



Diplomarbeit

Master Thesis

Bewegliche Dämmsysteme in Kombination mit Fensterkonstruktionen

Ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieures
unter der Leitung von

Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Karin Stieldorf
E253/4 - Hochbau und Entwerfen

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

Roman Paratscha
Matr.Nr.: 0526919
Kreuzgasse 60/18
1180 Wien

Wien, am 21. Oktober 2015

Hinweis:

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in der Vorliegenden Arbeit bei Gruppenbezeichnungen auf die Anführung von maskulinen und femininen Formen oder der Binnenmajuskel weitgehend verzichtet. Die Begriffe sind also, auch wenn aus grammatikalischer Sicht rein Männlich, stets auf Frauen und Männer gleichermaßen zu beziehen.

Danksagung

Ich möchte mich bei allen bedanken, die diese Arbeit und mein Studium der Architektur unterstützt und ermöglicht haben.

Mein Dank gilt meiner Betreuerin, Frau **Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Karin Stieldorf** für ihre entgegengebrachte Geduld und die Ermöglichung dieser Arbeit. Aus Ihrem Projekt „LISI“ ist die Idee zu dieser Arbeit entstanden.

Ich möchte mich bei Herrn **Univ. Prof. Arch. DI Dr. Martin Treberspurg** für sein Interesse, die gute Betreuung und die Möglichkeit bedanken diese Arbeit im Zuge einer universitären Anstellung fertigstellen zu dürfen.

Außerdem gebührt Herrn **DI Thomas Zelger** ein sehr großer Dank, da er mich bei der Erstellung der Simulationsmodelle tatkräftig unterstützt hat.

Ich danke meiner **Familie**, die mich immer unterstützt hat und mir die Möglichkeit gegeben hat dieses Studium zu besuchen.

Danke **Katrin** für deine Unterstützung in allen Lebenslagen und für die Motivation diese Arbeit zu vollenden.

Danke an alle meine **Freunde**, die diesen tollen aber auch schweren Abschnitt meines Lebens mit mir gemeinsam gemeistert haben.

Kurzfassung

Fensterläden sind zurzeit wieder ein beliebtes architektonisches Element nachdem sie schon fast in Vergessenheit geraten sind. Sie werden hauptsächlich als Verschattungselement verwendet und somit wird das große Potential dieses Fassadenelementes nur minimalst genutzt. Im Rahmen der Diplomarbeit soll dieses Potenzial aufgezeigt und in der Entwicklung eines neuartigen sowie leistbaren Ladensystems wiedergegeben werden.

Beginnend bei einer historischen Skizze wird die Entwicklung und Verbreitung, als auch Arten und Einsatzvarianten des Fassadenelementes aufgezeigt, wobei der Fokus auf spezielle Systeme aus der Schweiz gerichtet wird. Diese sind besonders ausgeklügelt und zeugen von besonderem Einfallsreichtum in Bezug auf Fassadenintegration.

Die Entwicklung des Fensterladens wurde parallel zu der des Fensters vollzogen und dient somit der Ergänzung des Fensters. Um diese Ergänzungen weiterentwickeln zu können, ist es notwendig die Funktionalismen des Bauteiles Fenster zu verstehen. Deshalb werden deren Eigenschaften und die dadurch entstehenden Abhängigkeiten beleuchtet.

Aufbauend auf dieser Funktionsanalyse wird im Entwurfsteil darauf eingegangen, wie mit Fensterladensystemen einzelne Eigenschaften der Fenster verbessert werden können. Der zweite Schwerpunkt besteht darin, ein möglichst marktfähiges und multifunktionales System aufzuzeigen.

Im letzten Teil wird das entwickelte System thermisch simuliert um dadurch die Funktionalität sowie die wirtschaftlichen Vorteile eines solchen Systems dargestellt.

Abstract

Shutters are currently playing a popular architectural element after they have been almost forgotten. They are mainly used as a shading element and thus the great potential of this facade element is used only minimally. In the thesis the potential of these elements will be identified and reflected in the development of a novel and affordable shutter-system.

A historical sketch will show the evolution and the dissemination of the facade element, whereby the focus is directed to specific systems from Switzerland. These are very sophisticated and are evidence of special ingenuity in relation to facade integration.

The development of the shutter was done in parallel to the window and thus serves to complement the window. In order to further develop these supplements, it is necessary to understand the functionalisms of the component window. Therefore, their properties and the resulting dependencies are illuminated.

Based on this functional analysis will be discussed on the design part of how individual characteristics of the window can be improved with insulating shutter systems. The second focus is to show a possible multifunctional system.

In the last part, the developed system is thermally simulated thereby represented the functionality as well as the economic benefits of such a system.

INHALTSVERZEICHNIS

KURZFASSUNG / ABSTRACT	VII
1 EINLEITUNG	1
2 FENSTERLÄDEN.....	5
2.1 Historischer Überblick.....	5
2.2 Die weltweite Verbreitung von Fensterläden.....	8
2.3 Spezielle Ladensysteme aus der Schweiz	12
2.3.1 Die Urform des Fensterladens.....	12
2.3.2 Klappläden mit Eisenbeschlag	12
2.3.3 Klappläden mit beweglichen Lamellen.....	13
2.3.4 Klappläden nach oben und unten öffnenbar.....	13
2.3.5 Horizontale Schiebeläden.....	14
2.3.6 Fensterintegrierte Schiebeläden	14
2.3.7 Vertikale Schiebeläden	15
2.3.8 Abwärts schiebbare Läden	16
2.3.9 Aufwärts schiebbare Fensterläden.....	17
2.3.10 Künstlerische Ausgestaltung der Fensterläden.....	18
2.4 Funktionen der Fensterläden in Abhängigkeit der Fensterentwicklung und von klimatischen Einflüssen ...	19
3 ANFORDERUNGEN UND FUNKTIONEN MODERNER FENSTER.....	20
3.1 Wärmeschutz und Wärmegewinne.....	24
3.1.1 Winterlicher Wärmeschutz.....	25
3.1.2 Temporärer Wärmeschutz	29
3.1.3 Sommerlicher Wärmeschutz	31
3.1.4 Solare Wärmegewinne	33
3.2 Sonnenschutz und Lichtlenkung.....	36
3.2.1 Sonnenschutz	36
3.2.2 Lichtlenkung und Blendschutz.....	38
3.3 Brandschutz	39
3.4 Luft- und Schlagregendichtheit	40
3.4.1 Luftdichtheit	40
3.4.2 Lüftung.....	41
3.4.3 Schlagregendichtheit.....	42
3.4.4 Mechanische Belastung durch Windkraft	42
3.5 Schallschutz	44

3.6	Absturzsicherung	50
3.7	Energieproduktion	52
3.8	Einbruchschutz.....	54
3.9	Schutz gegen Naturgewalten	55
4	DER DÄMMLADEN: STAND DER TECHNIK UND RECHTLICHE GRUNDLAGEN...	56
4.1	Patentrecherche.....	56
4.2	DE 2924362 A1	57
4.3	Rechtliche Rahmenbedingungen, Abgaben und Förderungen.....	59
5	KONSTRUKTIONSANALYSE UND ENTWURF.....	66
5.1	Wärmeschutz und Wärmegewinne.....	70
5.1.1	U-Wert-Berechnung nach ÖNORM EN ISO 10077-1/2	70
5.1.2	Ergebnisse der U-Wert-Berechnung.....	72
5.1.3	Wärmegewinne	75
5.1.4	Energiebilanz	77
5.2	Sonnenschutz und Lichtlenkung.....	82
5.3	Brandschutz	84
5.4	Luft- und Schlagregendichtheit	86
5.4.1	Luftdichtheit	86
5.4.2	Lüftung.....	89
5.4.3	Schlagregendichtheit	90
5.4.4	Mechanische Belastung durch Windkraft	90
5.5	Schallschutz	91
5.6	Absturzsicherung	92
5.7	Energieproduktion	93
5.8	Einbruchschutz.....	98
5.9	Schutz gegen Naturgewalten	99
6	ÖKOBILANZIERUNG DES BAUTEILES.....	102
7	LEITDETAILS	104
8	SIMULATIONEN.....	113

8.1	2D Wärmebrückensimulation (Antherm: EN ISO 10077)	113
8.1.1	Fall 1: Fenster ($U_w = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$)	114
8.1.2	Fall 2: Dämmloaden mit EPS als Plattenmaterial.....	115
8.1.3	Fall 3: Dämmloaden mit Vakuum-Dämmplatten	116
8.2	Dynamische, instationäre Simulation	117
8.2.1	Verwendetes Programm.....	117
8.2.2	Simulationsstandorte und Klimadaten	118
8.2.2.1	Wien – Hohe Warte	119
8.2.2.2	Innsbruck	120
8.2.2.3	Heiligenblut am Großglockner	121
8.2.3	Simulierter Raum	122
8.2.4	Wandaufbauten des Simulationsmodells.....	123
8.2.5	Steuerungsvorgaben und Konstruktion des Dämmloadens	124
8.2.5.1	Dämmloadenkonstruktion	124
8.2.5.2	Nachtschließung	124
8.2.5.3	Verschattung.....	124
8.2.6	Simulationsvarianten.....	125
8.2.7	Simulationsergebnisse.....	127
8.2.7.1	Heiz- und Kühlbedarf für das gesamte Referenzjahr	127
8.2.7.2	Heizwärmebedarfsverringerng durch Anbringung eines Dämmloadens.....	136
8.2.7.3	Kühlbedarfsbedarfsverringerng durch Anbringung eines Dämmloadens.....	137
8.2.7.4	Monatsmittelwerte für Heiz- und Kühlbedarf von W.2.a.S	138
8.2.7.5	Stundenwerte für W.2.a.S am Tag mit dem höchsten Kühlbedarf des Jahres	140
8.2.7.6	Stundenwerte für W.2.a.S am Tag mit dem höchsten Heizbedarf des Jahres.....	143
8.2.7.7	Vorteile eines Dämmloadens gegenüber einem Passivhausfenster im Sanierungsfall	146
9	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	149
10	ANHANG	153
	Abbildungsverzeichnis	153
	Tabellenverzeichnis	156
	Literaturnachweis	158
	Fachbücher	158
	Normen und Rechtsschriften.....	159
	Kataloge	160

1 EINLEITUNG

Die Weltbevölkerung wächst. Laut des Bevölkerungsfonds der Vereinten Nationen (UNFPA) leben seit Oktober 2011 mehr als 7 Milliarden Menschen auf dem Planeten¹ und laut eines UNO-Szenarios könnten es 2050 bereits 9,7 Milliarden sein,² wenn sich an der derzeitigen Situation nichts ändert.

Mehr Menschen bedeuten einen höheren Energiebedarf, der gedeckt werden will. Der weltweite Primärenergieverbrauch betrug 2010 in etwa 505 EJ/a (Exajoule je Jahr, 1 EJ = 10^{18} J)³ und wird laut BP bis 2035 um 37% steigen.⁴

Ein höherer Energiebedarf beinhaltet einen höheren Verbrauch von unseren ohnehin knappen Ressourcen. Da die fossilen Energieträger rund 85% des weltweiten Energiebedarfes decken, sind die Folgen für die Umwelt katastrophal.

Dieser Tatsache sind sich mittlerweile viele bewusst. Die EU hat ihre Klimaziele für 2020 auf 20% Energieeinsparung, 20% Treibhausgasreduktion und 20% Erhöhung des erneuerbaren Energieanteiles festgelegt.⁵ Durch die Verabschiedung des Klimapakets wird auch Österreich angehalten seinen Teil dazu beizutragen. In der „Energierstrategie Österreich“ vom 17.04.2009 sind folgende Ziele festgelegt:⁶

- 20% mehr Energieeffizienz
- 34% Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien
- 21% weniger Treibhausgase für die Sektoren im Emissionshandelssystem
- 16% weniger Treibhausgase für die restlichen Sektoren

Der von „Statistik Austria“ erhobene österreichische energetische Endbedarf des Jahres 2012 betrug 1.100 PJ (Petajoule, 1 PJ = 10^{15} J).⁷ Im Vergleich zum weltweiten Verbrauch stellt dies 0,22% dar.

¹ URL: <http://www.unfpa.org/publications/state-world-population-2011> [30.12.2014].

² URL: esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/Key_Findings_WPP_2015 [05.06.2015].

³ Vgl. BP Statistical Review of World Energy 2011 full report.

⁴ URL: <http://www.bp.com> [30.12.2014].

⁵ URL: <http://www.europarl.europa.eu> [30.12.2014].

⁶ URL: <http://www.bmwfw.gv.at/EnergieUndBergbau/EnergierstrategieUndEnergiepolitik/Seiten/Energierstrategie.aspx> [30.12.2014].

⁷ URL: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energiebilanzen/index.html [30.12.2014].

Tabelle 1: Endenergieverbrauch Österreich (1970-2012)⁸

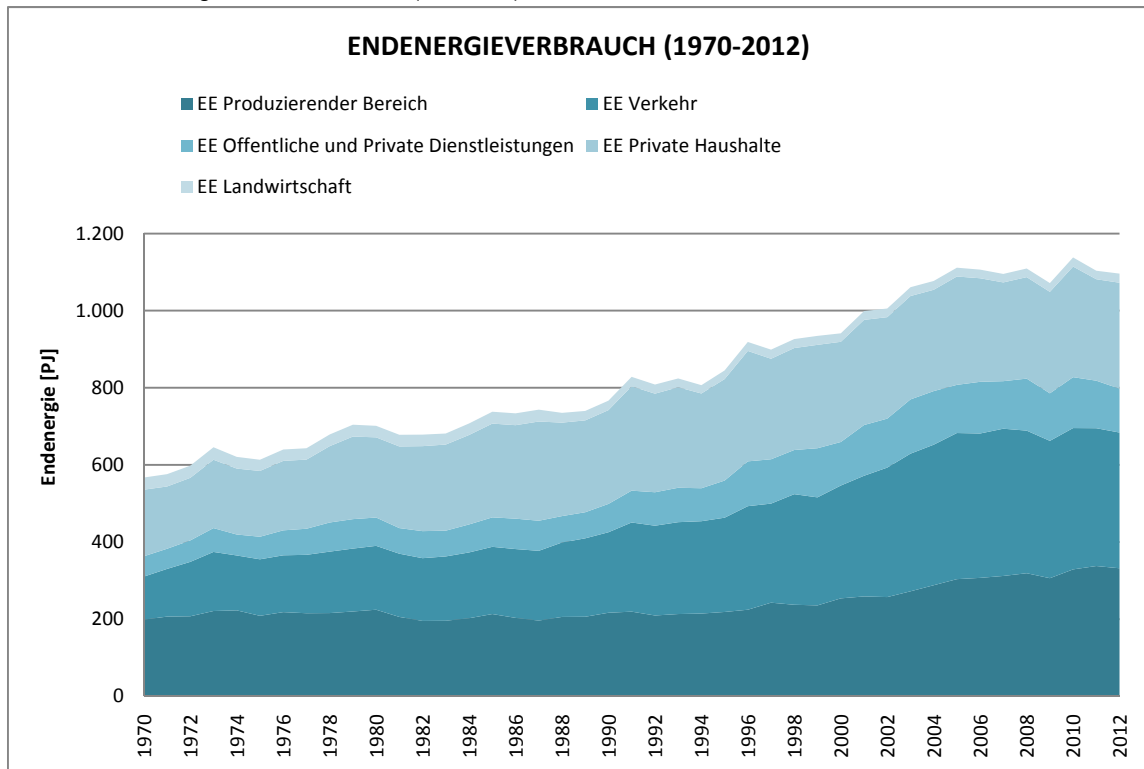
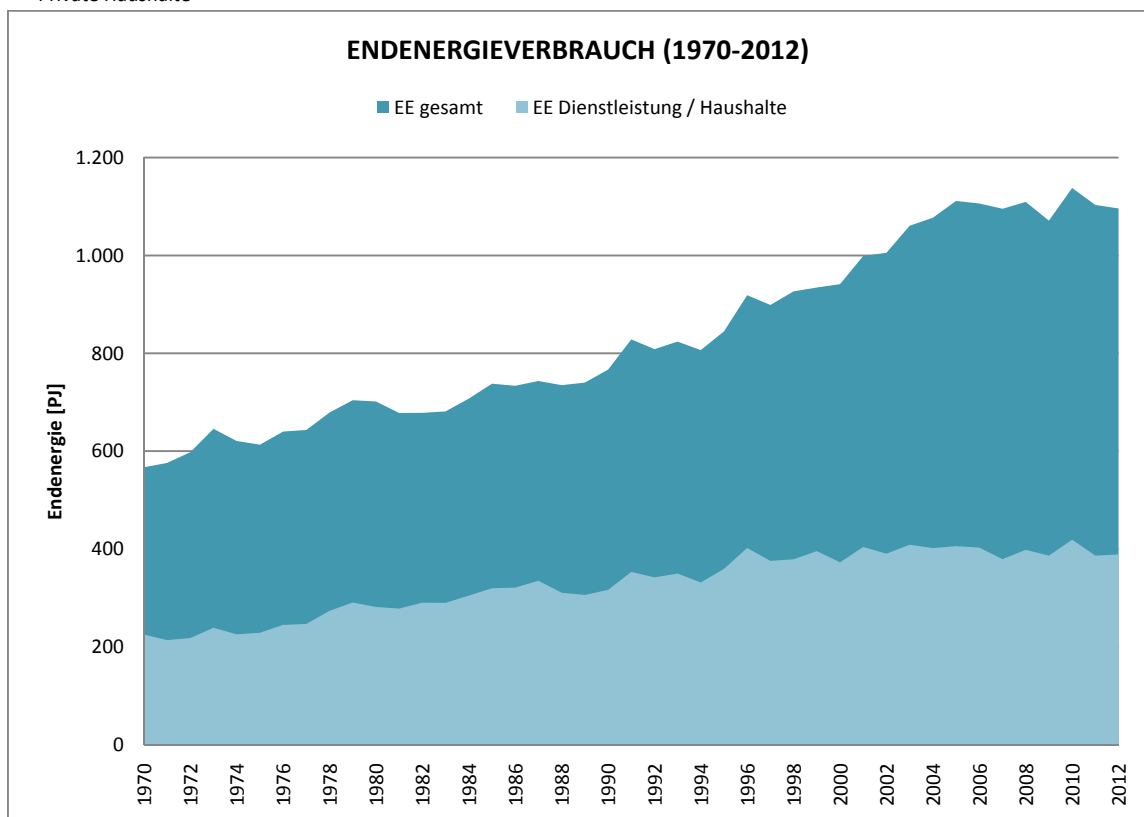


Tabelle 2: Endenergieverbrauch Österreich (1970-2012) bezogen auf dem Gesamtverbrauch und den Sektoren Dienstleistung/ Private Haushalte⁹



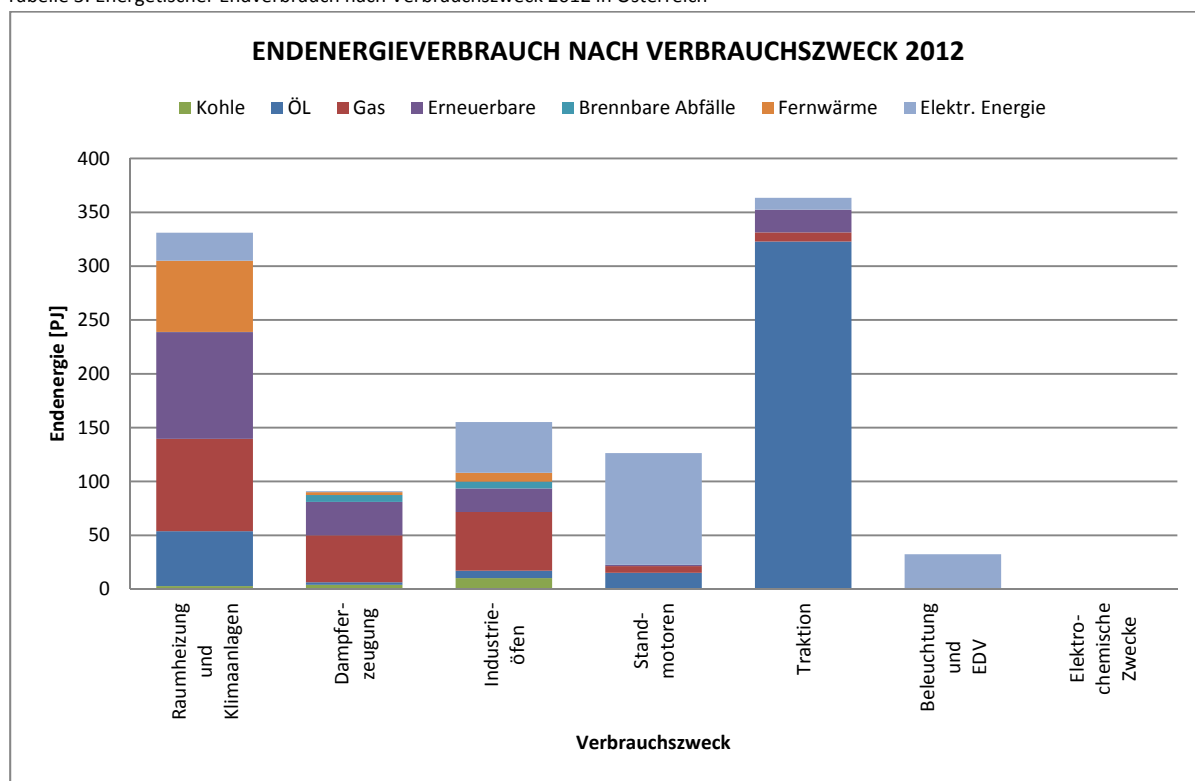
⁸ Datenquelle: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energiebilanzen/index.html [30.12.2014].

⁹ Datenquelle: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energiebilanzen/index.html [30.12.2014].

Im Jahr 2012 verbrauchten alleine die Sektoren der privaten Haushalte und der Dienstleistungen 35,5% des österreichischen Gesamtendenergiebedarfes. Das macht 388 PJ aus. In diesen beiden Sektoren wird die meiste Energie für das Heizen und Kühlen gebraucht.¹⁰

Bezugnehmend auf die Nutzenergiekategorien 2012 (die sich auf alle Sektoren beziehen) werden rund 30% des Endenergiebedarfes für die Heizung und Kühlung von Gebäuden aufgewandt. Dies ist der zweithöchste Verbrauchszweck und beträgt insgesamt 331 PJ.¹¹

Tabelle 3: Energetischer Endverbrauch nach Verbrauchszweck 2012 in Österreich¹²



Laut Fachverband WDVS entstehen 25% der Wärmeverluste eines Hauses durch Fenster und das wären 82 PJ, die in Österreich pro Jahr über Fensterflächen verloren gehen.¹³ Dies entspricht dem Brennwert von 5,7 Millionen Tonnen trockenem Buchenholz¹⁴ und das wären 7,2% des österreichischen Endenergiebedarfes. Diese 7,2% decken fast die Hälfte des Klimazieles für 2020 ab.

¹⁰ URL: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energiebilanzen/index.html [30.12.2014].

¹¹ URL: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energiebilanzen/index.html [30.12.2014].

¹² Datenquelle: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energiebilanzen/index.html [30.12.2014].

¹³ Vgl. Bogusch/Duzia, 2012, S.50.

¹⁴ URL: http://www.esv.or.at/fileadmin/esv_files/Info_und_Service/Scheitholz.pdf [24.03.2015].

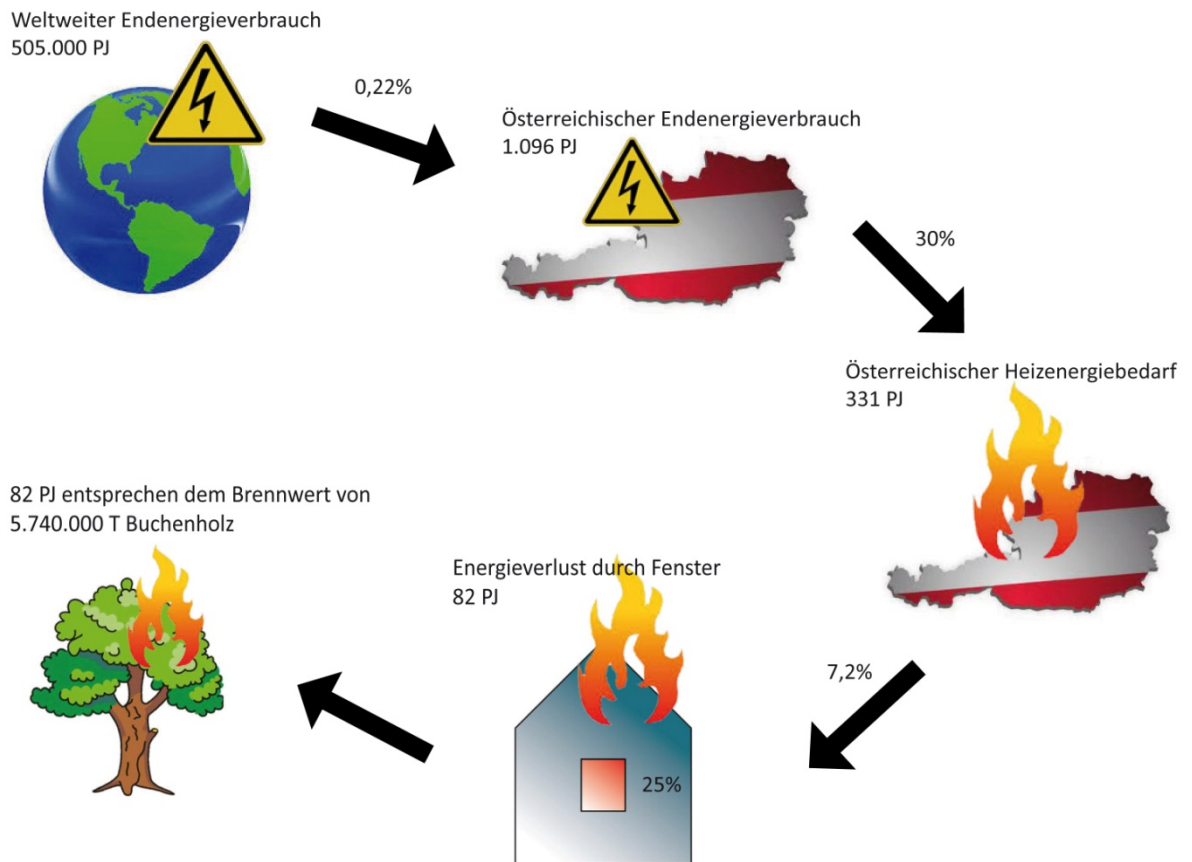


Abbildung 1: Energieverlust durch Fenster im Vergleich zum weltweiten Endenergieverbrauch¹⁵

Die Wärmeverluste, die durch das Bauteil Fenster entstehen, auf null zu reduzieren ist utopisch, aber es kann bemerkt werden, dass sich noch ein großes Potential der Verbesserung darin verbirgt.

