00	Tag-nutzung	Nacht-nutzung
			Oberinntal									
	N4L	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	20 °C	26,6 °C	12,7 °C	27,2 °C	27,1 °C	26,7 °C	26,3 °C
	N4M	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	18 °C	24,6 °C	10,7 °C	24,5 °C	24,5 °C	23,9 °C	23,6 °C
	N4L	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	18 °C	24,6 °C	10,7 °C	25,3 °C	25,1 °C	24,8 °C	24,2 °C
	P4M	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	20 °C	26,6 °C	12,7 °C	26,3 °C	26,1 °C	25,6 °C	25,2 °C
	P4L	900 m	Ried im Oberinntal	47° 03'	10° 39'	20 °C	26,6 °C	12,7 °C	27,2 °C	26,9 °C	26,5 °C	25,9 °C
	P4M	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	18 °C	24,6 °C	10,7 °C	24,4 °C	24,1 °C	23,6 °C	23,2 °C
	P4L	1300 m	Serfaus	47° 02'	10° 37'	18 °C	24,6 °C	10,7 °C	25,2 °C	24,9 °C	24,6 °C	23,9 °C
Planfeld 55	V4M	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	18 °C	24,6 °C	10,7 °C	25,1 °C	24,9 °C	24,5 °C	24,1 °C
	V4L	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	18 °C	24,6 °C	10,7 °C	26,7 °C	26,5 °C	26,3 °C	25,6 °C
	V4M	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	17 °C	23,6 °C	9,7 °C	24,1 °C	24,0 °C	23,5 °C	23,2 °C
	V4L	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	17 °C	23,6 °C	9,7 °C	25,8 °C	25,5 °C	25,3 °C	24,6 °C
	N4M	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	18 °C	24,6 °C	10,7 °C	24,5 °C	24,5 °C	23,9 °C	23,6 °C
	N4L	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	18 °C	24,6 °C	10,7 °C	25,3 °C	25,1 °C	24,8 °C	24,2 °C
	N4M	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	17 °C	23,6 °C	9,7 °C	23,5 °C	23,5 °C	22,9 °C	22,6 °C
	N4L	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	17 °C	23,6 °C	9,7 °C	24,3 °C	24,2 °C	23,8 °C	23,2 °C
	P4M	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	18 °C	24,6 °C	10,7 °C	24,4 °C	24,2 °C	23,7 °C	23,2 °C
	P4L	900 m	Reutte	47° 29'	10° 43'	18 °C	24,6 °C	10,7 °C	25,5 °C	24,9 °C	24,6 °C	23,9 °C
	P4M	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	17 °C	23,6 °C	9,7 °C	23,4 °C	23,2 °C	22,7 °C	22,2 °C
	P4L	1300 m	Berwang	47° 25'	10° 45'	17 °C	23,6 °C	9,7 °C	24,2 °C	24,0 °C	23,6 °C	22,9 °C
Planfeld 142	V4M	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	19 °C	25,7 °C	11,7 °C	26,0 °C	25,9 °C	25,5 °C	25,1 °C
	V4L	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	19 °C	25,7 °C	11,7 °C	27,7 °C	27,4 °C	27,3 °C	26,5 °C
	V4M	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	17 °C	23,7 °C	9,7 °C	24,0 °C	23,9 °C	23,5 °C	23,2 °C
	V4L	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	17 °C	23,7 °C	9,7 °C	25,7 °C	25,4 °C	25,3 °C	24,5 °C
	N4M	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	19 °C	25,7 °C	11,7 °C	25,5 °C	25,4 °C	24,9 °C	24,6 °C
	N4L	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	19 °C	25,6 °C	11,7 °C	26,2 °C	26,1 °C	25,7 °C	25,1 °C
	N4M	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	17 °C	23,6 °C	9,7 °C	23,5 °C	23,5 °C	22,9 °C	22,6 °C
	N4L	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	17 °C	23,7 °C	9,7 °C	24,3 °C	24,1 °C	23,7 °C	23,1 °C
	P4M	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	19 °C	25,7 °C	11,7 °C	25,3 °C	25,1 °C	24,6 °C	24,1 °C

Anhang C - Daten zur Parameterstudie Sommerfall

Planfeld	Variante	Seehöhe	Gemeinde	Geografische Lage		Lufttemperatur außen			maximal empfundene Raumlufttemperatur			
				Breite	Länge	Mittel	Maximum	Minimum	24h-Nutz. 08 - 20:00	24h-Nutz. 20 - 08:00	Tag- nutzung	Nacht- nutzung
	P4L	900 m	Matrei in Osttirol	47° 00'	12° 33'	19 °C	25,7 °C	11,7 °C	26,2 °C	25,9 °C	25,5 °C	24,8 °C
	P4M	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	17 °C	23,7 °C	9,7 °C	23,3 °C	23,1 °C	22,6 °C	22,1 °C
	P4L	1300 m	Kals am Großglockner	47° 00'	12° 39'	17 °C	23,7 °C	9,7 °C	24,2 °C	23,9 °C	23,6 °C	22,8 °C
Planfeld 647	V4M	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	23 °C	29,6 °C	15,7 °C	29,4 °C	29,1 °C	28,6 °C	28,1 °C
	V4L	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	23 °C	29,6 °C	15,7 °C	31,0 °C	30,5 °C	30,6 °C	29,6 °C
	N4M	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	23 °C	29,6 °C	15,7 °C	28,7 °C	28,6 °C	28,0 °C	27,6 °C
	N4L	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	23 °C	29,6 °C	15,7 °C	29,6 °C	29,4 °C	28,9 °C	28,2 °C
	P4M	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	23 °C	29,6 °C	15,7 °C	28,7 °C	28,5 °C	27,9 °C	27,3 °C
	P4L	160 m	Donaustadt	48° 15'	16° 27'	23 °C	29,6 °C	15,7 °C	29,6 °C	29,3 °C	28,9 °C	28,1 °C