Die Motivation und der Sinn dieser Arbeit bestehen darin, moderne Dämmsysteme für Fenster oder Verglasungen zu entwerfen und dessen Effizienz und Potential zu eruieren. Außerdem soll damit ein Beitrag zur Verminderung von häuslichen Wärmeverlusten ohne Einbußen von Lebensqualität und Behaglichkeit der Nutzer zu verursachen, geleistet werden.

¹⁵ Quelle: Vom Verfasser.

2 FENSTERLÄDEN

2.1 Historischer Überblick

Die ersten Fensteröffnungen gab es in der Zeit der Hethiter um 1500 vor Christus. Es gilt die Annahme, dass die ersten Fensterläden allein dem Verschluss der Öffnungen dienten. Die genaue Entstehungszeit der ersten Läden kann nur angenommen werden, da keine Beläge existieren. Die Annahme besagt, dass es die Konstruktion seit 3000 Jahren gibt. In den Bauten des Mittelalters (500 bis 1500) wurden Holzläden von der Innenseite des Fensters angebracht und durch einen Balken arretiert. Bei Kälte und Dunkelheit wurden auch einfache Brettläden mittels simpler Schiebemechanik dazu verwendet, um die Öffnungen zu schließen. In der Romanik (1000 bis 1250) gab es die ersten Klappläden in Kombination mit Beschlägen. Außerdem wurden in mittelalterlichen Burgen Fallläden benutzt, um Schießscharten zu verdecken.¹⁶

Eine frühe Form des Ladens wird so beschrieben, dass man in der Nacht damit das Fenster geschützt und er bei Tag heruntergeklappt werden konnte, um darauf Waren zu verkaufen. Das Wort Laden kann im Sinne eines Geschäftes auf ein solches Konstrukt zurückgeführt werden. Ein historisierendes Beispiel für einen Klappladen ist in Nürnberg zu finden, wobei angenommen werden kann, dass es solche Läden in früheren Jahrhunderten schon gab.¹⁸



Abbildung 2: Historisierender Fensterladen¹⁷

¹⁶ Vgl. Hänel, 2005, S.12.

¹⁷ Quelle: Hänel, 2005, S.13.

¹⁸ Vgl. Hänel, 2005, S.13.

In der **Renaissance** waren Fensterläden hauptsächlich an Gebäuden der unteren Schichten zu finden. Die Gründe dafür waren einerseits die fehlenden Glasfenster und andererseits, dass bei Prunkbauten mit Glasfenstern die Läden eher innen waren, wegen der aufwändigen Fassadengestaltung. Außerdem gab es Läden zur besseren Kontrolle der Belüftung und Belichtung der Räume, die partiell geöffnet werden konnten. Beispiele für Dreh- und Klappläden werden auf Gemälden dieser Zeit dargestellt.¹⁹



Abbildung 3: Mérode – Triptychon: Robert Campin 1429²⁰

In der **Spätrenaissance** (Manierismus ab 1500) wurde in den Niederlanden begonnen Fensterläden auch im Außenbereich zu montieren. Diese waren vollflächig und kommen den heutigen Exemplaren sehr nahe. Diese Bauart verbreitete sich auch in den Nachbarstaaten. Eine spezielle Art des Ladens aus dieser Zeit ist in Schottland zu finden. In der schottischen Renaissanceburg Baltersan (Maybole, England, 1584) wurden Schiebeläden angebracht, die in der Fassade verschwinden konnten.²¹



Abbildung 4: Reste des Fensters von Baltersan²²

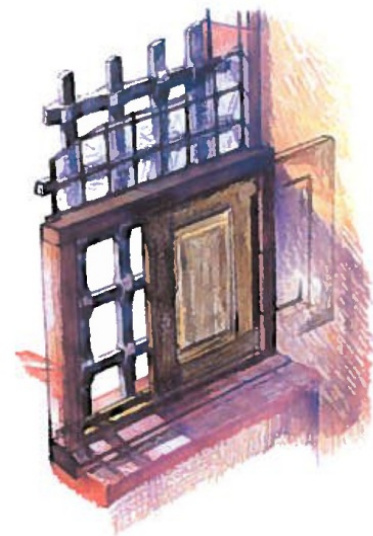


Abbildung 5: Skizze des Fensterladens von Baltersan²³

¹⁹ Vgl. Hänel, 2005, S.14.

²⁰ Quelle: <http://de.wahooart.com/@/8XZLTQ-Robert-Campin-%28Master-Of-Flemalle%29-Merode-Altar> [20.12.2014].

²¹ Vgl. Hänel, 2005, S.15.

²² Quelle: Hänel, 2005, S.15.

²³ Quelle: Hänel, 2005, S.15.

In der **Barockzeit** verbreiteten sich die Fensterläden in ganz Europa. Am häufigsten waren Rahmenkonstruktionen mit einer Lamellenfüllung. Die verstellbaren Lamellen wurden erst im 19. Jh. erfunden.²⁴

Bei Fachwerkhäusern des **16. und 17. Jahrhunderts** sind Fensterläden sehr vereinzelt zu finden, wobei diese vermutlich erst im Nachhinein montiert wurden. Im 18. Jahrhundert wurden Läden eher nur noch im Erdgeschoss angebracht, für einen zusätzlichen Schutz des Fensters.²⁴

Im **19. Jahrhundert** waren hauptsächlich Schlagläden an der Innenseite beliebt, die vor Einbruch schützen sollten und gleichzeitig als Innenraumelement benutzt wurden. Zu dieser Zeit kamen die ersten Roll- und Zugjalousien auf.²⁴

In der **zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts** wurden Fensterläden eher demontiert und keine neuen angebracht, da die Fenster immer größer und mit Rollläden bestückt wurden. Am Ende des 20. Jahrhunderts wurden sie wieder populär und sämtliche Arten des Ladens erlebten aufgrund der Automatisierung eine regelrechte Renaissance.²⁵

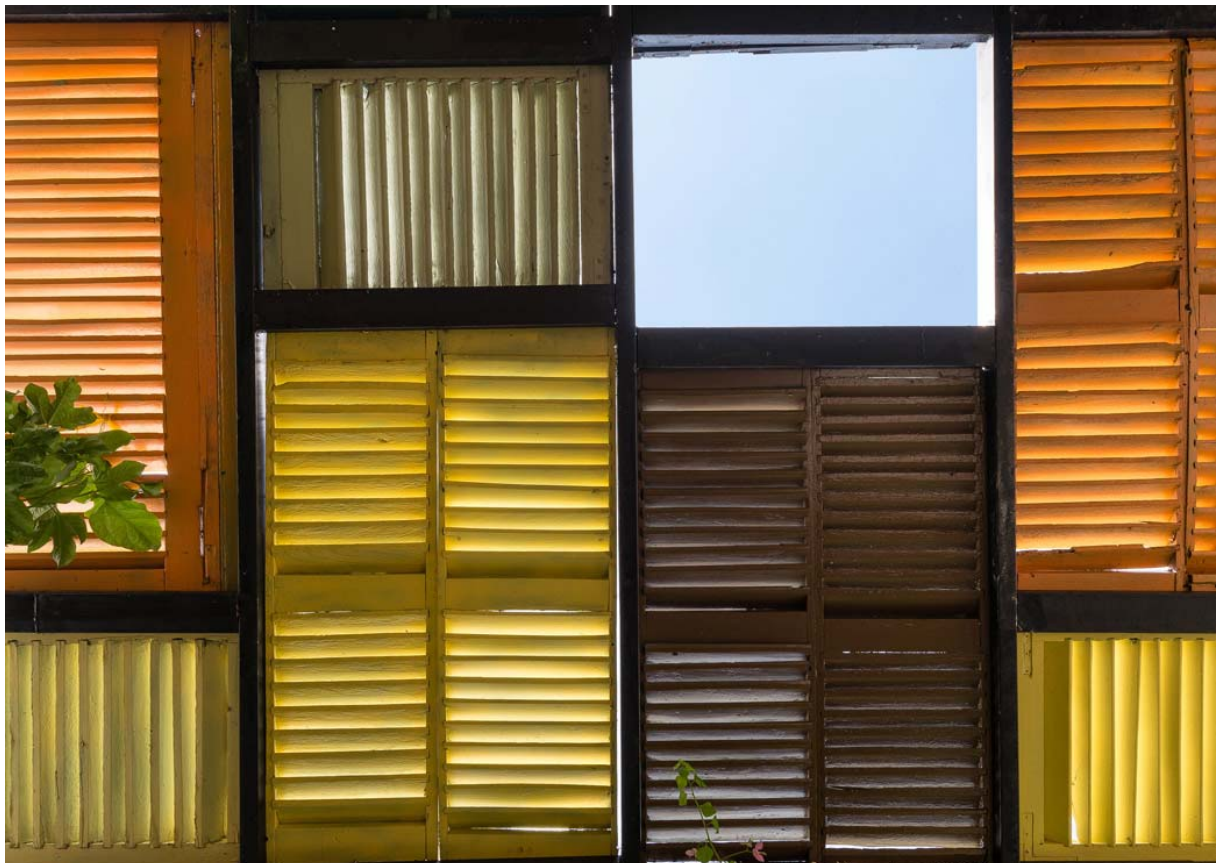


Abbildung 6: Vegan House von Block Architects in Vietnam 2015²⁶

²⁴ Vgl. Hänel, 2005, S.16.

²⁵ Vgl. Hänel, 2005, S.17.

²⁶ Quelle: <http://www.archdaily.com/641621/vegan-house-block-architects> (06.07.15) © Quang Tran [01.08.2015].

2.2 Die weltweite Verbreitung von Fensterläden

Fensterläden sind auf der ganzen Welt zu finden. Die typischste Region ist der **Mittelmeerraum**. Dort besitzt fast jedes Haus Fensterläden. Das gleichzeitige Beschatten und Lüften gibt die Art vor. Fast alle Fensterläden in der Region verfügen über fixe oder bewegliche Lamellen. Eine Ausnahme bildet Portugal. Dort gibt es hauptsächlich Innen- und Rollläden.²⁷



Abbildung 7: Fensterläden mit Lamellen. Verona (Verona, Italien)²⁸



Abbildung 8: Ausstellbarer Fensterladen mit vollflächiger Rahmenfüllung. Limone sul Garda (Brescia, Italien)²⁸



Abbildung 9: Fensterladenvariationen. Riva del Garda (Trento, Italien)²⁸

²⁷ Vgl. Hänel, 2005, S.25.

²⁸ Quelle: Vom Verfasser



Abbildung 10: Austellbarer Fensterladen aus Holz, Rahmenkonstruktion mit Lamellen, mit Stangenschloss verschließbar. (Toskana, Italien)²⁹



Abbildung 11: falt-Schiebeladen aus Holz, farbig lackiert. (Spanien)²⁹



Abbildung 12: Feingliedriger Fensterladen als Holz-Rahmenkonstruktion mit Korbbogen, Rahmen für Fensterflügel passgenau in die Sandsteinleibung gesetzt. (Madeira, Portugal)²⁹

In **Nord-, Mittel- und Osteuropa** sind Fensterläden zwar nicht so stark vertreten wie in den südlichen Regionen, aber für die dortige Architektur sehr prägend. Am meisten verbreiteten sind Klappläden mit Rahmenkonstruktion und flächiger Füllung.²⁷

Skandiaviens Vertreter der Klappläden sind massiv und vollflächig, da sie vor Wind und Kälte schützen müssen. Ähnlich ist es auch in Osteuropa.³⁰

Da **Großbritannien** eher ein gemäßigttes Klima besitzt, sind Fensterläden als Schutz gegen Kälte nicht notwendig. Außerdem sind die meisten Fenster nach außen öffnbar, wodurch Fensterläden in der Region seltener anzufinden sind.³⁰

²⁹ Quelle: Hänel, 2005, S. 27.

³⁰ Vgl. Hänel, 2005, S.26.

In **Nordafrika** sind Fensterläden meist ein dekoratives Element. Diese sind häufig hell- oder türkisblau und mit künstlerischen Schnitzereien verziert. Die verschiedenen Arten der Ausführung sind Klapp-, Faltklapp-, Setz- und nach vorne ausstellbare Läden. Eine interessante Eigenheit dieser Region ist, dass man die Fenster dreifach geschützt werden mit Glasfenstern, Fensterläden und einem Gitter. Das Gitter wird entweder zwischen Fenster und Laden oder vor dem Laden angebracht.³¹



Abbildung 13: Beispiel eines Klappladens, Kairouan, Tunesien³²



Abbildung 14: Fensterfront, Tunesien³³

Die **Nordamerikaner** setzen eher auf Innenläden, die meist raumhoch sind. Die europäischen Varianten findet man auch unter den Namen „European oder Colonial Shutters“. Eine Besonderheit sind Läden, die Schutz gegen Hurrikans bieten. Sie bestehen aus einem Aluminium-Klappladen, der nur bei Bedarf installiert wird.³⁴

³¹ Vgl. Hänel, 2005, S.26.

³² Quelle: Hänel, 2005, S.26.

³³ Quelle: Hänel, 2005, S.27.

³⁴ Vgl. Hänel, 2005, S.27.

In der **Karibik** gibt es Klappläden, die der farbigen Ausgestaltung der Fassaden nachempfunden sind.³⁵



Abbildung 16: Beispiel für Karibische Klappläden³⁶



Abbildung 15: Indischer Fensterladen³⁶

Das **asiatische** Klima ist meist über 20 Grad angesiedelt und daher wird auch auf Fenster verzichtet. Die einzige Möglichkeit sich vor Einbruch zu schützen sind Klappläden. Im türkischen Gebiet sind meist vierteilige Versionen zu finden, wobei es in Indien zweiteilige Klappläden gibt. Diese Klappläden werden mit kunstvollen Verzierungen ausgeführt. China wartet mit reich geschnitzten Klappläden auf und in der russischen Region kommen noch spezielle, für die Läden gefertigte, Blendrahmen dazu. In Japan werden Schiebeläden verwendet, die auch in der zeitgenössischen Architektur Anklang finden.³⁸



Abbildung 17: Vierteiliger Klappladen im Südwesten der Türkei³⁷

³⁵ Vgl. Hänel, 2005, S.27.

³⁶ Quelle: Hänel, 2005, S.27.

³⁷ Quelle: Hänel, 2005, S.28.

³⁸ Vgl. Hänel, 2005, S.28.

2.3 Spezielle Ladensysteme aus der Schweiz

In den verschiedenen Kantonen der Schweiz kommen Block-, Ständer-, Riegel- und Fachwerksbauten vor. Bei allen Holzbauarten ist das Element Fensterladen in vielen verschiedenen Ausführungen zu finden. Bei Fachwerksbauten etwas seltener, aber vereinzelt sind sie dennoch vorhanden.⁴⁰ Dieser Abschnitt bezieht sich speziell auf schweizer Ladensysteme, weil es dort die meisten Varianten an vollflächigen Ladensystemen gibt. Außerdem sind in der Schweiz die ersten Beispiele von fassadenintegrierten Fensterladensystemen zu finden.

2.3.1 Die Urform des Fensterladens

Am Haus am Rank in Enge (Außengemeinde Zürich) ist eine Urform des Fensterladens angebracht. Dieser besteht ausschließlich aus Holz und besitzt keine Eisenbeschläge. Das Haus wurde im Jahre 1565 erbaut.⁴²

2.3.2 Klappläden mit Eisenbeschlag

Diese ist eine der am häufigsten aufkommenden Art des Fensterladens. Klappläden mit Eisenbeschlag wurden oft in Fenstern mit Mittelpfosten eingebaut. Diese Art der Fensterläden kam bei jeder Holzkonstruktionsweise zum Einsatz. Die äußere Bekleidung besteht oft aus zierlich profilierten Brettern und einem bekrönenden Gesimse.⁴⁴

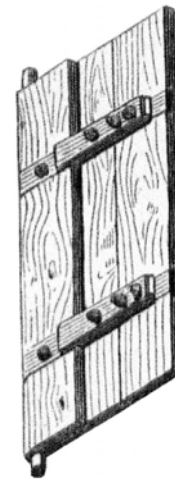


Abbildung 18: Klappladen³⁹

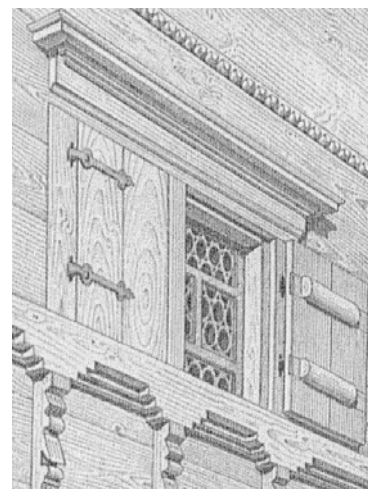


Abbildung 19: Klappladen 1687⁴¹

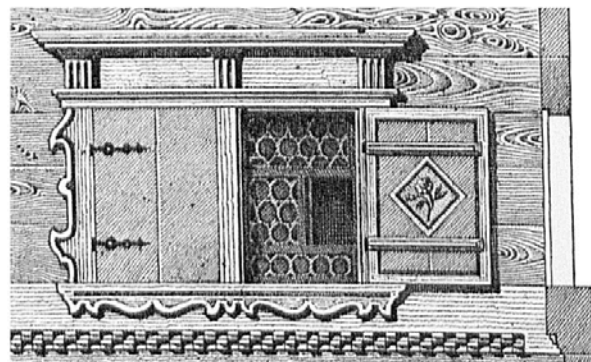


Abbildung 20: Klappladen 1784⁴³

³⁹ Quelle: Gladbach, 1868, S.17.

⁴⁰ Vgl. Gladbach, 1968, S.15.

⁴¹ Quelle: Gladbach, 1883, S.23.

⁴² Vgl. Gladbach, 1868, S.17.

⁴³ Quelle: Gladbach, 1868, TAFEL 10.

⁴⁴ Vgl. Gladbach, 1883, S.20.

2.3.3 Klappläden mit beweglichen Lamellen

Ein Beispiel für Klappläden mit beweglichen Lamellen ist der Meierhof in Hönig (Kanton Zürich). Diese Klapppläden sind dem Ende des vorherigen Jahrhunderts zuzuordnen.⁴⁵

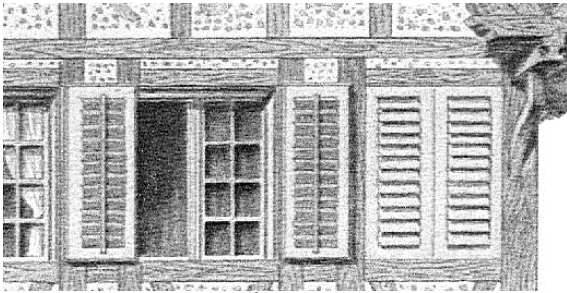


Abbildung 21: Vergrößerung⁴⁶



Abbildung 22: : Meierhof in Hönig (Kanton Zürich)⁴⁷

2.3.4 Klapppläden nach oben und unten offenbar

Diese Art war typisch für das Berner Oberland. Im Gegensatz zu den üblichen Klapppläden wurden die Scharniere an der Oberseite bzw. Unterseite befestigt. Im geöffneten Zustand wurde eine Spreizstange angebracht. Dies war bei den nach unten öffnbaren nicht notwendig. Diese Art von Läden wurde auch oft bei Dreifachfenstern eingesetzt, wobei die zwei äußeren Fenster mit einzelnen Klapppläden bestückt waren und in der Mitte ein nach oben bzw. nach unten klappbarer Laden angebracht war.⁵⁰

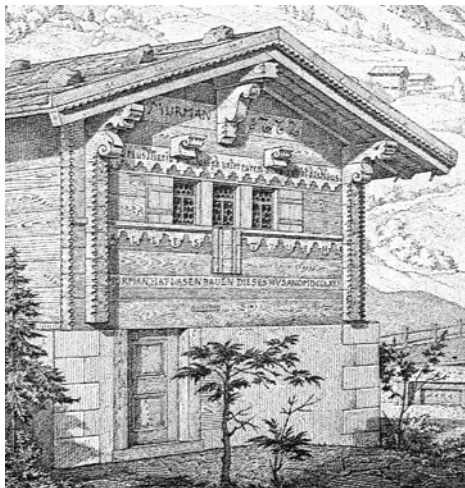


Abbildung 23: Haus im Lötschetal⁴⁸



Abbildung 24: Haus in Brienz (1609)⁴⁹

⁴⁵ Vgl. Gladbach, 1968, S. 16.

⁴⁶ Quelle: Gladbach, 1868, TAFEL A.III.

⁴⁷ Quelle: Gladbach, 1868, TAFEL A.III.

⁴⁸ Quelle: Gladbach, 1868, TAFEL 14.

⁴⁹ Quelle: Gladbach, 1868, TAFEL H.IV.

⁵⁰ Vgl. Gladbach, 1883, S. 17.

2.3.5 Horizontale Schiebeläden

Durch das raue Klima in den hochgelegenen Tälern war man gezwungen Fenster und Türen klein zu halten oder sie als Schwachstelle der Fassade zu verstärken. Eine speziell ausgeklügelte Version dieser Verstärkung sind die fassadenintegrierten Schiebeläden, die in der Schweiz weite Verbreitung fanden.

Die Verbreitung dieser Läden scheint nicht so häufig wie die der vertikal verschiebbaren Läden zu sein. Vermutlich rührt das daher, dass durch die geringen Abstände der Fenster seitlich einfach nicht genügend Platz vorhanden war. Durch die Nutzung der Brüstung oder des Sturzes wird Platz gespart.⁵¹

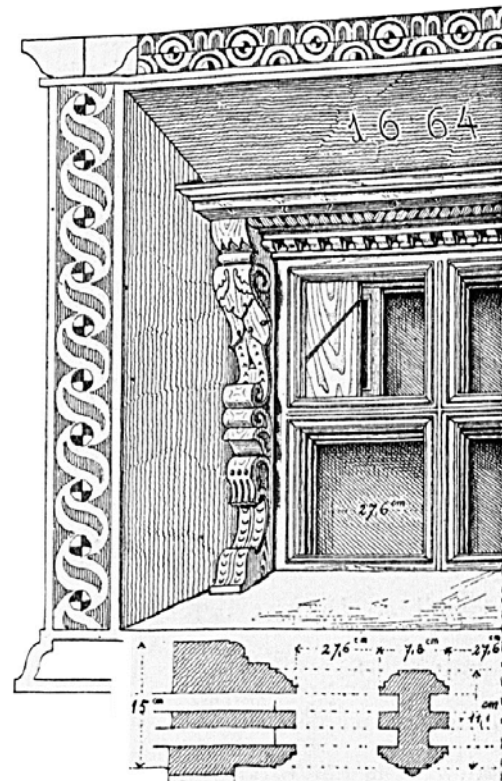


Abbildung 25: Fenster mit Schiebeläden (1664)⁵²

2.3.6 Fensterintegrierte Schiebeläden

In gewissen Fällen bestanden Fenster nur aus vier kleinen quadratischen Verglasungen. Diese wurden durch gleich große Holzläden geschützt. Diese Art des Schiebeladens wurde in ein Mauersystem, das aus einer innensitzenden Blockkonstruktion mit davorgesetzter Bruchsteinwand integriert. An der Blockwand wurden seitlich der Fensteröffnung Holzkästen montiert und eingemauert. In diese Kästen konnten die Holzläden bzw. die Verglasungen über Nuten weggeschoben werden. Da die Blockwand zu Beginn gebaut wurde und erst nach dessen Setzung die Bruchsteinwand hinzugefügt wurde, hat man mit dieser Schiebevorrichtung das Problem der verschiedenen Setzungen ideal gelöst. Diese Fensterart findet sich in älteren Häusern des 17. Jahrhunderts und verbreitete sich später in der restlichen Schweiz.⁵¹

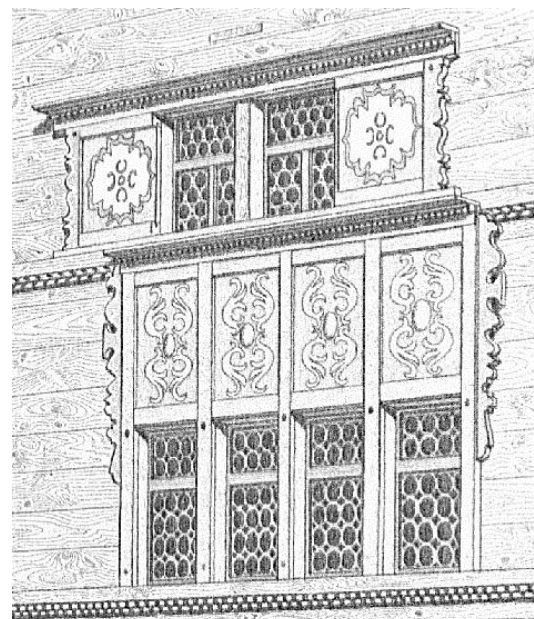


Abbildung 26: Haus von J. Voegeli und J. Kundert zu Rueti⁵³

⁵¹ Vgl. Gladbach, 1885, S.17.

⁵² Quelle: Gladbach, 1885, S.17.

⁵³ Quelle: Gladbach, 1868, TAFEL J.I.

2.3.7 Vertikale Schiebeläden

Die vorgesetzten Schiebeläden wurden an jeglichen Mauerkonstruktionen befestigt. An ausschließlich aus Mauerwerk bestehenden Bauten wurden sie mit Steinschrauben an die Fensterpfosten angeschraubt (Abb. 28).

Da die gesamte Ladenkonstruktion vor die Wandkonstruktion gesetzt wurde, konnte diese auch an Fachwerken (Abb. 27) und an Blockhäusern (Abb. 29) angebracht werden.⁵⁴



Abbildung 27: Haus von Hofstetten (Kanton Zürich 1808)⁵⁵

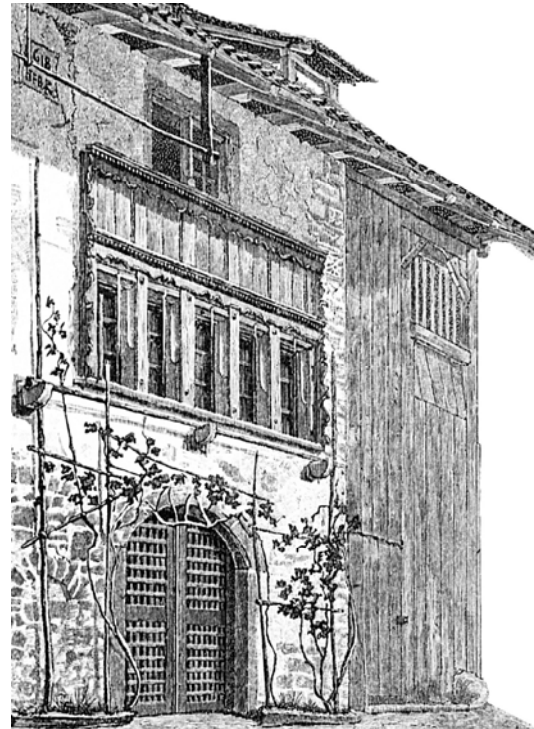


Abbildung 28: Haus in Meilen am Zürcher See (1618)⁵⁶

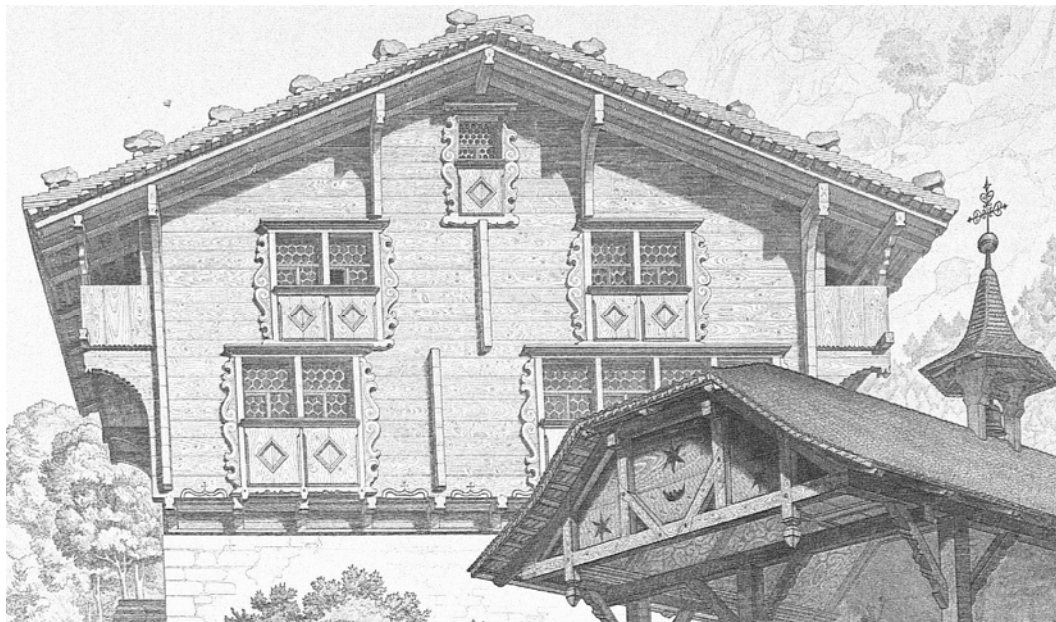


Abbildung 29: Haus an der Gotthardstraße⁵⁷

⁵⁴ Vgl. Gladbach, 1885, S.107.

⁵⁵ Quelle: Gladbach, 1885, S.68.

⁵⁶ Quelle: Gladbach, 1885, S.106.

⁵⁷ Quelle: Gladbach, 1883, TAFEL 19.

2.3.8 Abwärts schiebbare Läden

In den Kantonen Aargau, Zürich und Thurgau werden die Fensterläden im Gegensatz zu den Urkantonen von oben herabgelassen, wobei ein Strick in Verbindung mit einer im Fenstersturz integrierten Rolle verwendet wird, um den Laden herabzulassen.⁶⁰

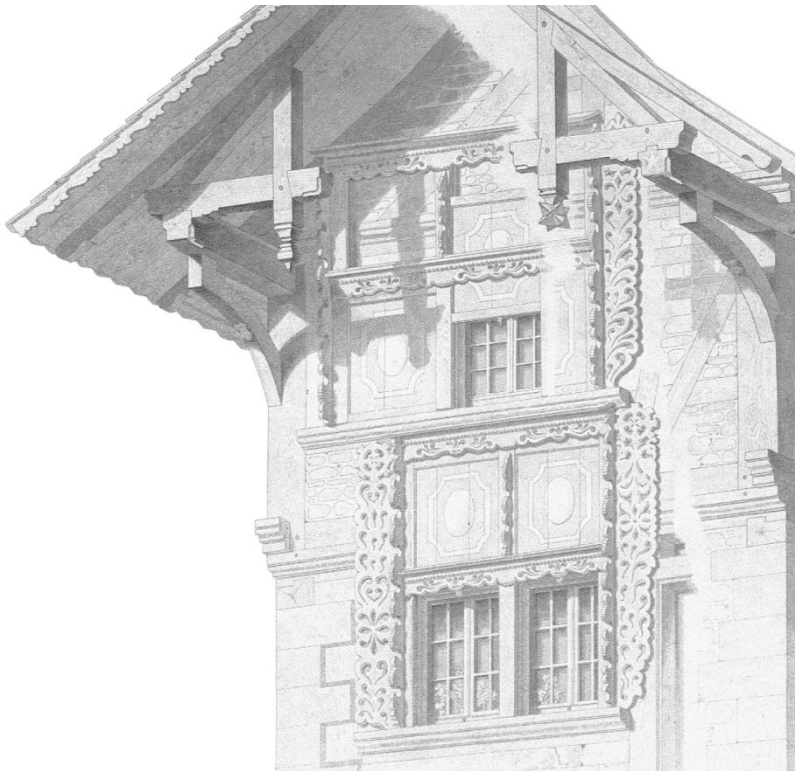


Abbildung 31: Manneberger Mühle bei Effretikon⁵⁹

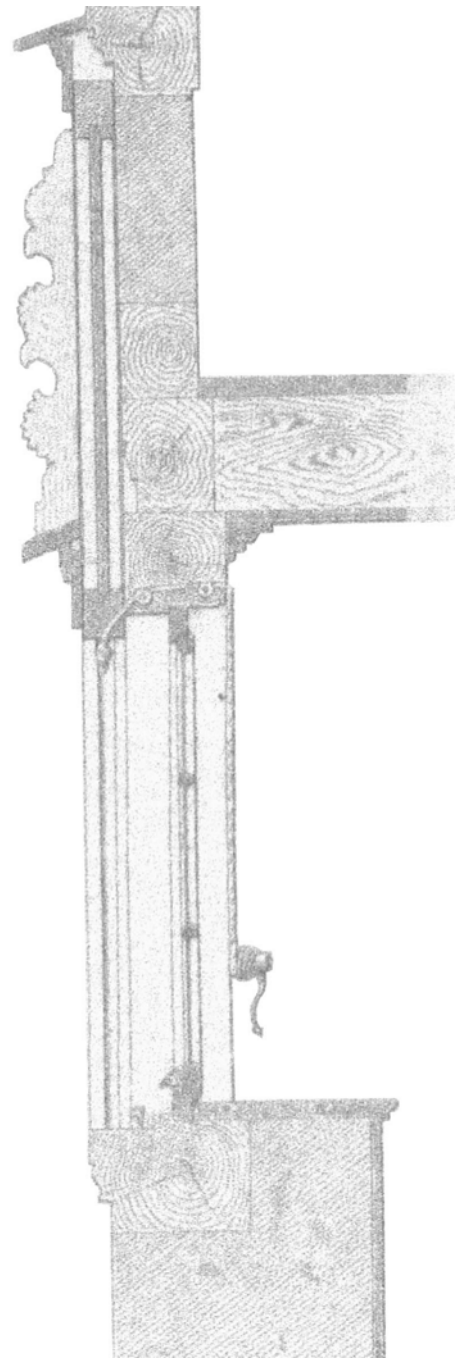


Abbildung 30: Fensterschnitt Manneberger Mühle⁵⁸

⁵⁸ Quelle: Gladbach, 1868, TAFEL A.I.

⁵⁹ Quelle: Gladbach, 1868, TAFEL A.I.

⁶⁰ Vgl. Gladbach, 1885, S.105.

2.3.9 Aufwärts schiebbare Fensterläden

In den Urkantonen (St. Gallen) werden die vorgesetzten Fensterläden von unten hinaufgezogen und durch einen Sperrhaken festgehalten. Der Sperrhaken diente nicht nur zur Halterung, sondern auch als Einbruchschutz. Dieser Sperrhaken und das Seil zum Öffnen und Schließen gab es bei allen vertikalen Fensterläden. Eine konstruktive Maßnahme war die Läden durch eine außenliegende Bretterschicht an der Brüstung vor Witterung zu schützen.⁶¹

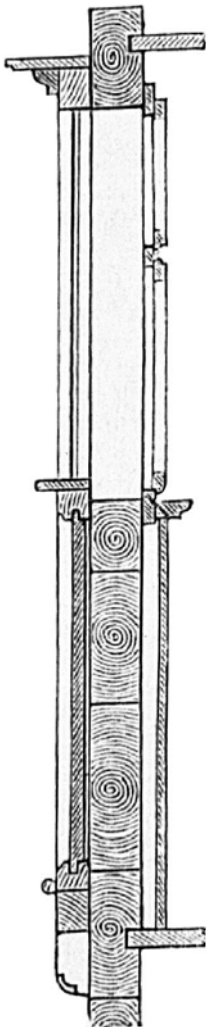


Abbildung 32: Fensterschnitt⁶²

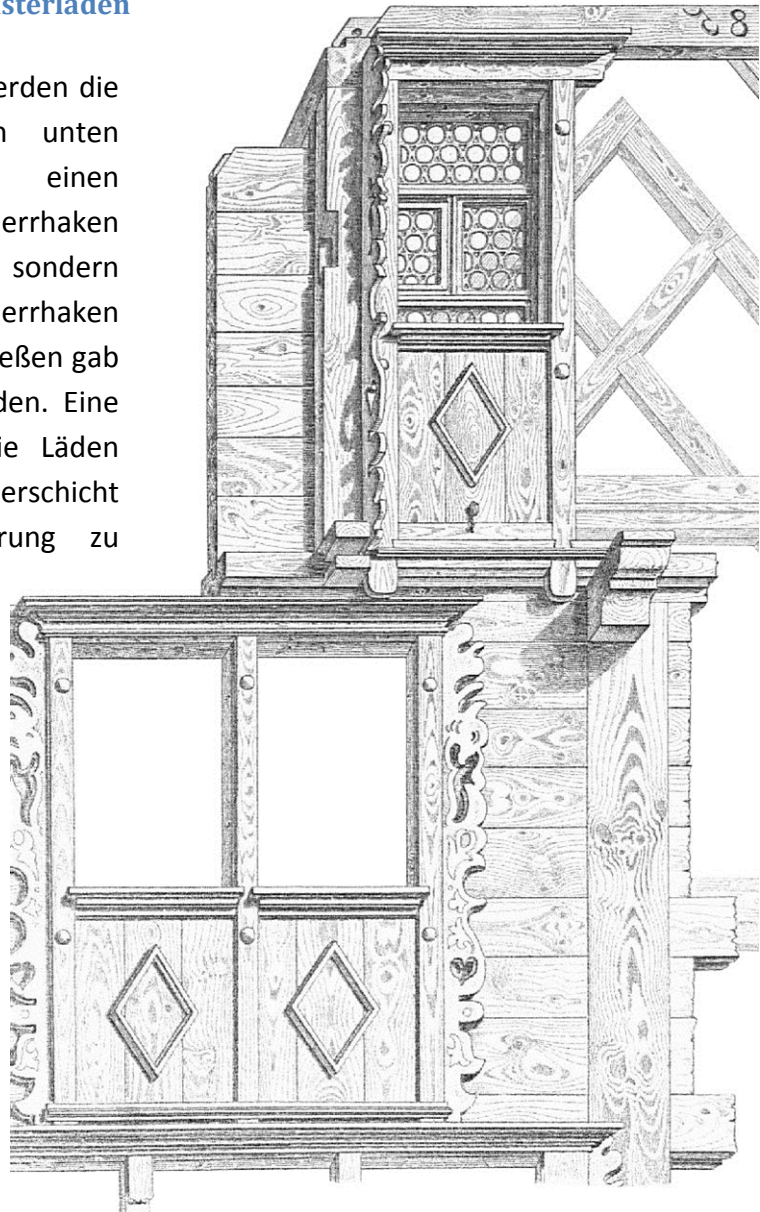


Abbildung 33: Rosswiesli im Fuchsloch bei Fischenthal⁶³



Abbildung 34: Systemschnitt der Brüstung⁶⁴

⁶¹ Vgl. Gladbach, 1885, S.110.

⁶² Quelle: Gladbach, 1885, S.105.

⁶³ Quelle: Gladbach, 1883, TAFEL 4.

⁶⁴ Quelle: Gladbach, 1883, S.7.

2.3.10 Künstlerische Ausgestaltung der Fensterläden

Das seitliche Bild zeigt den Fensterladen zu Birmendorf. Die Malerei wurde im Jahr 1772 erneuert und zeigt, für die damalige barocke Zeit, eine ungewöhnlich reine Komposition. Außer Malereien wurden auch Zierleisten angebracht oder kunstvolle Motive in die Tafeln geschnitzt. Ein weiteres Beispiel dieser kunstvoll ausgearbeiteten Fensterläden ist die Manneberger Mühle.⁶⁶



Abbildung 35: Fensterladen von Birmendorf⁶⁵



Abbildung 36: Manneberger Mühle⁶⁷

⁶⁵ Quelle: *Gladbach, 1868, TAFEL A.VII.*

⁶⁶ Vgl. *Gladbach, 1968, S. 17.*

⁶⁷ Quelle: *Gladbach, 1868, TAFEL A.II.*

2.4 Funktionen der Fensterläden in Abhängigkeit der Fensterentwicklung und von klimatischen Einflüssen

Im vorigen Kapitel wurde aufgezeigt, welche Ausprägungen der Fensterläden im Zuge der Geschichte entstanden sind. Die Systeme wurden von zwei Variablen geprägt. Einerseits von den klimatischen Eigenheiten der Region und andererseits vom Entwicklungsstand des Fensters. Das Bauteil Fensterladen musste offenbar sein, um Belichtung und Belüftung des Raumes zu gewährleisten. Um dies besser zu kontrollieren wurden sie mehrteilig ausgeführt. Außerdem boten Fensterläden partiellen Schutz vor Witterung und Kälte. Mit dem Entstehen der ersten verglasten Fenster war ein teilweiser Schutz gegen Wetter und Kälte gegeben. Ein Fensterladen musste jedoch das Fenster als zusätzliche Dämmebene und als Schutz bei Unwettern und starker Sonneneinstrahlung ergänzen. Außerdem wurden Fensterläden auch als architektonisches Element für die Verschönerung der Fassade genutzt. Als sich die architektonischen Vorstellungen der Fassadengestaltung änderten, wurden die Läden nach innen gesetzt und hatten somit nur noch die Aufgaben des Sichtschutzes und des Einbruchschutzes zu erfüllen.

Im alpinen und skandinavischen Raum wurden und werden Fensterläden massiv ausgeführt, da sie nicht vor Hitze sondern Kälte schützen sollen. Eine ausgeklügelte Ausprägung bestand darin, die außenliegenden Läden von innen bedienen zu können, so dass das Fenster geschlossen bleiben konnte und dadurch kein Wärmeverlust entstand. Da die Läden Regen und Sonne ausgesetzt waren, wurde auch konstruktiver Holzschutz angewandt, indem die Platten hinter einer vorgesetzten Holzverschalung versenkt werden konnten. Durch die klimatischen Gegebenheiten wurden im Mittelmeerraum Lamellenläden verbaut. Dessen Aufgabe war der Schutz des Raumes vor Überhitzung. Durch die Lamellen wurde eine Beschattung und gleichzeitig Belüftung gewährleistet. Mit speziellen Ausführungen der Lamellen konnte der Grad von Beschattung und Belüftung geregelt werden.

3 Anforderungen und Funktionen moderner Fenster

Das heutige Fenster ist auf allen Ebenen ausgereift. Durch Normen wird festgelegt wann sie welche Anforderungen erfüllen müssen. Es gibt Varianten, die sich auf Sonnenschutz, Schallschutz, Robustheit, Wärmedämmung oder Sicherheit beziehen. Im folgenden Abschnitt werden die verschiedenen bauphysikalischen Eigenschaften aufgelistet und analysiert, die ein modernes Fenster und dessen Zusatzelemente besitzen müssen.

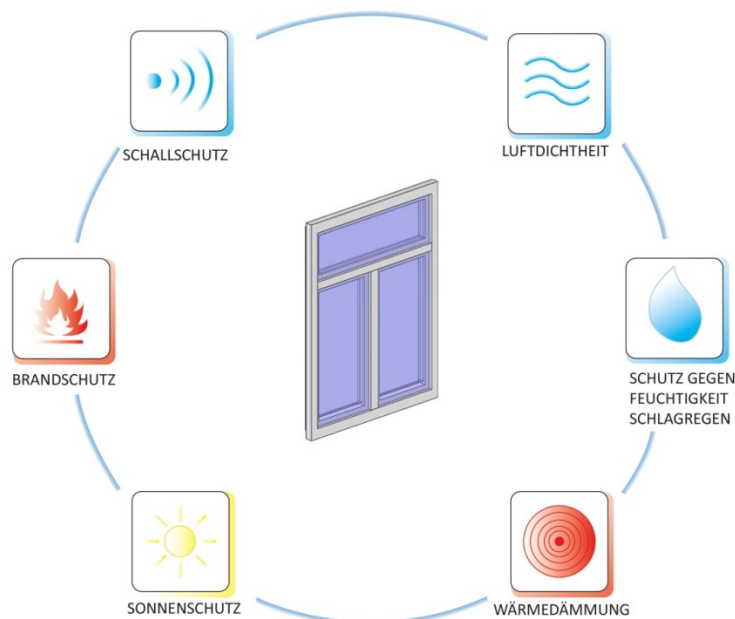


Abbildung 37: Bauphysikalisch Anforderungen und Funktionen moderner Fenster⁶⁸

Die Grundaufgaben von Fassade und Fenstern sind ident, da sie beide Teil der Gebäudehülle sind. Im Gegensatz zu einer Wand ist ein Fenster kein homogenes Bauteil und darüber hinaus beweglich, also offenbar. Daraus ergeben sich die Aufgaben der Belichtung und der Lüftung eines dahinterliegenden Raumes. Die Grundaufgaben eines Fensters lauten wie folgt:⁶⁹

- Wärmeschutz und Wärmegewinne
- Sonnenschutz und Lichtlenkung
- Brandschutz
- Luft- und Wasserdichtheit
- Schallschutz

Bezüglich dieser Grundeigenschaften werden Fenster im Normungswesen bewertet und dementsprechend klassifiziert. Durch Definition von Einsatzgebieten und in Abhängigkeit der dort vorherrschenden Witterungsbedingungen muss das Bauteil definierten Beanspruchungsklassen gerecht werden.

⁶⁸ Quelle: Vom Verfasser.

⁶⁹ Vgl. Pech/Pommer/Zeining, 2005, S.1.

Tabelle 4: Allgemeine Anforderungen an Fenster und Fenstertüren⁷⁰

Eigenschaften	Anforderungen						
Widerstandsfähigkeit bei Windlast gemäß ÖNORM EN 12210	Windwirkung P ₁ in kN/m ² gemäß ÖNORM EN 12210	Beanspruchungsklassen					
		1	2	3	4	5	XXX
	0,4	B1					
	0,8		B2				
	1,2			B3			
	1,6				B4		
	2,0					B5	
XXX						BE XXX	
Luftdurchlässigkeit gemäß ÖNORM EN 12207 (Referenzdurchlässigkeit, bezogen auf die Fläche und Fugenlänge)	Windwirkung P ₁ in kN/m ² gemäß ÖNORM EN 12210	Beanspruchungsklassen					
		1	2	3	4	5	XXX
	0,4	1					
	0,8		2				
	1,2			3			
≥1,6				4	4	4	
Schlagregendichtheit gemäß ÖNORM EN 12208 (nicht geschützte Lage)	Windwirkung P ₁ in kN/m ² gemäß ÖNORM EN 12210	Beanspruchungsklassen					
		1	2	3	4	5	XXX
	0,4	4A					
	0,8		5A				
	1,2			7A			
	1,6				8A		
	2,0					9A	
XXX						EXXXA	
Schlagregendichtheit gemäß ÖNORM EN 12208 (teilweise geschützte Lage)	Windwirkung P ₁ in kN/m ² gemäß ÖNORM EN 12210	Beanspruchungsklassen					
		1	2	3	4	5	XXX
	0,4	4B					
	0,8		5B				
≥1,2			7B	7B	7B	7B	
Schlagregendichtheit gemäß ÖNORM EN 12208 (geschützte Lage)	Keine Anforderung						
Wärmeschutz	Anforderungen gemäß der landesgesetzlichen Bestimmungen bzw. gemäß ÖNORM B 8110-1						
Schallschutz	Anforderungen gemäß der landesgesetzlichen Bestimmungen bzw. gemäß ÖNORM B 8115-2						

Neben den Grundeigenschaften Belichtung und Belüftung gilt es auch weitere Sonderfunktionen zu erfüllen. Diese sind nicht bauphysikalischer Natur, werden aber immer wichtiger:⁷¹

- Absturzsicherung
- Energieproduktion
- Einbruchschutz
- Schutz gegen Naturgewalten



⁷⁰ Quelle: ÖNORM B 5300, 2007, Tab.2.

⁷¹ Vgl. Pech/Pommer/Zeinger, 2005, S.94.

Tabelle 5: Besondere Anforderungen an Fenster und Fenstertüren⁷²

Eigenschaften	Anforderung
Mechanische Beanspruchung gemäß ÖNORM EN 12400	Klasse 2 (10.000 Zyklen)
Festigkeit Gemäß ÖNORM EN 13115	Verschiebung: Klasse 2 (400 N)
	Statische Verwindung: Klasse 2 (250 N)
	Bedienkräfte Flügel: Klasse 1 (100 N)
	Bedienkräfte Hebelgriff: Klasse 1 (100 N)
	Bedienkräfte Fingerbedienung: Klasse 1 (50 N)
Brandschutz gemäß ÖNORM EN 13501-2	El ₂ 30, El ₂ 60, El ₂ 90
Stoßfestigkeit gemäß ÖNORM EN 13049	Klasse 1 bis 5
Einbruchhemmung gemäß ÖNORM B 5338	Widerstandsklassen 1 bis 6
Lawinenschutz gemäß ÖNORM B 5301	Belastungsklassen LS 5 bis LS 20
Beschusshemmung gemäß ÖNORM EN 1522	FB1 bis FB4, FSG
Explosionshemmung gemäß ÖNORM EN 13123-1 und ÖNORM EN 13123-2	EPR1 bis EPR4
Barrierefreie Ausführung gemäß ÖNORM B 1600	Ja
Kindersicherung	Ja
Öffnungsbegrenzung	Ja

Diese speziellen Eigenschaften wurden in den heutigen Fenster- und Fassadenkonstruktionen bereits sehr gut umgesetzt. Jeder einzelne Bestandteil einer Fensterkonstruktion beeinflusst die physikalischen Eigenschaften. Diese Eigenschaften stehen in Wechselwirkung zueinander. In der folgenden Tabelle wird dargestellt, welche Wechselwirkungen durch Änderungen an Fensterkomponenten auftreten.

Tabelle 6: Wechselwirkung zwischen Eigenschaften und Bauteilen⁷³

Eigenschaften	Bauteile				
	Beschlüge ^a	Dichtungen ^b	Rahmen, Zarge, Flügel, Türblatt		Verglasung ^e
			Werkstoff ^c	Profil ^d	
Widerstandsfähigkeit gegen Windkraft	(Y)	(Y)	Y	Y	Y
Widerstandsfähigkeit gegen Schneelast	N	N	N	N	Y
Brandverhalten	(Y)	Y	Y	(Y)	N
Schutz gegen Brand von außen	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)
Schlagregendichtheit	(Y)	Y	(Y)	Y	N
Gefährliche Substanzen	(Y)	(Y)	(Y)	N	(Y)
Stoßfestigkeit	(Y)	N	(Y)	(Y)	Y

⁷² Quelle: ÖNORM B 5300, 2007, Tab.3.

⁷³ Quelle: ÖNORM EN 14351-1, 2010, Tab. A.1.

Eigenschaften	Bauteile				
	Beschlage ^a	Dichtungen ^b	Rahmen, Zarge, Flügel, Turblatt		Verglasung ^e
			Werkstoff ^c	Profil ^d	
Tragfahigkeit von Sicherheitsvorrichtungen	Y	N	Y	Y	N
Fahigkeit zur Freigabe	Y	(Y)	(Y)	(Y)	N
Schallschutz ^f	N	(Y)	(Y)	Y	Y
Warmedurchgangskoeffizient	N	(Y)	(Y)	Y	Y
Strahlungseigenschaften	N	N	N	N	Y
Luftdurchlassigkeit	(Y)	Y	(Y)	Y	N
Bedienungskräfte	Y	Y	(Y)	(Y)	(Y)
Mechanische Festigkeit	Y	N	(Y)	Y	(Y)
Lüftung	N	N	N	Y	N
Durchschuss-hemmung	N	N	Y	Y	Y
Sprengwirkungshemmung	Y	N	Y	Y	Y
Dauerfunktion	Y	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)
Differenzklimaverhalten	Y	(Y)	Y	Y	Y
Einbruch-hemmung	Y	Y	Y	Y	Y
Legende					
Y	Änderung des Bauteils führt wahrscheinlich zu einer Veränderung der betreffenden Eigenschaften				
(Y)	Änderung des Bauteils führt möglicherweise zu einer Veränderung der betreffenden Eigenschaften				
N	Änderung des Bauteils führt wahrscheinlich nicht zu einer Veränderung der betreffenden Eigenschaften				
a	Anzahl, Lage, Befestigung; bei eventuellen Austausch von Beschlägen: Falls es dokumentierte Nachweise nach entsprechenden Beschlagsnormen gibt, dass die Leistungseigenschaften der Beschläge denen der ausgetauschten Beschläge entsprechen, ist eine wiederholte Prüfung nicht notwendig.				
b	Anzahl, Werkstoff.				
c	Elastizitätsmodul, Wärmeleitfähigkeit, Dichte.				
d	Fläche und Form der Querschnitte, Montage, Lüftungseinrichtungen				
e	Typ, Masse, Beschichtung, Zwischenraum, Gas, Einbau, Dichtung				



3.1 Wärmeschutz und Wärmegewinne

Für die wärmetechnischen Eigenschaften eines Fensters sind folgende Bestandteile heranzuziehen:

- Glas
- Anschluss Glas an Rahmen
- Rahmen
- Anschluss Rahmen an die Bausubstanz

Die größte Varianz der wärmetechnischen Eigenschaften wird durch die Verglasung verursacht, da diese mehrere Aufgaben gleichzeitig zu bewältigen hat und den größten Flächenanteil des Bauteiles besitzt. Diese Aufgaben können in drei Bereiche unterteilt werden:

- Wärmeschutz
- Wärmegewinne durch Strahlung
- Sonnenschutz durch Reflexion

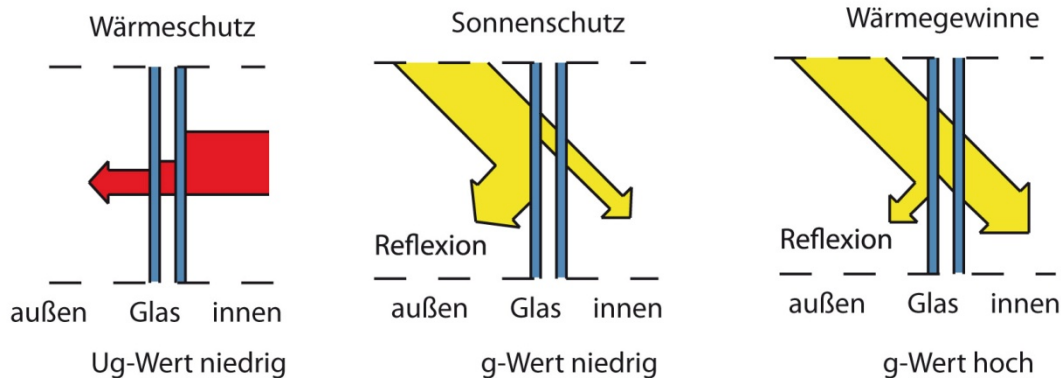
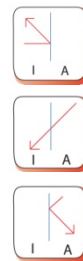
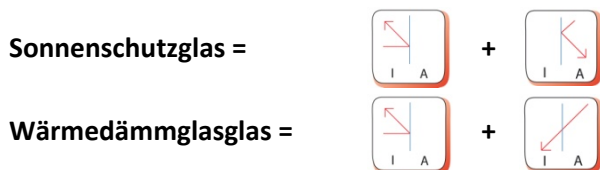


Abbildung 38: Verglasungseigenschaften⁷⁴

Ein statisches Element mit fixen Materialeigenschaften kann nicht auf sich ändernde Rahmenbedingungen (z.B. Sommer und Winter) eingehen. Ein effektiver Sonnenschutz durch hohe Reflexion verhindert gewünschte Wärmegewinne im Winter. Durch verschiedene Verglasungsarten und dessen Funktionsschichten können die jeweils gewünschten Eigenschaften des Fensters definiert werden. Diese zielen entweder auf Wärmeschutz in Kombination mit Sonnenschutz oder auf Wärmeschutz in Kombination mit solaren Gewinnen ab (siehe Tabelle 12: Kenngrößen für Verglasungen:



⁷⁴ Quelle: Vom Verfasser.



3.1.1 Winterlicher Wärmeschutz

Der Wärmeschutz durch Fenstern wird vom Wärmedurchgangskoeffizienten (U_w-Wert) gekennzeichnet. Dieser setzt sich aus den Eigenschaften von Verglasung (U_g), Rahmen (U_f) und Randverbund (Ψ) zusammen.⁷⁵

Die Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten eines Fensters ist durch EN ISO 10077 und EN ISO 12567-1/2 vorgegeben. Als Nachweismethoden sind Berechnung, Messungen oder die tabellarische Erfassung zugelassen.⁷⁵

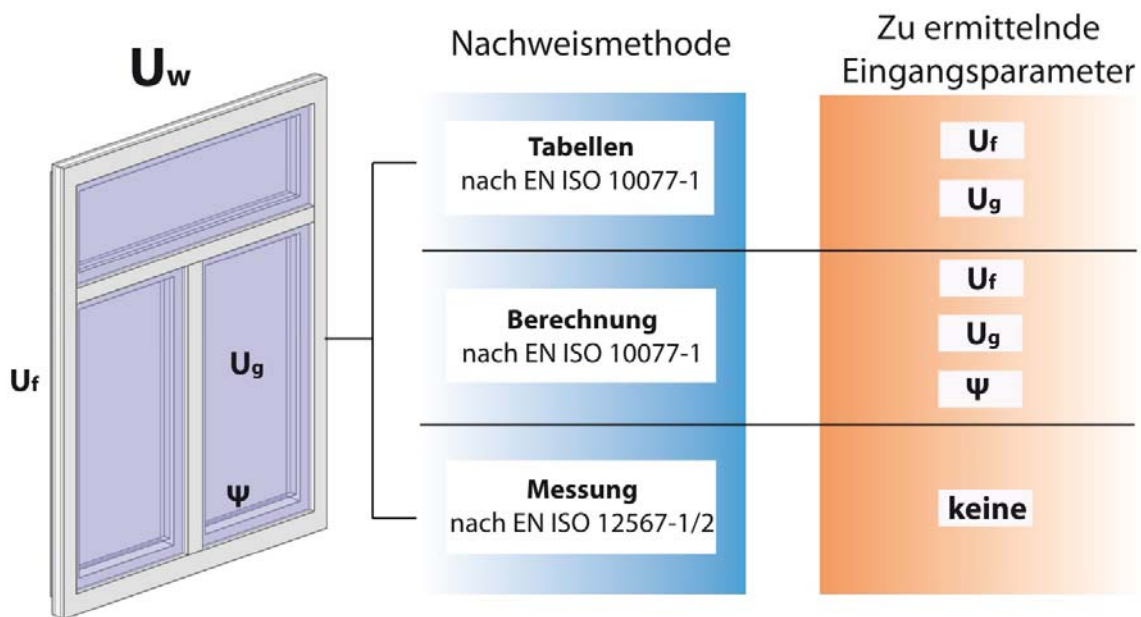


Abbildung 39: Zulässige Verfahren zur Ermittlung des U-Wertes⁷⁶

Berechnung

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + l_g \cdot \Psi_g}{A_w} \quad (4.1-01)$$

- A_g ... Fläche der Verglasung
- U_g ... Wärmedurchgangskoeffizient der Glasscheibe (g = glas)
- A_f ... Außenfläche des Rahmens
- U_f ... Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens (f = frame)
- U_w ... Wärmedurchgangskoeffizient des gesamten Fensters (w = window)
- l_g ... Länge der Glaskannte am Rahmen
- Ψ_g ... Längenbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient

⁷⁵ Vgl. Sieberath/Niemöller, 2010, S.114.

⁷⁶ Quelle: modifiziert übernommen aus: Sieberath/Niemöller, 2010, S.109.

Die glastechnischen Eigenschaften können durch die Regelung des Strahlungsaustausches beeinflusst werden. Der Wärmedurchgangskoeffizient soll möglichst niedrig sein und die durch den Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) gekennzeichneten Wärmegewinne möglichst hoch, was durch zu große Fensterflächen jedoch auch zu Problemen führen könnte. Um besseren Wärmeschutz zu gewährleisten gibt es Wärmeschutzverglasungen, die im Gegensatz zu Isolierverglasungen mit speziellen Beschichtungen und Gasfüllungen ergänzt wurden. Diese Schichten verhindern den Strahlungsaustausch zwischen den Scheiben und Konvektionsvorgänge im Scheibenzwischenraum. Es gibt verschiedene Kombinationen, die die Eigenschaften der Verglasung definieren.⁷⁷

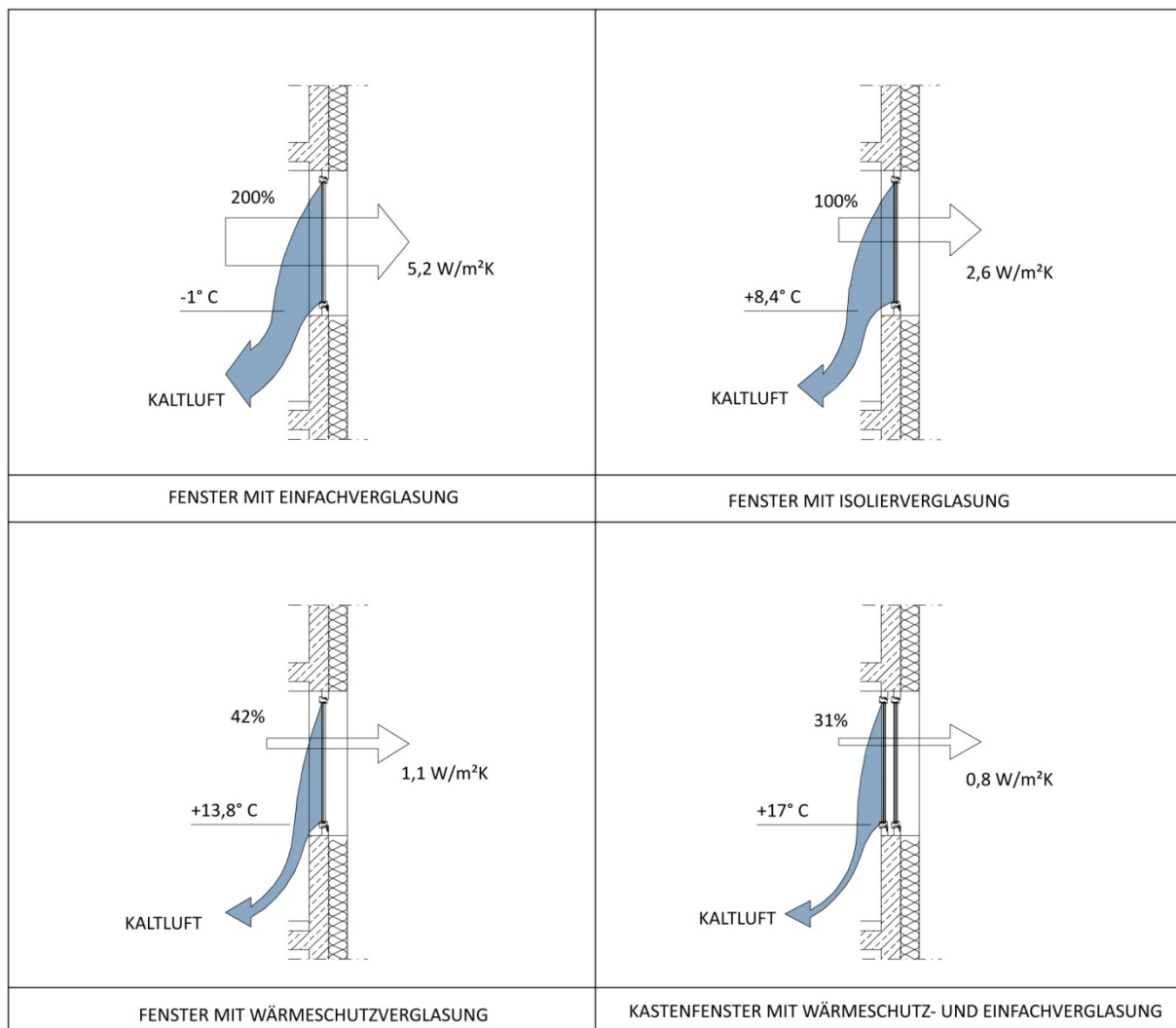


Abbildung 40: Bauphysikalisches Verhalten von verschiedenen Fensterarten⁷⁸

Wärmeschutzbeschichtungen bestehen meistens aus Silber und können den Wärmedurchgangskoeffizienten bei Isolierverglasungen um ca. $1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ senken. Gängige Gasfüllungen sind die Edelgase Argon, Krypton und Xenon. Mit diesen Verbesserungsmaßnahmen wurden Wärmedurchgangskoeffizient von ca. $3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auf unter $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ reduziert.⁷⁹

⁷⁷ Vgl. Pech/Pommer/Zeining, 2005, S.75.

⁷⁸ Quelle: modifiziert übernommen aus: Baus/Siegele, 2006, S.29.

⁷⁹ Vgl. Pech/Pommer/Zeining, 2005, S.78.

Tabelle 7: Richtwerte Wärmedurchgangskoeffizienten von Isolierglas⁸⁰

Type	Glas	ϵ	Abmessung [mm]	Wärmedurchgangskoeffizient R_s [W/(m ² K)] bei unterschiedlichen Gasen im Zwischenraum (Konzentration $\geq 90\%$)			
				Luft	Argon	Krypton	SF6
Zweifachglas	unbeschichtet (normales Glas)	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8	3,0
			4-8-4	3,0	2,8	2,6	3,1
			4-12-4	2,9	2,7	2,6	3,1
			4-15-4	2,7	2,6	2,6	3,1
	1 Scheibe beschichtet	$\leq 0,40$	4-6-4	2,9	2,6	2,2	2,6
			4-8-4	2,6	2,3	2,0	2,7
			4-12-4	2,4	2,1	2,0	2,7
			4-15-4	2,2	2,0	2,0	2,7
	1 Scheibe beschichtet	$\leq 0,20$	4-6-4	2,7	2,3	1,9	2,3
			4-8-4	2,3	2,0	1,6	2,4
			4-12-4	1,9	1,7	1,5	2,4
			4-15-4	1,8	1,6	1,6	2,5
	1 Scheibe beschichtet	$\leq 0,10$	4-6-4	2,6	2,2	1,7	2,1
			4-8-4	2,1	1,7	1,3	2,2
			4-12-4	1,8	1,5	1,3	2,3
			4-15-4	1,6	1,4	1,3	2,3
	1 Scheibe beschichtet	$\leq 0,05$	4-6-4	2,5	2,1	1,5	2,0
			4-8-4	2,0	1,6	1,3	2,1
			4-12-4	1,7	1,3	1,1	2,2
			4-15-4	1,5	1,2	1,1	2,2
Dreifachglas	unbeschichtet (normales Glas)	0,89	4-6-4-6-4	2,3	2,1	1,8	2,0
			4-9-4-9-4	2,0	1,9	1,7	2,0
			4-12-4-12-4	1,9	1,8	1,6	2,0
	2 Scheiben beschichtet	$\leq 0,40$	4-6-4-6-4	2,0	1,7	1,4	1,6
			4-9-4-9-4	1,7	1,5	1,2	1,6
			4-12-4-12-4	1,5	1,3	1,1	1,6
	2 Scheiben beschichtet	$\leq 0,20$	4-6-4-6-4	1,8	1,5	1,1	1,3
			4-9-4-9-4	1,4	1,2	0,9	1,3
			4-12-4-12-4	1,2	1,0	0,8	1,4
	2 Scheiben beschichtet	$\leq 0,10$	4-6-4-6-4	1,7	1,3	1,0	1,2
			4-9-4-9-4	1,3	1,0	0,8	1,2
			4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,6	1,2
2 Scheiben beschichtet	$\leq 0,05$	4-6-4-6-4	1,6	1,3	0,9	1,1	
		4-9-4-9-4	1,2	0,9	0,7	1,1	
		4-12-4-12-4	1,0	0,8	0,5	1,1	

⁸⁰ Quelle: ÖNORM EN ISO 10077-1, 2010, S. 24.

Durch die Optimierung der Isolierverglasungen durch Gasfüllungen wurde auch der Randverbund der Scheiben erwähnenswert, da dieser dadurch eine Wärmebrücke darstellt. Der längenbezogene Wärmeverlust des Randverbundes wird mit dem Ψ -Wert beschrieben. Dazu ist zu sagen, dass sich die durch Fensterhersteller angegebenen Werte auf eine unendlich große Scheibe beziehen und dadurch keine Abminderung der Werte durch einen schlechten Randverbund aufweisen.⁸¹ Moderne Randverbände werden aus Kunststoff hergestellt.

Tabelle 8: Richtwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten von Fensterrahmen⁸²

Art des Rahmens	Wärmedurchgangskoeffizient U_f [W/(m ² K)]	
	Weichholz $\lambda=0,13$ W/(mK)	Hartholz $\lambda=0,18$ W/(mK)
Holzrahmen Dicke d_f [mm]		
30	2,30	2,7
50	2,00	2,35
70	1,80	2,05
90	1,60	1,85
110	1,40	1,65
Kunststoffrahmen PVC		
2 Kammern	2,2	
3 Kammern	2	
5 Kammern	1,3	
Aluminiumrahmen (Thermisch getrennt) d [mm]	Bereich der Messwerte	Richtwerte
4	3,4 - 4,0	4
8	3,0 - 3,6	3,6
12	2,6 - 3,2	3,2
20	2,2 - 2,8	2,8
28	2,0 - 2,6	2,6
36	1,9 - 2,5	2,5

Tabelle 9: Richtwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten von Fenstern⁸³

Rahmenwerkstoff	Verglasung	U_w -Wert [W/m ² K]
Holz-Kastenfenster	2 x 1-fach	≈2,5
Holz-Verbundfenster	2 x Isolierglas	<1,0
Holz-Isolierglasfenster	2 x 1-fach	≈2,0
Holz-Aluminium-Isolierglasfenster	Isolierglas 2 x	<1,5
Aluminium-Isolierglasfenster	Isolierglas 3 x	<1,0
Kunststoff-Isolierglasfenster	Isolierglas 2 x	<1,5
Stahl-Isolierglasfenster	Isolierglas 2 x	<1,5

⁸¹ Vgl. Pech/Pommer/Zeining, 2005, S.78.

⁸² Quelle: modifiziert übernommen aus: Pech/Pommer/Zeining, 2005, S.80.

⁸³ Quelle: Pech/Pommer/Zeining, 2005, S.76.

3.1.2 Temporärer Wärmeschutz

In ÖNORM EN ISO 10077-1 (Anhang G) ist die Einbeziehung von zusätzlichen Wärmewiderständen für Fenster mit geschlossenen Abschlüssen geregelt. Falls der zusätzliche Wärmewiderstand des Abschlusses (R_{sh}) bekannt ist, darf der zusätzliche Wärmedurchlasswiderstand ΔR mit der geeigneten Beziehung aus Tab. 10 in Abhängigkeit von der Luftdurchlässigkeit des Abschlusses berechnet werden.

Tabelle 10: Zusätzlicher Wärmedurchlasswiderstand für Fenster mit geschlossenen Abschlüssen⁸⁴

Luftdurchlässigkeit des Abschlusses	Zusätzlicher Wärmedurchlasswiderstand ΔR [m ² K/W]
Sehr hoch	0,08
Hoch	0,25 R_{sh} + 0,09
Durchschnittlich	0,55 R_{sh} + 0,11
Niedrig	0,80 R_{sh} + 0,14
Luftdicht	0,95 R_{sh} + 0,17

Massive Fensterläden, Holzjalousien mit massiven überlappenden Lamellen, Rollläden mit Lamellen aus Holz, Kunststoff oder Metall weisen üblicherweise eine durchschnittliche Luftdurchlässigkeit auf.⁸⁵ Folgende Tabelle enthält einige typische Wärmewiderstände von Abschlüssen, die verwendet werden können, falls keine entsprechende Berechnung vorhanden ist.

Bei luftdichten Abschlüssen müssen auf drei Seiten Dichtbänder und auf der vierten Seite eine Fuge, die nicht breiter als drei Millimeter ist, vorhanden sein.⁸⁵

⁸⁴ Quelle: ÖNORM EN ISO 10077-1, 2010 05 15, S.39.

⁸⁵ Vgl. ÖNORM EN ISO 10077-1, 2010 05 15, S.39.

Tabelle 11: Zusätzlicher Wärmedurchlasswiderstand für Fenster mit geschlossenen Abschlüssen⁸⁶

Art des Abschlusses	Typischer Wärme-durchlass-widerstand des Abschlusses Rsh [m ² K/W]	Zusätzliche Wärmedurchlasswiderstände bei einer bestimmten Luftdurchlässigkeit der Abschlüsse ΔR [m ² W/K]		
		Hohe oder sehr hohe Luftdurchlässigkeit	Mittlere Luft-durchlässigkeit	Dicht oder niedrige Luft-durchlässigkeit
Rollläden aus Aluminium	0,01	0,09	0,12	0,15
Rollläden aus Holz oder Kunststoff ohne Dämmstoffeinlage	0,1	0,12	0,16	0,22
Rollläden aus Kunststoff mit Dämmstoffeinlage	0,15	0,13	0,19	0,26
Abschlüsse aus Holz, 25 mm bis 30 mm dick	0,2	0,14	0,22	0,3

Laut ÖNORM EN ISO 13790 darf auf nationaler Ebene festgelegt werden, ob die Auswirkungen von temporärem Wärmeschutz, in der Berechnung der Energieeffizienz von Gebäuden berücksichtigt werden dürfen. Dies kommt durch die Klimaabhängigkeit dieser Komponenten. Folgendes ist dazu in ÖNORM EN ISO 13790 zu finden:

„Der Anteil der akkumulierten Temperaturdifferenz des Zeitraumes des Tages mit geschlossenen Abschlüssen f_{shut} ist, wenn keine Nationalen Werte vorliegen, gleich dem Verhältnis der akkumulierten Temperaturdifferenz ($\vartheta_{l,sct,H-\vartheta_c}$) über alle Stunden mit geschlossenen Abschlüssen zu der akkumulierten Temperaturdifferenz ($\vartheta_{l,sct,H-\vartheta_c}$) über alle Stunden des Berechnungsschrittes (Monat oder Heiz-/Kühlperiode).

Wurden auf nationaler Ebene keine Werte festgelegt, darf davon ausgegangen werden, dass der Abschluss (sofern vorhanden) bei einem Fenster von Sonnenuntergang bis 7 Uhr morgens an allen Tagen geschlossen ist, an denen die mittlere Tagestemperatur weniger als 10°C beträgt.

Für Wochentage und Wochenenden und für unterschiedliche Gebäudefunktionen können unterschiedliche Nutzungsprofile gewählt werden.“⁸⁷

⁸⁶ Quelle: ÖNORM EN ISO 10077-1, 2010 05 15, S.40.

⁸⁷ ÖNORM EN ISO 13790, 2008 10 01, S.131.



3.1.3 Sommerlicher Wärmeschutz

Durch immer größer werdende Glasflächen bei Neubauten wird das Risiko von sommerlicher Überhitzung der Gebäude immer höher und es kann zu einer sogenannten Wärmefalle kommen. Um eine Wärmefalle zu vermeiden, können Verglasungen mit hohen Reflexionsgraden oder Abschattungsmaßnahmen angewandt werden⁸⁸. In ÖNORM B 8110-3 sind Abminderungs- und Zuschlagsfaktoren für die verschiedenen Fassadenorientierungen angegeben. Es ergeben sich zwei Möglichkeiten, um eine sommerliche Überhitzung zu vermeiden:

- Verringerung der Immissionsfläche
- Erhöhung der speicherwirksamen Masse

Verringerung der Immissionsflächen kann einerseits durch Verringerung der Fensterflächen und andererseits durch bauliche Abschattungsmaßnahmen bzw. durch höhere Reflexionsgrade der Verglasungen (also Verringerung des g -Wertes) herbeigeführt werden. Die Abschattung (Abschattungsfaktoren Z) können durch innen- oder außenliegenden Sonnenschutz erreicht werden, wobei zu erwähnen ist, dass die außenliegenden viel effektiver sind, was jedoch während der heißen Sommertage eine Einschränkung der Fensteraussicht bedeuten kann.⁸⁸

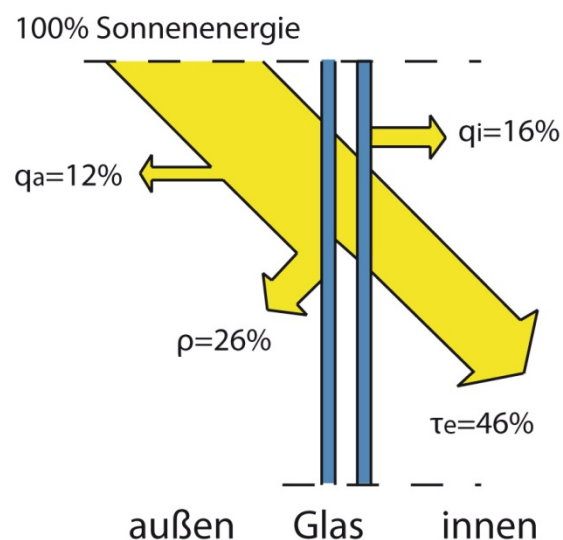


Abbildung 41: Zusammenhang der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Eigenschaften von Isolierglas⁸⁹

- ρ ... Strahlungsreflexionsgrad
- q_a ... sekundärer Wärmeabgabegrad nach außen
- q_i ... sekundärer Wärmeabgabegrad nach innen
- τ_e ... direkter Strahlungstransmissionsgrad

⁸⁸ Vgl. Pech/Pommer/Zeininger, 2005, S.82.

⁸⁹ Quelle: Sieberath/Niemöller, 2010, S.122.

Abschattungsmaßnahmen durch Folien stellen eine Minderung des g-Wertes der Verglasung dar. Zum Vergleich: eine nicht vergütete Verglasung hat einen g-Wert von 0,75 und ein Sonnenschutzglas liegt bei ca. 0,3.⁹⁰ Die Reflexionsgrade der Verglasungen werden von den Herstellern angegeben und müssen nach EN 410 berechnet werden.

$$g = \tau_e + q_i$$

(4.1-02)

- g ... Gesamtenergiedurchlassgrad
- τ_e ... direkter Strahlungstransmissionsgrad
- q_i ... sekundärer Wärmeabgabegrad nach innen

In den unten gelieferten Kenngrößen wird ersichtlich, dass der Strahlungsimmissionsgrad des Glases mit dem Gesamtenergiedurchlassgrad zusammenhängt.

Tabelle 12: Kenngrößen für Verglasungen⁹¹

Glas Art - Bezeichnung	U_g [W/(m ² K)]	τ_s	g
Einfach-Glas 6mm	5,8	0,80	0,83
Zweifach-Isolierglas Klarglas 6-8-6	3,2	0,65	0,71
Zweifach-Isolierglas Klarglas 6-12-6	2,9	0,65	0,71
Zweifach-Isolierglas Klarglas 6-16-6	2,7	0,65	0,72
Zweifach-Isolierglas Klarglas 6-30-6	2,7	0,65	0,72
Dreifach-Isolierglas Klarglas 6-12-6-12-6	1,9	0,53	0,63
Zweifach-Wärmeschutzglas beschichtet 4-16-4 (Luft); $\epsilon \leq 0,05$	1,5	0,48	0,61
Zweifach-Wärmeschutzglas beschichtet 4-15-4 (Argon); $\epsilon \leq 0,1$	1,3	0,47	0,61
Zweifach-Wärmeschutzglas beschichtet 4-12-4 (Krypton); $\epsilon \leq 0,05$	1,1	0,49	0,62
Zweifach-Wärmeschutzglas beschichtet 4-12-4 (Xenon); $\epsilon \leq 0,05$	0,9	0,49	0,62
Dreifach-Wärmeschutzglas beschichtet 4-8-4-8-4 (Krypton); $\epsilon \leq 0,05$	0,7	0,29	0,48
Dreifach-Wärmeschutzglas beschichtet 4-8-4-8-4 (Xenon)	0,5	0,29	0,48
Zweifach-Sonnenschutzglas 6-15-6 (Argon)	1,3	0,17	0,25
Zweifach-Sonnenschutzglas 6-12-4 (Argon)	1,4	0,24	0,27
Zweifach-Sonnenschutzglas 6-15-6 (Argon)	1,3	0,20	0,29
Zweifach-Sonnenschutzglas 6-15-4 (Argon)	1,4	0,27	0,33
Zweifach-Sonnenschutzglas 6-12-4 (Argon)	1,4	0,35	0,39
Zweifach-Sonnenschutzglas 6-12-4 (Argon)	1,4	0,39	0,44
Zweifach-Sonnenschutzglas 6-15-6 (Argon)	1,3	0,37	0,48
Gasfüllung mindestens 90% (Ausdiffusion nicht berücksichtigt)			
U _g ... Wärmedurchgangskoeffizient			
τ_s ... Strahlungstransmissionsgrad des Glases			
ϵ ... Emissivität der beschichteten Oberfläche			
g ... Gesamtenergiedurchlassgrad			

⁹⁰ Vgl. Pech/Pommer/Zeininger, 2005, S.62.

⁹¹ Quelle: ÖNORM B 8110-1, 2000 09 01, S.23.



3.1.4 Solare Wärmegewinne

Solare Wärmegewinne sind erwünscht, wenn diese durch gute Planung intelligent genutzt werden. Das Passivhaus zeigt, wie durch gezielte Wärmegewinne die Strahlungserträge genutzt werden können und dadurch wertvolle Heizenergie eingespart werden kann.

Solare Wärmegewinne sind abhängig von:

- g-Wert der Verglasung
- Fensterfläche A_w
- Solarangebot I_s (Standortklima, Orientierung)
- Reduktionsfaktoren (Fremd- und Eigenverschattung, Rahmenanteil, nicht senkrechter Strahlungseinfall, Verschmutzung)

Eine Annäherungsrechnung, womit Energieausweise erstellt werden, bietet die ÖNORM B 8110-6. Diese ÖNORM ist gemeinsam mit ÖNORM EN ISO 13790 anzuwenden. Eine Annäherungsrechnung wird deshalb durchgeführt, weil unter anderem Standortdaten mit Näherungswerten und Faktoren gerechnet werden.

$$Q_{s,h} = \sum_j (I_{s,j} * \sum_k A_{trans,h,k,j}) \quad (4.1-03)$$

- $Q_{s,h}$... solare Wärmegewinne für Wohngebäude, in kWh/M nach ÖNORM B 8110-6
- $I_{s,j}$... Gesamtenergie der Globalstrahlung auf eine Flächeneinheit mit der Orientierung j während des jeweiligen Monats nach ÖNORM B 8110-5, in kWh/m²
- $A_{trans,h,k,j}$... solar wirksame Kollektorfläche der transparenten Oberfläche k mit der Orientierung j, in m²

$$I_s = a_2 * h^2 + a_1 * h + a_0 \quad (4.1-04)$$

- I_s ... mittlere Monatssummen der Globalstrahlung, in kWh/(m²*M)
- a_2, a_1, a_0 ... Koeffizienten Regressionsmodells (ÖNORM B 8110-5 Anhang D)
- h ... Seehöhe, in m

Der Wert für I_s wird mit den entsprechenden Transpositionsfaktoren gemäß den Tabellen E.1 bis E.7 aus ÖNORM B 8110-5 multipliziert um die Neigung und die Ausrichtung des Fensters zu berücksichtigen.

(4.1-05)

$$A_{\text{trans,h}} = A_g * F_s * g_w$$

- $A_{\text{trans,h}}$... wirksame Kollektorfläche, in m^2 (ÖNORM EN ISO 10077-1)
- A_g ... Verglasungsfläche, in m^2
- F_s ... Verschattungsfaktor
- g_w ... effektiv wirksamer Gesamtenergie-Durchlassgrad der Verglasung

Der Gesamtenergie-Durchlassgrad g von transparenten Flächen ist jener Anteil der Strahlungsenergie, der durch die Verglasung bei lotrechtem Einfall und sauberer Glasoberfläche in den Raum abgegeben wird.

G-Wert und Lichttransmissionsgrad sind abhängig von:

- Isolierglasaufbau (2-fach/3-fach)
- Glasart (Float, VSG, ...)
- Glasdicke
- Gasfüllung
- Typ der Beschichtung
- Position der Beschichtung

Der infolge nicht-lotrechten Strahlungsdurchganges (0,90) und Verschmutzung (0,98) der Verglasung effektiv wirksame Gesamtenergie-Durchlassgrad g_w wird daher näherungsweise nach ÖNORM B 8110-6 berechnet:

$$g_w = 0,9 * 0,98 * g$$

(4.1-06)

Dabei ist zu beachten, dass ein Abminderungsfaktor z für bewegliche Sonnenschutzeinrichtungen hinzukommen kann.

Tabelle 13: Abminderungsfaktor z für bewegliche Sonnenschutzeinrichtungen⁹²

Abminderungsfaktor z für bewegliche Sonnenschutzeinrichtungen (in Abhängigkeit des g -Wertes der Verglasung)			
	Abminderungsfaktor z		
g -Wert der Verglasung	0,7	0,5	0,25
Außenjalousie	0,15	0,15	0,24
Markise (außen)	0,25	0,25	0,36
Innenjalousi	0,7	0,78	0,88
Textilrollo	0,73	0,8	0,88
hoch reflektierender Innenscreen	0,48	0,62	0,8
keine Verschattung	1	1	1

⁹² Quelle: ÖNORM B 8110-6, 2014 11 15, S.43.

Der Verschattungsfaktor F_s ist in ÖNORM EN ISO 13790 (S.135) geregelt. Er ergibt sich aus den Teilverschattungen des Horizontes, von Überhängen und seitlichen Überständen.

$$F_s = F_h * F_o * F_f$$

(4.1-07)

- F_s ... Verschattungsfaktor
- F_h ... Verschattungsfaktor für den Horizont (Topographie)
- F_o ... Verschattung für Überhänge
- F_f ... Verschattungsfaktor für seitliche Überstände

Die Werte für F_h , F_o , F_f sind in der Norm in tabellarischer Form enthalten. Die Überhänge und seitlichen Überstände von Balkonen, Vordächern, Wänden, Fensterlaibungen und ähnlichem sind nur bei einem Überhangwinkel beziehungsweise einem seitlichen Überstandswinkel von über 30° entsprechend anzusetzen.

In der unteren Tabelle sind einige Richtwerte angegeben, die für ein vereinfachtes Verfahren zur Berechnung verwendet werden können, wenn diese nicht durch Hersteller angegeben sind oder noch keine Produkte angenommen werden können.

Tabelle 14: Richtwerte für den Gesamtenergie-Durchlassgrad transparenter Bauteile⁹³

Richtwerte für den Gesamtenergie-Durchlassgrad transparenter Bauteile		
Glasart und Bezeichnung	Aufbau Glas- /Zr/Glasdicke [mm]	Gesamtenergie- Durchlassgrad g
Einfachglas	4	0,87
2fach-Isolierverglasung unbeschichtet	4/ZR/4	0,75
2fach-Wärmeschutzverglasung beschichtet	4/ZR/4	0,61
2fach-Wärmeschutzverglasung IR-beschichtet	4/ZR/4	0,62
2fach-Wärmeschutzverglasung low-beschichtet	4/ZR/4	0,58
3fach-Isolierverglasung unbeschichtet	4/ZR/4/ZR/4	0,67
3fach-Wärmeschutzverglasung 2'IR-beschichtet	4/ZR/4/ZR/4	0,48
3fach-Wärmeschutzverglasung 2'low-beschichtet	4/ZR/4/ZR/4	0,42
Sonnenschutzglas	5/ZR/5	0,50
Profilbauglas einfach	6	0,84
Profilbauglas doppelt	6/HRb/6	0,7
Profilbauglas Zinnoxid-beschichtet	6/HRb/6	0,6
Profilbauglas Kobaltoxid-beschichtet	6/ HRb/6	0,33

⁹³ Quelle: ÖNORM B 8110-6, 2014 11 15, S.40.



3.2 Sonnenschutz und Lichtlenkung

Sonnen- und Blendschutz sind in der Regel als eigenes Element der Fassade ausgeführt und nicht in der Fensterkonstruktion implementiert. Außerdem stellen sie einen wesentlichen Teil der Fassadengestaltung dar. Diese besitzen mannigfaltige Arten der Ausführung, wobei Sonnen- und Blendschutz nicht immer in einem einzelnen System zu finden sind.⁹⁴ Die Berechnung solcher Systeme ist in ÖNORM EN 13363-1/2 geregelt.

3.2.1 Sonnenschutz

Der Sonnenschutz dient dem Schutz des Raumes vor einer intensiven, direkten Strahlung. Durch Sonnenschutzelemente wird die direkte Einstrahlung dosiert. Dies ist nur im Sommer oder in den Übergangszeiten notwendig. Sonnenschutz sollte, wenn möglich, immer auf der Außenseite des Fensters angebracht sein. Ansonsten gelangt Wärmestrahlung in den Raum und auf die Glasscheibe. Durch Sonnenschutzelemente wird das Entstehen von sekundärer Wärmestrahlung verhindert und die Belüftung der Rückseite des Sonnenschutzes gewährleistet. Innenliegender Sonnenschutz ist fast wirkungslos. Unterschieden wird zwischen:⁹⁴

- Fixem Sonnenschutz
- Integriertem Sonnenschutz
- Flexiblen Sonnenschutz

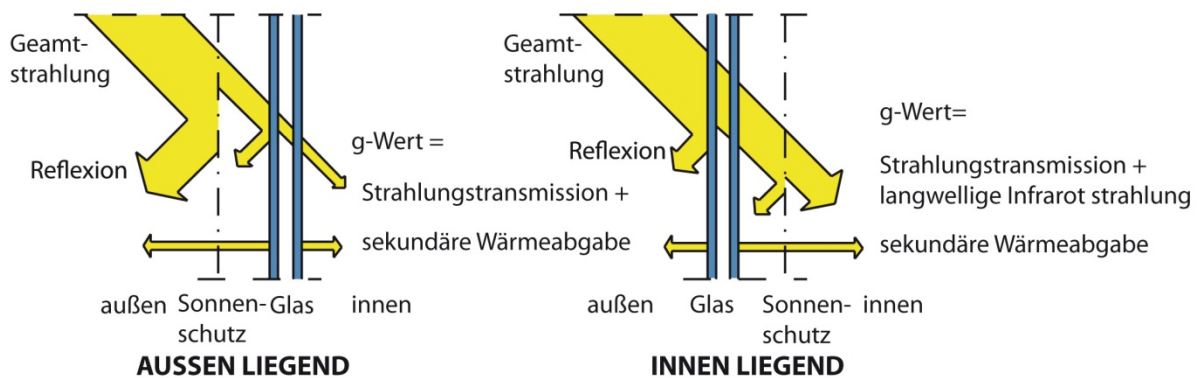


Abbildung 42: Wirkungsweise Sonnenschutz⁹⁵

⁹⁴ Vgl. Pech/Pommer/Zeining, 2005, S.65.

⁹⁵ Quelle: modifiziert übernommen aus: Pech/Pommer/Zeining, 2005, S.65.

Fixer Sonnenschutz

Unter dem Begriff fixer Sonnenschutz sind horizontal und vertikal vorgelagerte Fassadenelemente wie z.B. Balkone oder Lamellenbauteile zu verstehen. Diese Elemente sind statisch und können sich nicht den verschiedenen Einstrahlungswinkeln der Sonne anpassen.⁹⁶

Integrierter Sonnenschutz

Integrierter Sonnenschutz bedeutet, dass er zwischen den Glasscheiben eines Fensters oder einer doppelten Fassade zu finden ist. Die erste Möglichkeit besteht darin, Funktionsschichten, also reflektierende Beschichtungen an den Scheiben anzubringen und die zweite darin, Beschattungselemente in den Scheibenzwischenraum einzubringen. Bei der ersten Möglichkeit gibt es Technologien, die sich sogar den verschiedenen Sonneneinstrahlungsgraden anpassen können.⁹⁷ Die Berechnung der Gesamtenergiedurchlassgraden ist in ÖNORM EN 13363-1/2 geregelt.

Flexibler Sonnenschutz

Flexible Sonnenschutzsysteme beinhalten Lamellen- oder Raffstoren, Markisen und Rollläden. Diese Systeme können sich dem Strahlungswinkel individuell anpassen und sie bieten außerdem Schutz vor unangenehmen Einblicken oder Einbrechern.⁹⁸ Der integrierte als auch der flexible Sonnenschutz werden in der EN 13363-1 beleuchtet. Dies wird mit einem vereinfachten Berechnungsverfahren für g-Wert und Lichttransmissionsgrad τ_v berechnet. Verschattungsfaktoren (F_c) werden nach EN ISO 13790 (11.4.3) errechnet und einige Richtwerte sind in Tabelle E.2 in der ÖNORM B8110-3 zu finden.

⁹⁶ Vgl. Pech/Pommer/Zeininger, 2005, S.66.

⁹⁷ Vgl. Pech/Pommer/Zeininger, 2005, S.67.

⁹⁸ Vgl. Pech/Pommer/Zeininger, 2005, S.68.



3.2.2 Lichtlenkung und Blendschutz

In folgenden Auszügen aus der Arbeitsstättenverordnung - AStV (Fassung vom 06.07.2015) sind Regelungen zum Lichteinfall an Arbeitsplätzen niedergeschrieben:

§ 8. Fenster, Lichtkuppeln und Glasdächer

„(1) Es ist dafür zu sorgen, dass Fenster (...)

2. so beschaffen oder mit geeigneten Einrichtungen ausgestattet sind, dass direkte Sonneneinstrahlung auf Arbeitnehmer/innen oder störende Hitze oder Kälte vermieden wird und diese Einrichtungen leicht und gefahrlos zu betätigen sind, (...)⁹⁹

§ 25. Lichteintrittsflächen und Sichtverbindung

„(1) Als Arbeitsräume dürfen nur Räume verwendet werden, die möglichst gleichmäßig natürlich belichtet sind. Sie müssen Lichteintrittsflächen aufweisen, die

1. in Summe mindestens 10% der Bodenfläche des Raumes betragen und
2. direkt ins Freie führen. (...)

(5) Als Arbeitsräume dürfen nur Räume verwendet werden, die eine Sichtverbindung zum Freien aufweisen. Diese muss

1. so gelegen und so beschaffen sein, dass von ortsgebundenen Arbeitsplätzen aus ein Sichtkontakt mit der äußeren Umgebung möglich ist, sofern dem nicht zwingende Gründe entgegenstehen, und
2. mindestens 5% der Bodenfläche des Raumes betragen.⁹⁹

Die natürliche Belichtung von Räumlichkeiten ist die Essenz eines Fensters. Inwiefern das Fenster dies bewerkstelligt, hängt von mehreren Faktoren ab, die vom Neigungswinkel bis zur Glasart reichen. In Bezug auf Lichteigenschaften können drei Lichtarten unterschieden werden: Zenitlicht, direkte Sonneneinstrahlung und diffuse Lichtstrahlung.

Diese drei Lichtarten zu unterscheiden, zu berechnen und dementsprechend gezielt in den Raum zu holen ist der Sinn eines Lichtführungskonzeptes. Direkte Lichtstrahlung ist besonders sorgfältig zu behandeln. Diese kann einerseits Arbeitsabläufe stören, aber andererseits kann die direkte Sonneneinstrahlung ein wichtiger Energielieferant sein. Die diffuse Lichtstrahlung ist dagegen unproblematisch, da diese aus reflektiertem Licht besteht, das eine gleichmäßige, energiearme Beleuchtung gewährleistet. Fenster, die nach Norden gerichtet sind, werden ausschließlich von diffusem Licht erfasst. Die Lenkung von Tageslicht übernehmen fensterintegrierte Elemente oder Fassadenelemente.¹⁰⁰

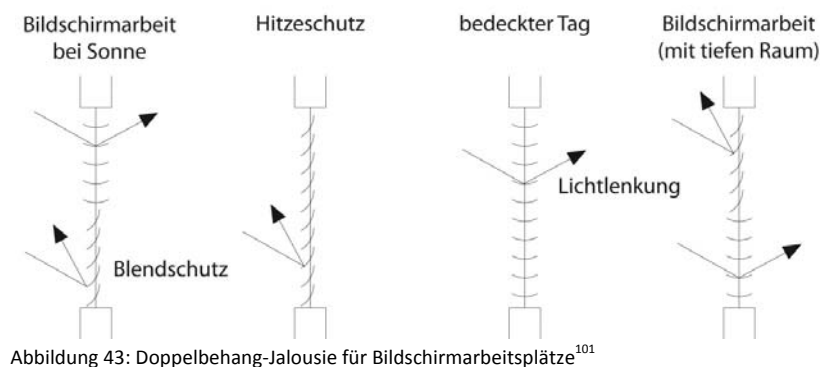


Abbildung 43: Doppelbehang-Jalousie für Bildschirmarbeitsplätze¹⁰¹

⁹⁹ Arbeitsstättenverordnung (Fassung vom 06.07.2015)

¹⁰⁰ Vgl. Pech/Pommer/Zeining, 2005, S.64.

¹⁰¹ Quelle: modifiziert übernommen aus: Pech/Pommer/Zeining, 2005, S.74.



3.3 Brandschutz

Eine weitere wichtige Aufgabe des Fensters ist die Erfüllung von brandschutztechnischen Auflagen. Diese ist in der Baugesetzgebung eine der wesentlichsten sicherheitstechnischen Betrachtungen. Darin geht es hauptsächlich um Vermeidung von Brandüberschlagvermeidung in horizontaler und vertikaler Richtung. Bei Brandschutzfenstern kommt es hauptsächlich auf die materielle Beschaffenheit des Rahmens an. Meistens werden gedämmte Stahlprofile verwendet. Bei organischen Materialien finden Holzrahmen ihre Verwendung, da Kunststoffmaterialien wie z.B. Thermoplaste eine hohe Rauchentwicklung aufweisen und schon ab 110° ihre Festigkeit verlieren, wobei Holzrahmen Temperaturen von über 200° standhalten.¹⁰²

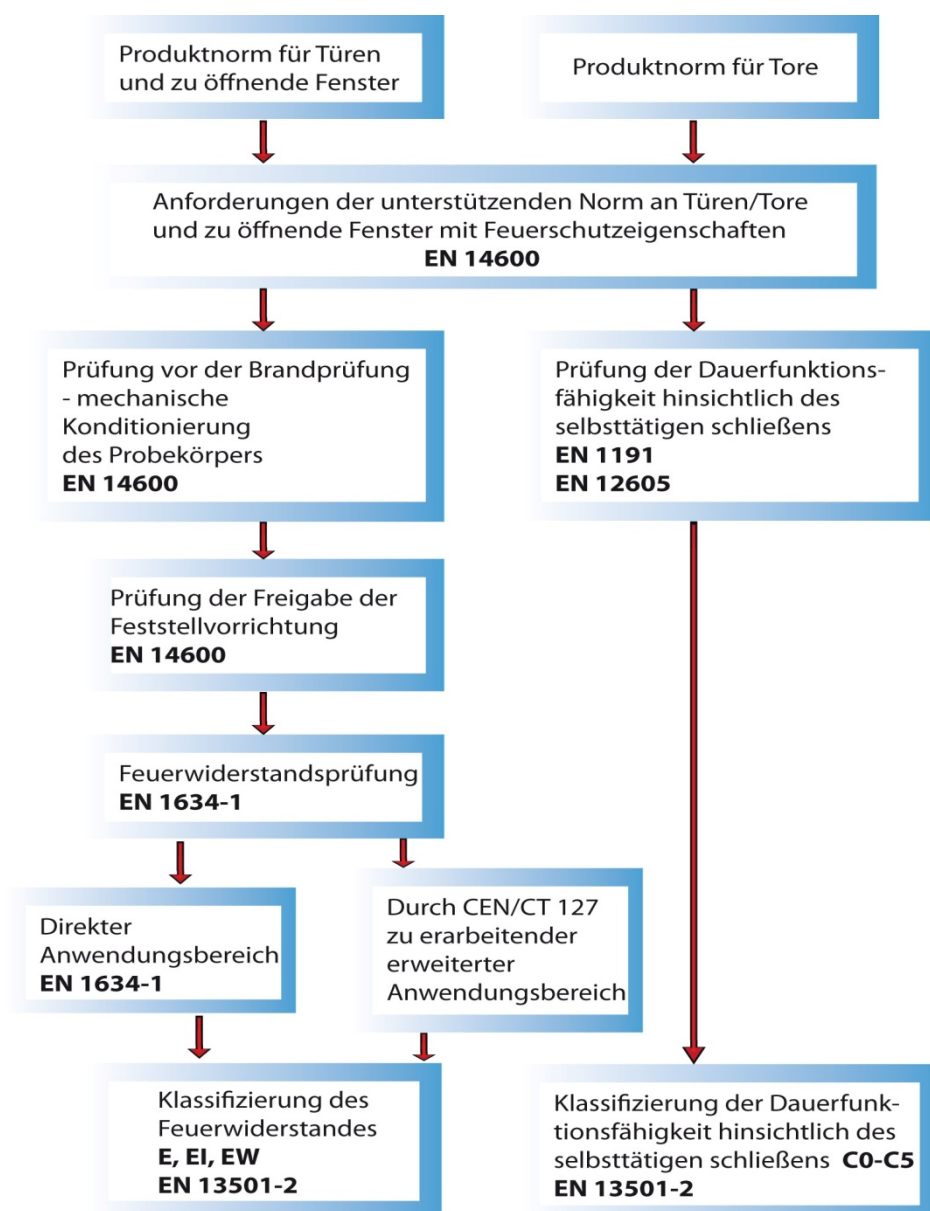


Abbildung 44: Vorgehensweise bei der Erarbeitung einer Klassifizierung für zu öffnende Fenster mit Feuerschutzeigenschaften¹⁰³

¹⁰² Vgl. Pech/Pommer/ Zeininger, 2005, S.88.

¹⁰³ Quelle: ÖNORM EN 14600, 2006 03 01, S.26.

3.4 Luft- und Schlagregendichtheit



3.4.1 Luftdichtheit



An einem Fenster kann die Fugendichtheit mit dem Fugendurchlasskoeffizienten (A-Wert) beschrieben werden. Dieser gibt an, wie viel Luft pro Meter Fugenlänge bei einer Druckdifferenz pro Stunde durch das Fenster durchgelassen wird [$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}^{2/3}$]. Je niedriger der A-Wert, desto dichter das Fenster und umso geringer fallen die Wärmeverluste und der Schalldurchlass aus.

Es besteht die Problematik der Tauwasserbildung, wenn das Fenster zu dicht konstruiert wird. Dies wird heutzutage mit Maßnahmen wie Permanent- oder Zwangsbelüftung gelöst. Diese Lösungen führen jedoch zu Problemen bei den Themen Schlagregendichtheit, Verschmutzung und Schalldichtheit. In Bezug auf Schalldämmung ist Permanentbelüftung besonders problematisch, weil diese vom Fugenschalldämmmaß essenziell abhängt.¹⁰⁴

Eine weitere Problematik entsteht bei raumluftabhängigen, offenen Feuerstätten wie z.B. Gastermen (festgelegt in der allgemeinen Feuerschutzverordnung). Da diese eine gewisse Luftwechselrate in einem Raum benötigen, ist es meistens im Zuge einer Altbausanierung nicht möglich neue, dichte Fenster einzusetzen. Dieses Problem wird auch nicht durch Permanentlüftungen gelöst, da die Luftwechselzahl immer noch zu gering ist, um die nötige Verbrennungsluftzufuhr zu gewährleisten.¹⁰⁴

Die Prüfung der Luftdurchlässigkeit für Fenster ist in der ÖNORM EN 1026 beschrieben und die Klassifizierung erfolgt gemäß ÖNORM EN 12207. Wobei zu erwähnen ist, dass in Anhang I der ÖNORM 14351-1 festgelegt ist, dass Produkte mit beschriebenen Produkteigenschaften wie z.B. feststehende und zu öffnende Fenster mit einem durchgehenden Dichtungsprofil unter entsprechendem Druck in Klasse 2 eingeordnet werden dürfen.¹⁰⁵

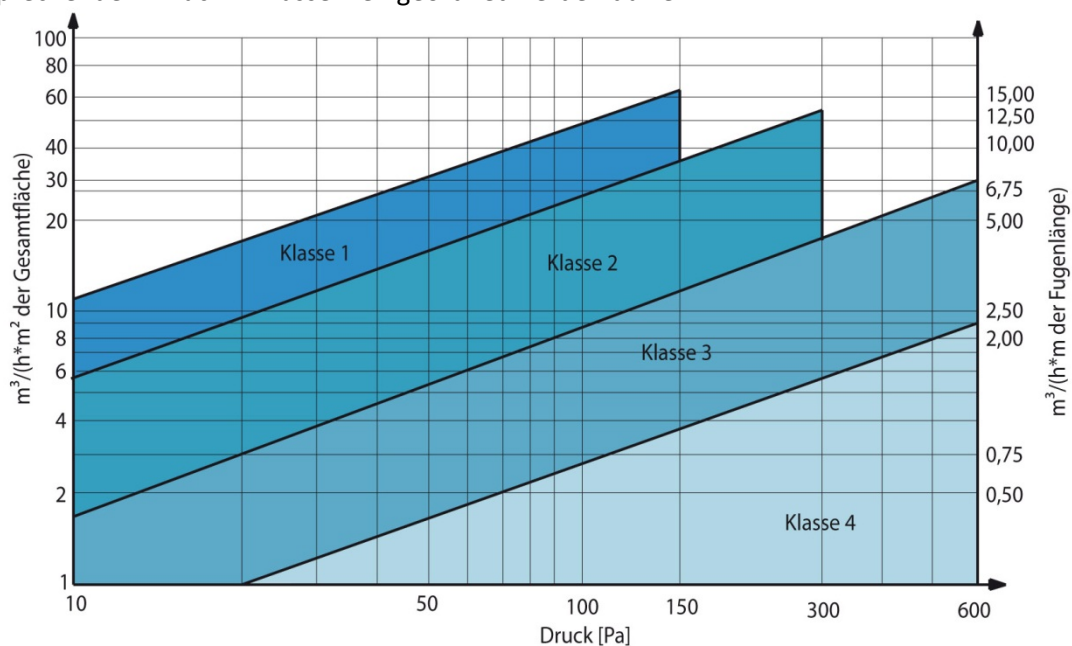


Abbildung 45: Klassifizierung der Luftdurchlässigkeit gemäß ÖNORM EN 12207¹⁰⁶

¹⁰⁴ Vgl. Pech/Pommer/Zeining, 2005, S.58.

¹⁰⁵ Vgl. Sieberath/Niemöller, 2010, S.127.

¹⁰⁶ Quelle: modifiziert übernommen aus: ÖNORM EN 12207, 2000 08 26, S.5.

3.4.2 Lüftung

Aufenthaltsräume benötigen eine ausreichende Belüftung und somit eine Luftwechselzahl (LWZ) von 0,5 bis 2,0 [Luftvolumen/Stunde]. Die optimale Art einen Raum ohne ein kontrolliertes Lüftungssystem zu belüften ist die Querlüftung. Es ist ausreichend das Fenster zu kippen. Dies hat zur Folge, dass der Luftaustausch des Raumes längere Zeit in Anspruch nimmt. Im Winter bedeutet das einen Nachteil, da auch länger Wärme austreten kann.¹⁰⁷

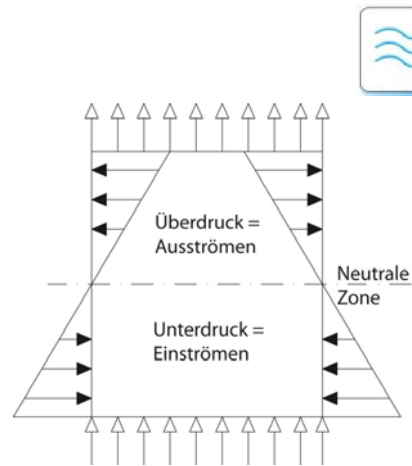


Abbildung 46: Funktionsskizze der Fensterlüftung¹⁰⁸

Tabelle 15: Luftwechselzahlen in Abhängigkeit von der Lüftungsart¹⁰⁸

Lüftungsart	LWZ = Luftwechselzahl [Raumvolumen/Stunde]	Dauer der Lüftung für einen Luftaustausch [Minuten]
Geschlossene Fenster	0,0 - 0,5	mind. 120
Fenster gekippt Rollläden geschlossen	0,3 - 1,5	45 - 180
Fenster gekippt	0,5 - 2,0	30 - 120
Fenster halb geöffnet	5,0 - 10,0	6 - 12
Fenster ganz geöffnet	9,0 - 15,0	6 - 7
Gegenüberliegende Fenster Vollständig geöffnet = Querlüftung	~ 40,0	~ 1,5

Bei einer unzureichenden Raumbelüftung wie z.B. nach Einbau von Schallschutzfenstern, die einen sehr niedrigen A-Wert besitzen, bieten sich Zwangs- oder Dosierlüfter an, um die Raumlüftung zu gewährleisten. Die Zwangs- oder Dosierlüfter können in den Rahmen oder auch Flügel integriert werden. Durch solche Maßnahmen werden jedoch die schall- und wärmedämmtechnischen Eigenschaften der Fensterkonstruktion beeinträchtigt.¹⁰⁹

- **Gute Belüftung = schlechtere Wärmedämmung + schlechtere Schalldämmung**

Stand der Technik bei Dosierlüftern sind Klapplüftungen, die ihre Lüftungseigenschaften je nach Windeinwirkung verändern und auch komplett geschlossen werden können. Beispielhafte Werte für ein solches, im Rahmen eingebautes System, sind:

- Volumenstrom Q bei 5 Pa: 71 – 9 [m³/h/m]
- Schalldämmung Offen $D_{n,e,w}$: 27 – 47 [dB]
- Schalldämmung Geschlossen $D_{n,e,w}$: 49 – 63 [dB]
- U-Wert: 2,8 – 1,2 [W/m²K]¹¹¹



Abbildung 47: Klapplüftung (Rahmeneinbau)¹¹⁰

¹⁰⁷ Vgl. Pech/Pommer/Zeining, 2005, S.60.

¹⁰⁸ Quelle: modifiziert übernommen aus: Pech/Pommer/Zeining, 2005, S.60.

¹⁰⁹ Vgl. Pech/Pommer/Zeining, 2005, S.61.

¹¹⁰ Quelle: Technischer Daten Katalog Fa. RENSON.



3.4.3 Schlagregendichtheit

Die normativen Grundlagen für die Schlagregendichtheit sind in der Norm ÖNORM EN 1027 und ÖNORM EN 12208 festgelegt.

Tabelle 16: Klassifizierung der Schlagregendichtheit¹¹²

Prüfdruck P _{max} [Pa]	Klassifizierung		Anforderungen
	Prüfverfahren A	Prüfverfahren B	
	0	0	keine Anforderung
0	1A	1B	15 min Besprühung
50	2A	2B	wie Klasse 1 + 5 min
100	3A	3B	wie Klasse 2 + 5 min
150	4A	4B	wie Klasse 3 + 5 min
200	5A	5B	wie Klasse 4 + 5 min
250	6A	6B	wie Klasse 5 + 5 min
300	7A	7B	wie Klasse 6 + 5 min
450	8A	-	wie Klasse 7 + 5 min
600	9A	-	wie Klasse 8 + 5 min
>600	Exxx	-	Oberhalb 600 Pa in Stufen von 150 Pa muss die Dauer jeder Stufe 5 min betragen

Bei Prüfung der Schlagregendichtheit nach ÖNORM EN 1027 wird in zwei Gruppen unterschieden. Die Gruppe A bezieht sich auf Produkte in nicht geschützter Lage und die Gruppe B auf Produkte in teilweise geschützten Lagen.

3.4.4 Mechanische Belastung durch Windkraft

In der ÖNORM B 5300 ist festgelegt, welcher erforderlichen Belastungsklasse ein Fenster entsprechen muss. Dies ist vom Grundwert der Windgeschwindigkeit, der Einbauhöhe über dem Gelände und der jeweilig vorhandenen Geländeform abhängig. Außerdem werden den verschiedenen Beanspruchungsklassen Prüfdrücke zugrunde gelegt, die in der ÖNORM EN 12210 festgelegt sind. In dieser Norm werden auch die maximal zulässigen Verformungen, des am stärksten verformten Rahmenteiles, zugewiesen.¹¹³

¹¹¹ Vgl. *Technischer Daten Katalog Fa. RENSON*.

¹¹² Quelle: modifiziert übernommen aus: *ÖNORM EN 12208, 2000 02 01, S.4*.

¹¹³ Vgl. *ÖNORM B 5300, 2007 11 01, und ÖNORM EN 12210, 2013 06 01, S.6*.

Tabelle 17: Geländekategorien gemäß ÖNORM EN 1991-1-4¹¹⁴

Geländekategorie	Typische Geländebeispiele
II	Gebiete mit niedriger Vegetation wie Gras und einzelnen Hindernissen (Bäume, Gebäude) mit Abständen von mindestens 20-facher Hindernishöhe
III	Gebiete mit gleichmäßiger Vegetation oder Bebauung oder mit einzelnen Objekten mit Abständen von weniger als der 20-fachen Hindernishöhe (z.B. Dörfer, vorstädtische Bebauung, Waldgebiete)
IV	Gebiete, in denen mindestens 15% der Oberfläche mit Gebäuden mit einer mittleren Höhe größer als 15 m bebaut sind

Tabelle 18: Prüfdrücke zu Klassifizierung der Windkraft gemäß ÖNORM EN 12210¹¹⁵

Klasse	P1	Prüfdruck in [Pa] P2 = 0,5 x P1	P3 = 1,5 x P1
0	nicht geprüft	nicht geprüft	nicht geprüft
1	400	200	600
2	800	400	1200
3	1200	600	1800
4	1600	800	2400
5	2000	1000	3000
Exxx	xxx		

Tabelle 19: Klassifizierung der relativen frontalen Durchbiegung gemäß ÖNORM EN 12210¹¹⁶

Klasse	Relative frontale Durchbiegung
A	<1/150
B	<1/200
C	<1/300

Tabelle 20: Beanspruchungsklassen gemäß ÖNORM EN 1991 1 4¹¹⁴

	Beanspruchungsklassen				
	1	2	3	4	5
maximale Windeinwirkung in kN/m ²	≤ 0,4	0,41 bis 0,8	0,81 bis 1,2	1,21 bis 1,6	1,61 bis 2,0

¹¹⁴ Quelle: modifiziert übernommen aus: ÖNORM B 5300, 2007 11 01, S6.

¹¹⁵ Quelle: modifiziert übernommen aus: ÖNORM EN 12210, 2002 12 01, S4.

¹¹⁶ Quelle: modifiziert übernommen aus: ÖNORM EN 12210, 2002 12 01, S5.



3.5 Schallschutz

Der Schallschutz wird immer wichtiger, da dieser einen großen Faktor des Wohlbefindens eines Menschen darstellt. Besonders im städtischen Bereich wird dieser gefordert. Lärmbelastungen können im schlimmsten Fall sogar zu gesundheitlichen Problemen führen. Deswegen wird eine gute technische und konstruktive Ausführung von Fenstern immer wichtiger.¹¹⁷

Im Massivbau als auch bei Leichtbauweise wird das Maß der Schalldämmung eines Fensters im Zusammenspiel mit der Wandkonstruktion berechnet. Fensterflächen sollten auf ein Minimum reduziert werden, um eine gute Schalldämmung zu gewährleisten. Die aktuelle architektonische Entwicklung geht allerdings in eine andere Richtung. Die einzuhaltenden Minima an Schalldämmung sind in den verschiedenen Bauordnungen festgehalten und sind abhängig von:¹¹⁷

- der Art, Anordnung und der Dicke der Verglasung,
- der Materialität des Rahmens,
- der Konstruktionsweise des Fensters,
- den Fensterbeschlägen,
- der Dichtung zwischen Flügel und Stock,
- der Bauweise von Stock und Rohbau.

Um eine größtmögliche Qualität zu gewährleisten, sollten spezielle Anschlagdichtungen zum Einsatz kommen, die eine niedrige Luftdurchlässigkeit gewährleisten. Beim Rahmenmaterial sollte man sich auf massive Konstruktionsarten beschränken, da leichte Hohlkammersysteme zu schlechten schalltechnischen Eigenschaften neigen. Da die Fensterscheiben den größten Flächenanteil an einem Fenster besitzen, sind sie maßgebend in Bezug auf die Einflussnahme auf das Schalldämm-Maß der Konstruktion.¹¹⁷

Tabelle 21: Schalldämm-Maße in Abhängigkeit der Konstruktionsart des Fensters und der Verglasung nach DIN 4109¹¹⁸

Rw	Fenstertyp	Falzdichtung	Abmessungen/Anforderung
25 dB	Einfachfenster	-	$\Sigma dg > 6\text{mm}$ SZR > 8mm oder Isolierglas mit $Rw,g > 27\text{dB}$
25 dB	Verbundfenster	-	$\Sigma dg > 6\text{mm}$ SZR Beliebig
30 dB	Einfachfenster	1	$\Sigma dg > 6\text{mm}$ SZR > 12mm oder Isolierglas mit $Rw,g > 30\text{dB}$
30 dB	Verbundfenster	1	$\Sigma dg > 6\text{mm}$ SZR > 30mm
30 dB	Kastenfenster	-	Beliebig

¹¹⁷ Vgl. Pech/Pommer/ Zeininger, 2005, S.83.

¹¹⁸ Quelle: modifiziert übernommen aus: Pech/Pommer/ Zeininger, 2005, S.83.

Tabelle 21: (Fortsetzung)

Rw	Fenstertyp	Falzdichtung	Abmessungen/Anforderung
35 dB	Einfachfenster	1	$\Sigma dg > 10\text{mm}$ SZR > 16mm oder Isolierglas mit $R_{w,g} > 35\text{dB}$
35 dB	Verbundfenster	1	$\Sigma dg > 8\text{mm}$ SZR > 40mm
35 dB	Verbundfenster	1	4/12/4 - 6 SZR > 40mm
35 dB	Kastenfenster	1	Beliebig SZR > 30mm
40 dB	Einfachfenster	2	Isolierglas mit $R_{w,g} > 42\text{dB}$
40 dB	Verbundfenster	2	6/12/4 - 8 SZR > 50mm
40 dB	Kastenfenster	2	4/12/4 - 6 SZR > 100mm
45 dB	Verbundfenster	2	6/12/6 - 8 SZR > 100mm
45 dB	Kastenfenster	2	8/12/4 - 8 SZR > 60mm

Ein anderer Faktor, der das schalltechnische Verhalten eines Fensters beeinflusst, ist der Einfallswinkel der Schallwellen. Wenn sich der Schalleinfallswinkel von der Flächennormalen des Fensters unterscheidet, sinkt der Schalldämmwert massiv. In hohen Frequenzbereichen kann dies bereits einen Abfall von bis zu 10 dB bewirken.¹¹⁹

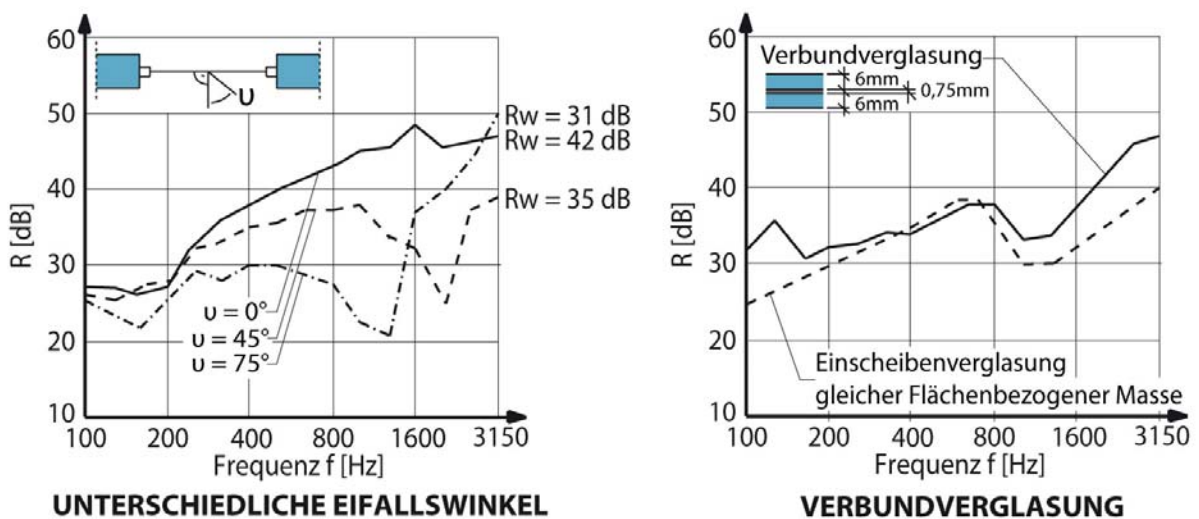


Abbildung 48: Geprüfte Schalldämm-Maße bei unterschiedlichen Einfallswinkeln¹²⁰

¹¹⁹ Vgl. Pech/Pommer/ Zeininger, 2005, S.84.

¹²⁰ Quelle: modifiziert übernommen aus: Cziesielski, Bauphysik Kalender 2003.

Das bewerte Schalldämm-Maß von mehrscheibigen Isolierverglasungen ist, im Gegensatz zu Einscheibenverglasungen, im Frequenzbereich von 100 bis 1000 Hz, erst nach einem Scheibenzwischenraum von 24 mm, effektiver. Außerdem können verschiedene Dicken der beiden Glasscheiben helfen Resonanzeffekte zu verhindern.¹²¹

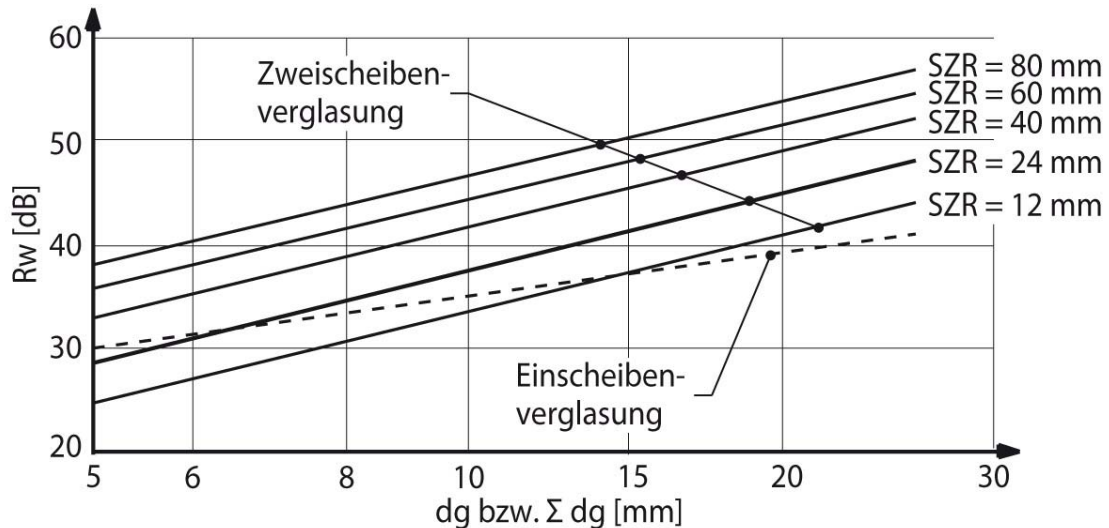


Abbildung 49: Bewertete Schalldämm-Maße von Ein- und Zweischeibenverglasungen¹²²

Eine andere Art ein höheres Schalldämm-Maß zu erreichen ist schwere Gase wie z.B. Hexafluorid (SF6) im Scheibenzwischenraum einzufüllen. Schallschutzfenster mit dieser Füllung können ein Schalldämm-Maß von über 50 dB erreichen. Durch Dreischeibenverglasungen sind keine nennenswerten Verbesserungen zu erreichen, da sich die Körperschallübertragung über den Randverbund dadurch nicht verbessert.¹²³

Tabelle 22: Richtwerte für den Schallschutz von Einfachfenstern mit Dreifach-Isolierglas gemäß ÖNORM B 3710; die Summe der Dicke der Scheibenzwischenräume beträgt 24 mm¹²⁴

Anzahl der Scheiben	Dicke der Scheiben in mm	Bewertetes Schalldämm-Maß Rw in dB	Summe von bewertetem Schalldämm-Maß und Spektrumanpassungswert Rw + Ctr in dB
3 Scheiben	4 oder 5	35	30
2 Scheiben	4 oder 5	40	35
1 Scheibe	10	40	35

¹²¹ Vgl. Pech/Pommer/Zeining, 2005, S.84.

¹²² Quelle: modifiziert übernommen aus: Cziesielski, Bauphysik Kalender 2003.

¹²³ Vgl. Pech, Pommer, Zeining, Fenster, 2005, S.88.

¹²⁴ Quelle: modifiziert übernommen aus: ÖNORM B 8115-4: 2003 09 01, S.16.

Für planerische Vorgaben behandelt die ÖNORM B 8115-2 das Standardverfahren zur Ermittlung der Mindestanforderungen an Schallschutzfenster. Dieses gliedert sich in folgende Bereiche:

- Feststellung des maßgeblichen Außenlärmpegels,
- Anforderungen an den Schallschutz von Außenbauteilen.

Das zu erfüllende resultierende bewertete Schalldämm-Maß der Außenbauteile ergibt sich aus dem maßgeblichen äquivalenten Dauerschallpegel des Außenbereiches nach ÖNORM B 8115-2. Durch Balkone und dergleichen kann der maßgebliche äquivalente Dauerschallpegel außerhalb des Gebäudes vermindert werden.¹²⁵

Tabelle 23: Planungsrichtwerte für gebietsbezogene Schallimmissionen¹²⁶

Planungsrichtwerte für gebietsbezogene Schallimmissionen			
Bauland - Kategorie	Gebiet	A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel, LA,eq	
		dB	
		bei Tag	bei Nacht
1	Ruhegebiet, Kurgebiet	45	35
2	Wohngebiet in Vororten, Wochenendhaus-Gebiet, ländliches Wohngebiet	50	40
3	städtisches Wohngebiet, Gebiet für Bauten land- und forstwirtschaftlicher Betriebe mit Wohnungen	55	45
4	Kerngebiet (Büros, Geschäfte, Handel und Verwaltung ohne Schallemission sowie Wohnungen), Gebiet für Betriebe ohne Schallemission	60	50
5	Gebiet für Betriebe mit geringer Schallemission (Verteilung, Erzeugung, Dienstleistung, Verwaltung)	65	55

Die Anforderungen denen die Außenfassade, inklusive der Fenster zu entsprechen hat, werden durch die Einstufung mittels der folgenden Tabelle bestimmt. Zu beachten ist, die jeweils höhere Anforderung aus Tag oder Nacht.¹²⁷

¹²⁵ Vgl. ÖNORM B 8115-4, 2003 09 01, S.11.

¹²⁶ Quelle: modifiziert übernommen aus: ÖNORM B 8115-2: 2006 12 01, S.6.

¹²⁷ Vgl. ÖNORM B 8115-4, 2003 09 01, S.7.

Tabelle 24: Mindest erforderliche Schalldämmung von Außenbauteilen¹²⁸

Mindest erforderliche Schalldämmung von Außenbauteilen									
Bauteile von zu schützenden Räumen (Aufenthaltsräumen)	Mindestschallschutz in dB (R' res,w, R' w, Rw bzw. Rw + Ctr) für maßgebliche Außenlärmpegel-Stufen								
	Spalte	1	2	3	4	5	6	7	Zeile
	Stufe	A, B, C	D	E	F	G	H	I	1
	Tag	≤ 50	51 bis 55	56 bis 60	61 bis 65	66 bis 70	71 bis 75	76 bis 80	2
	Nacht	≤ 40	41 bis 45	46 bis 50	51 bis 55	56 bis 60	61 bis 65	66 bis 70	3
Entspricht den Richtwerten der Tabelle 23, Zeile(n)		1,2	3	4	5	-	-		4
Wohngebäude, -heime, Hotels, Schulen, Kindergärten, Krankenhäuser, Kurgelände u. dgl.									5
- Außenbauteile gesamt	R' res,w	33	38	38	43	43	48	53	6
Opake Außenbauteile < 30% Fassadenanteil	Rw	43	43	43	48	48	53	58	7
Fenster und Außentüren < 30% Fassadenanteil	Rw Rw + Ctr	28 23	33 28	33 28	38 33	38 33	43 38	48 43	8
Verwaltungs- und Bürogebäude u. dgl.									9
- Außenbauteile gesamt	R' res,w	33	33	33	33	38	43	48	10
Opake Außenbauteile < 30% Fassadenanteil	Rw	43	43	43	43	43	48	53	11
Fenster und Außentüren < 30% Fassadenanteil	Rw Rw + Ctr	28 23	28 23	28 23	28 23	33 28	38 33	43 38	12

Wenn bei der Planung das bewertete Bau-Schalldämm-Maß der Außenwand R' w,AW und der raumbezogene Öffnungsanteil bekannt sind, kann das erforderliche bewertete Schalldämm-Maß R_{w,F,erf} der Fenster oder Außentüren mit Formel (4.5-01) ermittelt bzw. aus Abbildung 50 entnommen werden.¹²⁹

$$R_{w,F,erf} = R_{w,AW} - 10 \lg \left[1 + \frac{S_g}{S_F} * \left(10^{\frac{R_{w,AW} - R_{res,w}}{10}} - 1 \right) \right] \quad (4.5-01)$$

¹²⁸ Quelle: modifiziert übernommen aus: ÖNORM B 8115-2: 2006 12 01, S.8.

¹²⁹ Quelle: ÖNORM B 8115-4: 2003 09 01, S.12.

- S_F ... Fläche der Fenster und/oder Außentüren in m^2
- S_g ... gesamte raumseitige Außenbauteilfläche einschließlich Fenster- und/oder Außentüröffnungen in m^2
- $R'_{res,w}$... bewertetes resultierendes Bau-Schalldämm-Maß gemäß ÖNORM B 8115-2:2006, Tabelle 2 in dB
- $R'_{w,AW}$... bewertetes Bau-Schalldämm-Maß des Außenwandanteils in dB
- $R_{w,F,erf}$... erforderliches bewertetes Schalldämm-Maß der Fenster und Außentüren in dB

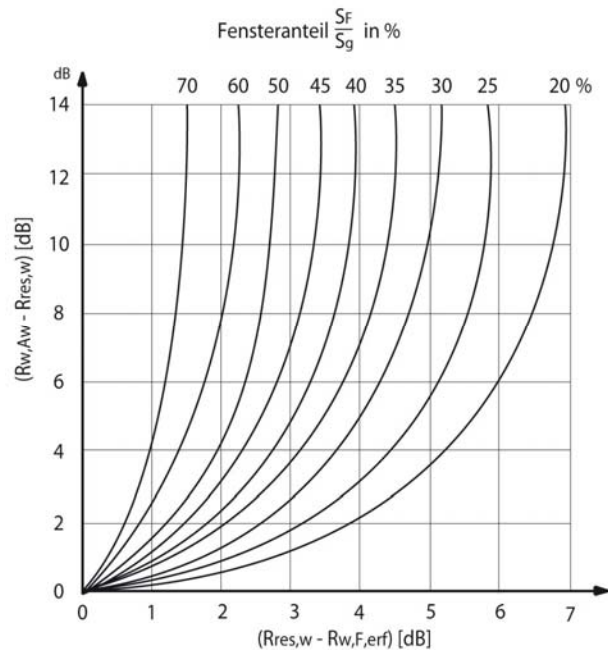


Abbildung 50: Diagramm zur Bestimmung des erforderlichen Schalldämm-Maßes von Außenbauteilen oder Fenstern, Außentüren u.dgl. zur Erfüllung des resultierenden Schalldämm-Maßes $R_{res,w}$ in Abhängigkeit vom Fensteranteil¹³⁰

Die Schalldämmung von Fenstern, Außentüren, Rollladenkästen, Schalldämmlüftern u.dgl. ist durch Messungen in einem Prüfstand gemäß ÖNORM EN 20140-3 und ÖNORM EN 20140-10 zu ermitteln.¹³¹

Um das resultierende bewertete Schalldämm-Maß $R_{res,w}$ von zusammengesetzten Außenbauteilen (Wände bzw. Decken, Fenster, Außentüren, Lüfter, Rollladenkasten u.dgl.) zu ermitteln, wird folgende Formel herangezogen:¹³²

$$R_{res,w} = -10 \lg \left[\frac{1}{S_g} * \sum_i S_i * 10^{-\frac{R_{w,i}}{10}} \right] \quad (4.5-02)$$

- S_g ... gesamte raumseitige Außenbauteilfläche einschließlich Fenster- und Außentüröffnungen in m^2
- S_i ... Fläche der einzelnen
- $R_{w,i}$... Schalldämm-Maß der einzelnen Bauteile in dB

¹³⁰ Quelle: ÖNORM B 8115-4, 2003 09 01, S.13.

¹³¹ Quelle: ÖNORM B 8115-4, 2003 09 01, S.15.

¹³² Quelle: ÖNORM B 8115-4, 2003 09 01, S.12.



3.6 Absturzsicherung

Die Eigenschaften, die ein Fenster zu erfüllen hat, damit es als Absturzsicherung herangezogen werden darf, werden in der OIB-Richtlinie 4 festgehalten. Diese Eigenschaften sind wie folgt in der OIB-Richtlinie 4 (Fassung vom März 2015) anzufinden:

4 Schutz vor Absturzunfällen

„4.1.1 Alle im gewöhnlichen Gebrauch zugänglichen Stellen eines Gebäudes mit einer Fallhöhe von 60 cm oder mehr, bei denen die Gefahr eines Absturzes besteht, jedenfalls aber ab einer Fallhöhe von 1,00 m, sind mit einer Absturzsicherung zu sichern. Eine Absturzsicherung ist nicht notwendig, wenn diese dem Verwendungszweck (z.B. bei Laderampen, Schwimmbecken) widerspricht.“¹³³

„4.1.2 In Kindergärten, Schulen und ähnlichen Einrichtungen für Kinder bis zehn Jahren sind Fenster bei einer Absturzhöhe von mehr als 2,00 m mit einer Kindersicherung auszustatten.“¹³³

„4.2.1 Die Höhe der Absturzsicherung hat mindestens 1,00 m, ab einer Absturzhöhe von mehr als 12 m, gemessen von der Standfläche, mindestens 1,10 m zu betragen. Abweichend davon genügt bei Wohnungstreppe eine Höhe der Absturzsicherung von 90 cm. Bei Absturzsicherungen mit einer oberen Tiefe von mindestens 20 cm (z.B. Brüstungen, Fensterparapete) darf die erforderliche Höhe um die halbe Brüstungstiefe abgemindert, jedoch ein Mindestmaß von 85 cm nicht unterschritten werden.“¹³³

„4.2.2 Öffnungen in Absturzsicherungen dürfen zumindest in einer Richtung nicht größer als 12 cm sein. Im Bereich von 15 cm bis 60 cm über fertiger Stufenvorderkante oder Standfläche dürfen keine horizontalen oder schrägen Umwehrungsteile angeordnet sein, es sei denn, die Öffnungen sind in der Vertikalen nicht größer als 2 cm oder ein Hochklettern wird auf andere Weise erschwert.“¹³³

„4.2.4 Die Anforderungen der Punkte 4.2.2 und 4.2.3 gelten nicht, wenn aufgrund des Verwendungszweckes des Gebäudes die Anwesenheit von Kindern nicht zu erwarten ist (z.B. in Bereichen von Gebäuden, die ausschließlich Arbeitnehmern oder Betriebsangehörigen zugänglich sind). In diesem Fall ist zumindest eine Absturzsicherung mit Brust- und Mittelwehr zu errichten.“¹³³

„4.2.5 Verglasungen, die als Absturzsicherungen dienen, müssen unbeschadet der Bestimmungen gemäß Punkt 5.1 aus geeignetem Verbund-Sicherheitsglas bestehen. Bei Mehrscheiben-Isolierglas und Verglasungen mit mehreren Scheiben (z.B. Verbundverglasungen) gilt dies zumindest für eine Scheibe.“¹³³

¹³³ OIB-Richtlinie 4 (Fassung vom März 2015).

5 Schutz vor Aufprallunfällen und herabstürzenden Gegenständen

„5.1.1 Folgende Glaselemente müssen aus Sicherheitsglas (Einscheibensicherheitsglas oder Verbund-Sicherheitsglas) hergestellt sein:

- Ganzglastüren, Verglasungen in Türen und in Fenstertüren bis 1,50 m Höhe über der Standfläche,
- vertikale Verglasungen (wie z.B. Glaswände, Fixverglasungen) entlang begehbarer Flächen bis 85 cm Höhe über der Standfläche,
- vertikale Verglasungen (wie z.B. Glaswände, Fixverglasungen) entlang begehbarer Flächen in Gebäuden mit möglichem Menschengedrange bis 1,50 m Höhe über der Standfläche.“¹³⁴

„5.1.2 Anstelle der Verwendung von Sicherheitsglas gemäß Punkt 5.1.1 können auch Schutzvorrichtungen angebracht werden, die den Anprall von Personen verhindern.

Wenn bei Mehrscheiben-Isolierglas die Scheiben an der Seite oder den Seiten der Einwirkung aus Verbund-Sicherheitsglas bestehen, sind weitere, durch Abstandhalter getrennte Scheiben von den Anforderungen gemäß Punkt 5.1.1 ausgenommen. Gleiches gilt, wenn die Scheiben an der Seite oder den Seiten der Einwirkung aus Einscheibensicherheitsglas bestehen und so bemessen sind, dass ein Durchstoßen beim Anprall von Personen verhindert wird.“¹³⁴

„5.1.4 Werden vertikale Verglasungen aus Einscheibensicherheitsglas mit einer Splitterfallhöhe von mehr als 4,00 m hergestellt, müssen sie über Schutzvorrichtungen verfügen oder konstruktive Maßnahmen aufweisen, sodass bei Bruch der Verglasung durch Herabfallen von Glasstücken eine Gefährdung von darunter befindlichen Personen vermieden wird.“¹³⁴

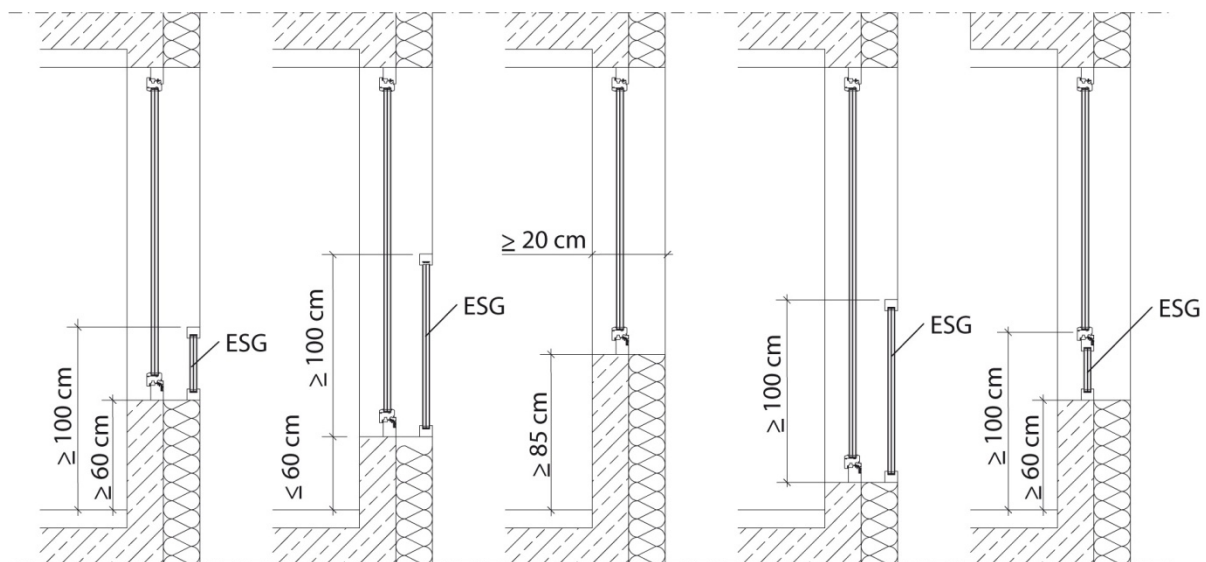


Abbildung 51: Bildliche Darstellung der Vorgaben nach OIB-Richtlinie 4¹³⁵

¹³⁴ OIB-Richtlinie 4 (Fassung vom März 2015).

¹³⁵ Quelle: modifiziert übernommen aus: Pech/Pommer/Zeinger, 2005, S.23.

3.7 Energieproduktion



Fensterintegrierte Photovoltaik ist bereits seit Jahren am Markt. Da ein Gebäude um so einiges mehr an Fassaden- als Dachfläche besitzt, geht der Trend bei energieeffizienten Bauten dahin, die Fassade als energieproduzierendes Gebäudeelement zu nutzen, obwohl die Effizienz nicht optimal ist. Den wesentlichen Einfluss auf den elektrischen Ertrag einer Photovoltaik-Anlage bewirkt die Ausrichtung zur Sonne. Besonders interessant ist die Entwicklung von Photovoltaik, die zwischen zwei Sicherheitsverglasungen eingesetzt wird. Diese bieten die Möglichkeit der Integration verschiedensten Zellentypen und die Bedruckung in allen Farben. Das Spektrum reicht von monokristallinen Zellen bis zur Dünnschichtzelle.¹³⁷

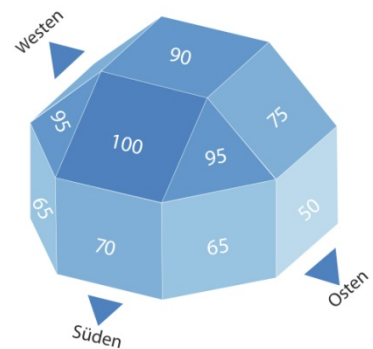
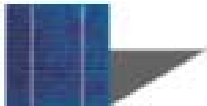


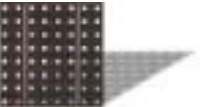




Abbildung 52: Ertrag einer PV-Anlage in Mittel-Europa¹³⁶

Tabelle 25: Unterschiedliche Zellentypen für individuelle Effizienz und Transparenz je nach gewünschter Abschattung¹³⁸

Zelltyp	Abmessungen in mm	Effizienz in %	Flächenleistung W/m ²	Zelleistung W/Zelle
 Polykristallin	156 x 156	16	125	3,7 - 3,9
 Monokristallin	156 x 156 125 x 125	18	130	4,2
 Monokristallin - hoch effizient	125 x 125	22	155	3,04 - 3,1
 Monokristallin - semi transparent	125 x 125	17	105	2,01
 aSi Dünnschicht OP AK [®]	640 x 1.072	5	50	43
 aSi Dünnschicht THR U [®] 10% od. 20%	640 x 1.072	4	45 - 40	40 - 34

¹³⁶ Quelle: modifiziert übernommen aus: ERTEX SOLAR Katalog, HIGHLIGHTS, [23.01.2012].

¹³⁷ Vgl. ERTEX SOLAR Katalog, VSG-Design, [10.03.2013].

¹³⁸ Quelle: modifiziert übernommen aus: ERTEX SOLAR Katalog, HIGHLIGHTS, [23.01.2012].

Mit Isolierglastechnologie können U_g -Werte bis zu $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ erreicht werden. Durch die entstehende Verschattung sinken die g-Werte. Das kann je nach Einsatzart durchaus positiv sein. Die Transparenz der Verglasungen wird durch den Abstand der verschiedenen Module festgelegt. Je größer der Abstand zwischen den Zellen wird, desto ineffizienter werden die Module.¹³⁹

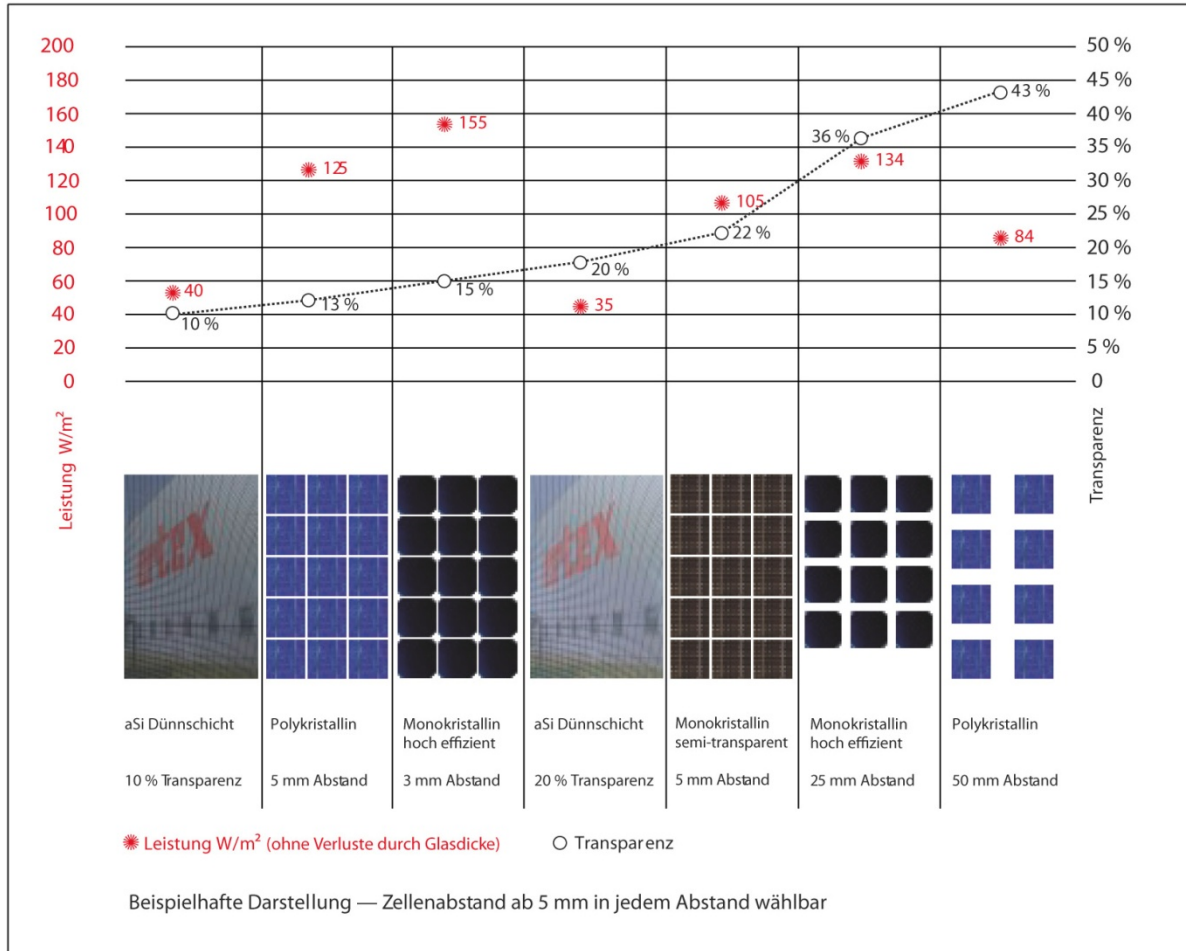


Abbildung 53: Gängige Kombinationen Zellentyp - Zellenabstände: Leistung und Abschattung in Relation¹⁴⁰

¹³⁹ Vgl. ERTEX SOLAR Datenblatt, VSG-ISO, [30.07.2013].

¹⁴⁰ Quelle: ERTEX SOLAR Katalog, HIGHLIGHTS, [23.01.2012].



3.8 Einbruchschutz

Das Bedürfnis nach Sicherheit ist eines der Grundbedürfnisse des Menschen. Besonders im Eigenheim ist Sicherheit ein essenzieller Wohlfühlfaktor. Nicht nur Türen, sondern auch Fenster sollen einbruchssicher konstruiert werden. Dies gilt besonders im Erdgeschossbereich oder bei Zweitwohnsitzen, die nur zeitweise bewohnt werden.

Es ist wichtig bei der Konstruktion von einbruchssicheren Bauteilen die gesamte Sicherheitskette geschlossen zu halten. Dies gilt für den Wandanschluss bis zur Auswahl der Verglasung. Die Einzelbestandteile, die beachtet werden sollten, sind:¹⁴¹

- Blendrahmen zur Verbindung des Fensters mit dem Baukörper
- Flügel bei zu öffnenden Fenstern (Füllung)
- Füllungsanbindungssystem (z.B. Glashalteleisten)
- Verglasung mit Verbundsicherheitsglas
- Verschluss- und Verriegelungssysteme

Die unterschiedlichen Widerstandsklassen werden gemäß ÖNORM EN 1627 festgelegt. Diese Widerstandsklassen (WK) werden einer zu erwartenden Täterbeschreibung und Widerstandszeiten zugeordnet.

Tabelle 26: Widerstandsklassen mit Täterbeschreibung¹⁴²

WK	Täterbeschreibung	Widerstandszeit	Einsatzempfehlung
1	Bauteil der Widerstandsklasse 1 weisen einen Grundsatz gegen Aufbruchversuche mit körperlicher Gewalt wie Gegentreten, Gegenspringen, Schulterwurf, Hochschieben und Herausreißen auf (vorwiegend Vandalismus).	keine manuelle Prüfung	Grundsicherheit Türen und Fenster mit geringer Einbruchhemmung
2	Der Gelegenheitstäter versucht zusätzlich, mit einfachen Werkzeugen wie Schraubendreher, Zangen und Keilen das verschlossene und verriegelte Bauteil aufzubrechen.	3 min	Standartsicherheit Türen und Fenster mit normalem Risiko
3	Der Täter versucht zusätzlich mit einem zweiten Schraubendreher und einem Kuhfuß das verschlossene und verriegelte Bauteil aufzubrechen	5 min	Erhöhte Sicherheit Türen und Fenster mit erhöhtem Risiko
4	Der erfahrene Täter setzt zusätzlich Sägewerkzeug und Schlagwerkzeuge wie Schlagaxt, Stemmeisen, Hammer und Meißel und eine Akku-Bohrmaschine ein.	10 min	Hohe Sicherheit Fenster und Türen mit hoher Sicherheitsanforderung
5	Der erfahrene Täter setzt zusätzlich Elektrowerkzeuge wie z.B. Bohrmaschine, Stich- oder Säbelsäge und Winkelschleifer mit einem max. Scheibendurchmesser von 125 mm ein.	15 min	Türen und Fenster für Hochsicherheitsbereiche und Personenschutz mit hohem Risiko
6	Der erfahrene Täter setzt zusätzlich leistungsfähige Elektrowerkzeuge wie z.B. Bohrmaschine, Stich- oder Säbelsäge und Winkelschleifer mit einem max. Scheibendurchmesser von 230 mm ein.	20 min	Türen und Fenster für Hochsicherheitsbereiche und Personenschutz mit hohem Risiko

¹⁴¹ Vgl. Sieberath/Niemöller, 2010, S.153.

¹⁴² Quelle: Sieberath/Niemöller, 2010, Tabelle 4.42.

3.9 Schutz gegen Naturgewalten



In unseren Breiten kommt es immer öfter zu extremen Naturereignissen wie Muren, Steinschlag, Hochwasser oder Lawinenabgänge. Diese Ereignisse treten nicht ständig und überall auf, sondern nur in speziellen Regionen. Häuser, die in gefährdeten Gebieten stehen, bedürfen einer eigenen Bauweise. Fensterhersteller haben auf dieses Bedürfnis an Schutz der Bewohner dieser Regionen reagiert. Für den alpinen Bereich wurden Lawinenschutzfenster entwickelt, die nach ÖNORM B 5302 geprüft und nach ÖNORM B 5301 klassifiziert werden müssen. Für Schutzfenster gegen andere Naturgefahren wie Steinschlag, Hochwasser oder Vermurungen gibt es bislang noch keine normativen Vorgaben.¹⁴³ In § 11 des Forstgesetzes sind fünf verschiedene Gefahrenzonen definiert. Die zwei wichtigsten sind:¹⁴⁴

- Rote Gefahrenzonen sind jene Gebiete, die durch Wildbäche und Lawinen derart gefährdet sind, dass mit unverhältnismäßig hohem Aufwand dessen ständige Nutzung gewährleistet werden kann.
- Gelbe Zonen beziehen sich auf Flächen, die ebenfalls durch Wildbäche und Lawinen gefährdet sind, ihre Nutzung wird dadurch allerdings nur eingeschränkt.

Für den Lawinenschutz sind vier verschiedene Belastungsklassen definiert. Die Zuordnung dieser wird durch ein Gutachten von Amtssachverständigen für Wildbach- und Lawinenverbauung objektbezogen festgelegt.¹⁴⁵

Im Prüfverfahren nach ÖNORM B 5302 werden folgende Teilbereiche beleuchtet und den Belastungsklassen zugeordnet:¹⁴⁶

- Dynamische Flächenbelastung
- Dynamische Punktbelastung
- Statische Flächenbelastung

Die Prüfung von Lawinenschutzfenstern nach ÖNORM B 5302 bezieht sich nicht auf die Verglasung, sondern auf den Fensterrahmen und dessen Einbau oder auch Ausfachungsmaterialien, die nicht aus Glas bestehen. Verglasungen werden nach ÖNORM B 3721 bemessen.¹⁴⁶

Tabelle 27: Klassifizierung von Lawinenschutzfenstern nach ÖNORM B 5301¹⁴⁷

Lawinengefahrenzone	Belastungsklasse	Belastung [kN/m ²]	
		statisch	dynamisch
Gelbe Zone	LS 5	5	10
	LS 10	10	20
Rote Zone	LS 15	15	30
	LS 20	20	40

¹⁴³ Vgl. Suda/Rudolf-Miklau, 2012, S.350.

¹⁴⁴ Vgl. Suda/Rudolf-Miklau, 2012, S.192.

¹⁴⁵ Vgl. Suda/Rudolf-Miklau, 2012, S.357.

¹⁴⁶ Vgl. ÖNORM B 5301, 2003 05 01, S.5.

¹⁴⁷ Quelle: ÖNORM B 5301, 2003 05 01, S.7.

4 Der Dämmladen: Stand der Technik und Rechtliche Grundlagen

Im Zuge dieser Arbeit wurde eine Patentrecherche durchgeführt. In weiterer Folge wurden die rechtlichen und behördlichen Rahmenbedingungen (Bevolligungspflicht, Anzeigepflicht, Abgabepflicht und Förderungswürdigkeit) beleuchtet.

4.1 Patentrecherche

Die älteste Erfindung eines Dämmladens, die als Patent aufscheint, wurde am 4. März 1975 von Ing. Erich Gassner getätigt. Dieses Patent ist das aussagekräftigste und umfassendste. In den Vereinigten Staaten gibt es parallel dazu noch viele ähnliche Patente, wobei der Neuheitswert dieser Patente bezweifelt werden kann. Dies hängt mit der unterschiedlichen Art des amerikanischen Patentanmeldeprozesses zusammen. Die meisten europäischen Patente wurden hingegen zurückgezogen oder nicht verlängert.

Tabelle 28: Auflistung von Patenten, die sich auf Dämmladenkonstruktionen beziehen¹⁴⁸

Patentnummer	Prioritätsjahr	Titel
DE 2608728 A1	1967	Wärmedämmeinrichtung
US 4083148	1976	Window insulating apparatus
US 4115953 A	1977	Self sealing heat insulating shutter system
US 4309981	1977	Solar window system
US 4057936	1977	Thermally insulated window system
EP 0006349 A1	1978	Shutter and window provided with such a shutter
DE 3005809 A1	1979	Wärmedämmender Fensterladen als Fassadensonnenkollektor
US 4294038	1979	Solar panel window unit
DE 19792924362	1979	Vorrichtung zur Steuerung der Energiezufuhr und Energieabgabe über Gebäudewandöffnungen
US 4363351	1980	Thermal insulating shutter assembly
DE 3042041 A1	1980	Gedämmter Fensterladen
US 4454691 A	1981	Apparatus for insulating windows and the like
US 4610291 A	1981	Insulating shutter panels for building openings
US 4359079	1982	Window insulation system
DE 3408931 A1	1984	Window insulation by insulated rolling and folding shutters
US 4242836 A	1987	Energy conserving security shutters
US 5893242	1997	Thermally insulating external window shutter
DE 29917020 U1	1999	Solar-Dämmladen mit Wärmedämm-Laibung
DE 19905904 A1	1999	Multischutzladen mit Selbstverriegelung für Fenster und Türen
DE 10028433 B4	2000	Photovoltaischer solarer Fensterladen mit hexagonalen Solarzellen
WO 2004109049 A2	2003	Insulating and protective window shutter
DE 200910042846	2009	Vorrichtung zur Anordnung einer Abdeckung für verglaste Flächen
US 2011308161	2010	Fire shutter

Im folgenden Teil wird das Patent DE 2924362 A1 beschrieben, da dieses die beste Beschreibung besitzt und das aussagekräftigste ist. Zu erwähnen sind außerdem noch Patent DE3042041A1, das sich auf eine transparente Mehrschichtkonstruktion als Plattenmaterial bezieht, Patent DE29917020U1, das auf der Innenseite der Dämmplatte über ein Lichtlenkungssystem verfügt und DE29917020U1. Letzteres Patent wurde speziell zur Gewinnung von Solarstrom konstruiert. DE 3005809 A1 lässt die Integration eines Sonnenkollektorsystems in einen Dämmladen patentieren.

¹⁴⁸ Quelle: Vom Verfasser.

4.2 DE 2924362 A1

Vorrichtung zur Steuerung der Energiezufuhr und Energieabgabe über Gebäudewandöffnungen

Patentbeschreibung:

„Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Steuerung der Energiezufuhr und Energieabgabe über Gebäudewandöffnungen, insbesondere Fensteröffnungen, gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1. Es ist bekannt, dass Wandöffnungen (Fensteröffnungen und Türöffnungen) die Schwachstelle des Wärmeschutzes darstellen, aber auch die Stellen sind, über die Wärme aus der Sonnenstrahlung und aus der Globalstrahlung in die dahinterliegenden Räume eingestrahlt wird. Wenn die Sonnenstrahlung und auch die Globalstrahlung niedrig sind, übersteigen die Energieverluste durch Wärmeabgabe die Energiegewinne durch eingestrahlte Wärmeenergie bei weitem. Dies ist insbesondere im Winter der Fall. Um solche Wärmeverluste zu vermeiden, ist es bekannt, Fensterflächen mit beweglichen isolierenden Bauteilen abzudecken. Dies erfolgt vorzugsweise in der Nachtzeit, in der ohnehin das Sonnenlicht keine Rolle spielt. Vorrichtungen zum abdecken bzw. Verschließen der Wandöffnungen, insbesondere der Fensteröffnungen in diesem Sinne sind als Fensterläden, Rollläden, Jalousien oder auch in Form von Schiebeelementen bekannt.“¹⁴⁹

Patentansprüche:

„1. Vorrichtung zur Steuerung der Energiezufuhr und Energieabgabe über Gebäudewandöffnungen, insbesondere Fensteröffnungen, aus wenigstens einem im Bereich der Öffnung beweglich angeordneten plattenförmigen Element, das zur Abdeckung der Öffnung über diese bewegbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei gelenkig miteinander verbundene plattenförmige Elemente (8, 10) vorgesehen sind, die jeweils mit ihrer der gemeinsamen Verbindung (16) gegenüberliegenden Seite (18, 20) gelenkig und verschiebbar an der Öffnung (2) angeordnet sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass nur zwei Plattenförmige Elemente (8, 10) vorgesehen sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die plattenförmigen Elemente mit Hilfe von Scharnieren (16) miteinander gelenkig verbunden sind.“¹⁴⁹

¹⁴⁹ URL: <https://register.dpma.de/DPMAregister/pat/PatSchrifteneinsicht?docId=DE2924362A1> (05.04.2015).

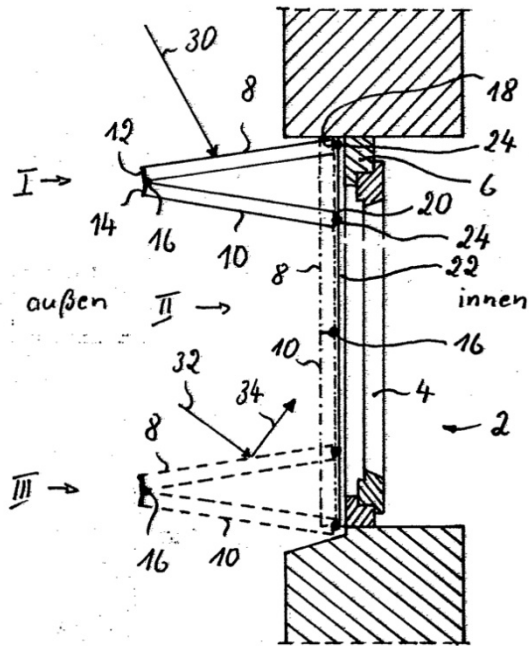


Fig. 1

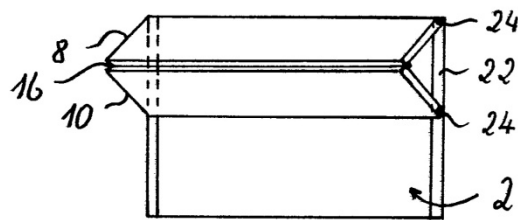


Fig. 2

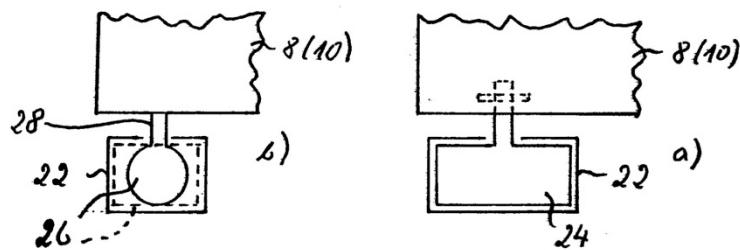
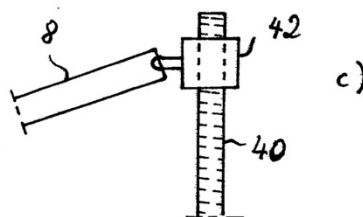


Fig 3



¹⁵⁰ URL: <https://register.dpma.de/DPMAREGISTER/pat/PatSchrifteneinsicht?docId=DE2924362A1> (05.04.2015).

4.3 Rechtliche Rahmenbedingungen, Abgaben und Förderungen

Ein Dämmladen ist zur Ergänzung von Fenstern gedacht. Daher wird dieser hauptsächlich bei Sanierungen zum Einsatz kommen. Es stellt sich die Frage, ob eine solche Konstruktion bewilligungspflichtig ist. Im folgenden Teil werden Passagen aus der Wiener Bauordnung (Fassung vom 14.07.2015) zitiert, die sich auf eine solche Konstruktion beziehen könnten. Im Falle eines Schiebe- Falldadens kann es passieren, dass dieser im geöffneten Zustand aus der Baufluchtlinie ragt. Deswegen sind §5, §84 und §83 zu beachten.

§ 5. Inhalt der Bebauungspläne

„(6) In den Bebauungsplänen können folgende Fluchtlinien festgesetzt werden:

- a) Baulinien, das sind die Grenzen der im Bauland gelegenen öffentlichen Verkehrsflächen (Wege, Gassen, Straßen und Plätze) gegen alle übrigen Grundflächen des anliegenden Baulandes; sie geben das Recht, an ihnen Fenster (...) und die nach § 83 Abs. 1 zulässigen Vorbauten herzustellen sowie Ein- und Ausgänge und Ein- und Ausfahrten anzuordnen, wenn der Bebauungsplan nicht anderes bestimmt; (...)
- e) Baufluchtlinien, das sind die Grenzen, über die mit einem Gebäude oder Gebäudeteil mit Ausnahme der gemäß § 84 zulässigen Vorbauten nicht vorgerückt werden darf [Herv. d. Verf.];¹⁵¹

§ 84. Bauteile vor den Baufluchtlinien und in Abstandsflächen und Vorgärten

„(1) Über Baufluchtlinien, in die Abstandsflächen, in Vorgärten und in Abstände gemäß § 79 Abs. 5 erster Satz dürfen die im § 83 Abs. 1 genannten Vorbauten ... vorragen [Herv. d. Verf.];¹⁵¹

§ 83. Bauteile vor der Baulinie oder Straßenfluchtlinie

„(1) Über die Baulinie oder Straßenfluchtlinie dürfen folgende Gebäudeteile vorragen: (...)

- c) Schauseitenverkleidungen bis 7 cm;
- d) vorstehende Bauelemente, die der Gliederung oder der architektonischen Ausgestaltung der Schauseiten dienen, bis 15 cm; (...)
- g) Hauptgesimse und Dachvorsprünge bis 1 m; (...)

(2) Mit Zustimmung des Eigentümers der Verkehrsfläche dürfen folgende Gebäudeteile über die Baulinie oder Straßenfluchtlinie vorragen: (...)

- d) Vordächer, Windfänge und Abschattungsvorrichtungen; (...)

(3) Die im Abs. 2 unter lit. c, d, e und g genannten Vorbauten dürfen nur gegen Widerruf errichtet werden.

(4) Vorbauten, Türen und Fensterabschlüsse dürfen bis zu einer Höhe von 2,50 m nicht in den Gehsteig ragen. Bis zu einer Höhe von 6 m dürfen sie weiters eine 60 cm innerhalb der fahrbahnseitigen Gehsteigkante gedachte Linie nicht überragen [Herv. d. Verf.].¹⁵¹

¹⁵¹ Wiener Bauordnung (Fassung vom 14.07.2015).

Laut Bauordnung sind Abschattungsvorrichtungen außerhalb der Baufluchtlinie erlaubt. Die nächste Frage die sich aufdrängt ist, ob eine Baubewilligung für ein solches Bauvorhaben benötigt wird. Darauf gehen §60 bis §62 ein. Im folgenden Abschnitt sind die relevanten Auszüge zu finden.

§ 60. Ansuchen um Baubewilligung

„(1) Bei folgenden Bauvorhaben ist, soweit nicht die § 62, 62a oder 70a zur Anwendung kommen, vor Beginn die Bewilligung der Behörde zu erwirken: (...)

- c) Änderungen oder Instandsetzungen von Bauwerken, wenn diese von Einfluss auf die Festigkeit, die gesundheitlichen Verhältnisse, die Feuersicherheit oder auf die subjektiv-öffentlichen Rechte der Nachbarn sind oder durch sie das äußere Ansehen oder die Raumeinteilung geändert wird, (...)
- e) Änderungen an Gebäuden in Schutzzonen, die die äußere Gestaltung, den Charakter oder den Stil eines Gebäudes beeinflussen.
- f) Veränderungen oder Beseitigungen von, das örtliche Stadtbild oder die äußere Gestaltung, den Charakter oder den Stil eines Gebäudes beeinflussenden baulichen Ziergegenständen in Schutzzonen. (...)
- j) Die Anbringung von Photovoltaikanlagen an Gebäuden mit einem Fluchtniveau von mehr als 11 m [Herv. d. Verf.].¹⁵²

§ 62. Bauanzeige

„(1) Eine Bauanzeige genügt für (...)

- 3. den Austausch von Fenstern und Fenstertüren gegen solche anderen Erscheinungsbildes (Konstruktion, Teilung, Profilstärke, Farbe und dergleichen) sowie den Austausch von Fenstern und Fenstertüren in Schutzzonen;
- 4. alle sonstigen Änderungen und Instandsetzungen von Bauwerken (§60 Abs. 1 lit. c), die keine Änderung der äußeren Gestaltung des Bauwerkes bewirken, nicht die Umwidmung von Wohnungen betreffen und keine Verpflichtung zur Schaffung von Stellplätzen auslösen. (...)

(2) (...) Bei Bauführungen gemäß Abs. 1 Z 2 und 3, die mehr als 25 vH der Oberfläche der Gebäudehülle betreffen, sind ein Energieausweis (§ 118 Abs. 5) und ein Nachweis über die Berücksichtigung hocheffizienter alternativer Systeme (§ 118 Abs. 3 und 3a) einzuholen. Solche Energieausweise sind der Behörde in elektronischer Form zu übermitteln [Herv. d. Verf.].¹⁵²

§ 62a. Bewilligungsfreie Bauvorhaben

„(1) Bei folgenden Bauführungen ist weder eine Baubewilligung noch eine Bauanzeige erforderlich:

- 1. die nicht unter §§ 60, 61 und 62 fallenden Bauvorhaben, (...)
- 31. die nachträgliche Anbringung einer Wärmedämmung an nicht gegliederten Fassaden (...) wobei rechtmäßig bestehenden Gebäuden außerhalb von Schutzzonen und Gebieten mit Bausperre [Herv. d. Verf.]¹⁵²
- „33. Außenjalousien, Markisen und dergleichen außerhalb von Schutzzonen und Gebieten mit Bausperre;

¹⁵² Wiener Bauordnung (Fassung vom 14.07.2015).

34. der Austausch von Fenstern und Fenstertüren gegen solche gleichen Erscheinungsbildes (Konstruktion, Teilung, Profilstärke, Farbe und dergleichen) außerhalb von Schutzzonen. (...)

(8) Bei Bauführungen gemäß Abs. 1 Z 31 und 34, die mehr als 25 vH der Oberfläche der Gebäudehülle betreffen, hat der Bauherr einen Energieausweis (§ 118 Abs. 5) und einen Nachweis über die Berücksichtigung hocheffizienter alternativer Systeme (§ 118 Abs. 3 und 3a) einzuholen. Solche Energieausweise sind der Behörde in elektronischer Form zu übermitteln. Weisen Energieausweise Mängel auf, gilt die Verpflichtung zur Übermittlung als nicht erfüllt [Herv. d. Verf.]¹⁵³

§ 7. Schutzzonen

„(1) In den Flächenwidmungs- und Bebauungsplänen können die wegen ihres örtlichen Stadtbildes in ihrem äußeren Erscheinungsbild erhaltungswürdigen Gebiete als in sich geschlossenes Ganzes (Schutzzonen) ausgewiesen werden. (...)

(4) Umfassen Kataloge oder planliche und bildliche Darstellungen (Fassadenpläne, Fotos u. dgl.) zur Präzisierung der gemäß § 5 Abs. 4 und § 7 Abs. 3 festgesetzten Bestimmungen einzelner Bauwerke und Bauwerksteile, wie Brunnen, Säulen, Bildstöcke, Dachaufbauten, Ein- und Abfriedungen, Fenster- und Türverzierungen, Hauszeichen, Inschriften u. dgl. einer Schutzzone, bilden diese einen Bestandteil des Bebauungsplanes [Herv. d. Verf.]¹⁵³

In Schutzzonen kann eine Baubewilligung oder Bauanzeige nicht umgangen werden. Außerhalb dieser ist das Anbringen von Außenjalousien, Markisen und dergleichen erlaubt. Können Dämmpläden unter §62a eingeordnet werden, bedürfen diese, insofern sie nicht aus der Baufluchtlinie herausragen, keinerlei Bewilligung.

Ragen die Dämmpläden allerdings aus der Baufluchtlinie, ist die Zustimmung des Eigentümers der darunterliegenden Verkehrsfläche einzuholen. Dieser Eigentümer ist im Falle Wiens die Gemeinde, außer es handelt sich um Bundesstraßen. Es kommt das Gebrauchsabgabegesetz zum Zuge. Folgend werden Auszüge aus dem Gebrauchsabgabegesetz 1966 (Fassung 14.07.2015) zitiert, die sich auf einen solchen Fall beziehen.

§ 1. Gebrauchserlaubnis

„(1) Für den Gebrauch von öffentlichem Grund in der Gemeinde, der als Verkehrsfläche dem öffentlichen Verkehr dient, samt den dazugehörigen Anlagen und Grünstreifen einschließlich seines Untergrundes und des darüber befindlichen Luftraumes ist vorher eine Gebrauchserlaubnis zu erwirken, wenn die Art des Gebrauches im angeschlossenen Tarif (Sondernutzung) angegeben ist. Dies gilt nicht, soweit es sich um Bundesstraßengrund handelt.

(2) Jeder in der Sondernutzung (Abs. 1) bzw. in Abs. 3 (Anlage I) nicht angegebene Gebrauch, der über die bestimmungsgemäße Benützung der Verkehrsfläche nach den straßenpolizeilichen und kraftfahrrechtlichen Bestimmungen hinausgeht, bedarf der privatrechtlichen Zustimmung der Stadt Wien als Grundeigentümerin [Herv. d. Verf.]¹⁵⁴

¹⁵³ Wiener Bauordnung (Fassung vom 14.07.2015).

¹⁵⁴ Gebrauchsabgabegesetz 1966 (Fassung 14.07.2015).

Tarif über das Ausmaß der Gebrauchsabgaben

„A. Einmalige Abgaben

1. für die Verbreiterung von Keller- und Grundmauern sowie für Gebäudesockel, Stützmauern, Pfeiler, Risalite, Torummauerungen, Schauseitenverkleidungen, einzelne Stützen und andere vom Boden aufgehende Bauteile über das in § 83 Abs. 1 der Bauordnung für Wien angegebene Ausmaß für den ersten begonnenen auf die Frontlänge projizierten Längenmeter 37 Euro, für jeden weiteren Längenmeter 28,50 Euro; (...)

B. Jahresabgaben je begonnenes Abgabensjahr (...)

2. für Rollbalkenkasten und einziehbare oder lamellenartige Sonnenschutzvorrichtungen für den ersten begonnenen auf die Frontlänge projizierten Längenmeter 14,50 Euro, für jeden weiteren begonnenen auf die Frontlänge projizierten Längenmeter 2,50 Euro;

3. für Ladenvorbauten, portalartige Verkleidungen, aus welchem Material immer, Portalausgestaltungen in Putz u. dgl. sowie für Portalköpfe und Schaukästen für den ersten begonnenen m² der Schaufläche 14,50 Euro, für jeden weiteren m² 6 Euro; portalartige Verkleidungen oder Portalausgestaltungen in Putz u. dgl. sind abgabefrei, wenn sie entweder mit dem übrigen Mauerputz in einer Ebene liegen oder nicht mehr als 7 cm über die Baulinie vorragen [Herv. d. Verf.];“¹⁵⁵

Nach einem Telefonat mit der MA46 ist klar, dass die Stadt Wien Abgaben verlangt, wenn eine Sonnenschutzvorrichtung über ihrem Straßenraum angebracht wird. Dies gilt jedoch nicht für Dachvorsprünge und Hauptgesimse, insofern sie nicht mehr als einen Meter ausragen.

Herrn DI Kaltseis (MA 37 BB) bestätigte, bezugnehmend auf §62a, dass wenn ein Dämmladen 2,5 m über der Straße sei und nicht mehr als einen Meter ausragt keine Bauanzeige oder dergleichen nötig ist. Es wurde auf §85 hingewiesen. Dieser Paragraph bezieht sich auf die Änderung des Stadtbildes. Für die Erhaltung des Stadtbildes ist die MA 19 zuständig.

§ 85. Äußere Gestaltung von Bauwerken

„(1) Das Äußere der Bauwerke muss nach Bauform, Maßstäblichkeit, Baustoff und Farbe so beschaffen sein, dass es die einheitliche Gestaltung des örtlichen Stadtbildes nicht stört. Dauernd sichtbar bleibende Feuermauern sind dem Ortsbild entsprechend zu gestalten.

(2) Die Errichtung von Bauwerken sowie deren Änderung ist nur zulässig, wenn das mit dem Bebauungsplan beabsichtigte örtliche Stadtbild weder gestört noch beeinträchtigt wird. ... Darüber hinaus darf das gegebene örtliche Stadtbild weder gestört noch beeinträchtigt werden, sofern es mit dem vom Bebauungsplan beabsichtigten örtlichen Stadtbild vereinbar ist. Im Nahebereich von Schutzzonen ist bei der Beurteilung auf diese besonders Bedacht zu nehmen. (...)

(4) Portale, Geschäfts- und Firmenschilder, Werbezeichen und Lichtreklamen müssen so beschaffen sein, dass durch sie das örtliche Stadtbild nicht beeinträchtigt wird. Durch Lichtreklamen darf keine das ortsübliche Ausmaß übersteigende Belästigung der Benutzer desselben Gebäudes oder der Benutzer benachbarter Gebäude herbeigeführt werden [Herv. d. Verf.];“¹⁵⁶

¹⁵⁵ Gebrauchsabgabengesetz 1966 (Fassung 14.07.2015).

¹⁵⁶ Wiener Bauordnung (Fassung vom 14.07.2015).

„(6) Durch die Errichtung, Veränderung oder Beseitigung baulicher Ziergegenstände in Schutzzonen darf die äußere Gestaltung, der Charakter und Stil des betroffenen Gebäudes beziehungsweise des dem baulichen Ziergegenstand benachbarten örtlichen Bereiches in seiner Wirkung im örtlichen Stadtbild nicht verändert werden [Herv. d. Verf.].“¹⁵⁷

Beim Magistrat 19 führte ich ein Gespräch mit Herrn Tyra, der u.a. für Fenstertausch außerhalb der Schutzzonen Wiens zuständig ist. Nach anfänglichem ablehnen seinerseits zog er eine weitere Meinung ein. Die Herren kamen zum Entschluss, dass man nach einem Ansuchen bei der MA 19 die Bewilligung für Gebäude außerhalb der Schutzzonen, die eine glatte Fassade besitzen und sogar in Innenhöfen innerhalb von Schutzzonen, erhalten würde. Beides jedoch mit dem Vorbehalt der Einzelprüfung.

Zur Frage ob ein Dämmladen förderungswürdig, im Sinne der Verordnung der Wiener Landesregierung über die Gewährung von Förderungen im Rahmen des II. Hauptstückes des Wiener Wohnbauförderungs- und Wohnhaussanierungsgesetzes – WWFSG 1989 (Sanierungsverordnung 2008) ist, sind folgende Auszüge maßgebend:

§ 2. Thermisch-energetische und bauökologische Mindestanforderungen

„(2) Können die Zielwerte für eine umfassende thermisch-energetische Sanierung gemäß Abs. 1 aus technischen, wirtschaftlichen oder rechtlichen Gründen nicht erreicht werden, aber mindestens 30% des Ausgangs-Heizwärmebedarfs eingespart werden, kann unter Berücksichtigung der Bauteilanforderungen gemäß Abs. 3 eine Deltaförderung gewährt werden.

(3) Für die Förderung von Einzelbauteilsanierungen oder -erneuerungen an der thermischen Gebäudehülle werden, mit Ausnahme bei im Sinne des § 1 Z 7 erhaltungswürdigen Bauteilen, folgende energetische Mindeststandards festgelegt [Herv. d. Verf.].“¹⁵⁸

U-Wert-Vorgaben für Förderung der Sanierung einzelner Bauteile	
Fenster und Fenstertüren in Wohngebäuden gegen Außenluft (bezogen auf Prüfnormmaß)	1,35 W/m ² K
Fensterglas (bei Tausch nur des Glases)	1,10 W/m ² K

„(4) Für nicht lastabtragende Konstruktionen der Gebäudehülle dürfen nur Baustoffe verwendet werden, die zu einer erheblichen Verringerung des Heizwärmebedarfs führen, wobei auf die Verwendung von teilhalogenierten Fluorchlorkohlenwasserstoffen (H-FCKW)–, teilhalogenierten Fluorkohlenwasserstoff (H-FKW)-haltigen Baumaterialien und auf sonstige perfluorierte, organische und anorganische Verbindungen mit hohem Treibhauspotenzial sowie auf Polyvinylchlorid (PVC)-haltige Baumaterialien zu verzichten ist, sofern entsprechende Alternativprodukte vorhanden sind [Herv. d. Verf.].“¹⁵⁹

¹⁵⁷ Wiener Bauordnung (Fassung vom 14.07.2015).

¹⁵⁸ WWFSG 1989 (Sanierungsverordnung 2008).

¹⁵⁹ WWFSG 1989 (Sanierungsverordnung 2008).

§ 6. Deltaförderung und Förderung von Einzelbauteilsanierungen

„(1) Können die Zielwerte für eine umfassende thermisch-energetische Sanierung nach § 5 aus technischen, wirtschaftlichen oder rechtlichen Gründen nicht, jedoch durch die Sanierung von einzelnen Bauteilen eine Einsparung vom Ausgangs-HWB um mindestens 30 % erreicht werden, kann eine Förderung je Quadratmeter Nutzfläche aller Wohnungen und Geschäftsräume wie folgt gewährt werden:

- a) 25 Euro nichtrückzahlbarer Beitrag, maximal jedoch ein Beitrag im Ausmaß von 20 vH der förderbaren Gesamtbaukosten, wenn die Kennwerte für Einzelbauteile gemäß § 2 Abs. 3 eingehalten werden und wenn eine Reduktion der Energiekennzahl Heizwärmebedarf um mindestens 40 kWh je Quadratmeter Brutto-Grundfläche (BGF) und Jahr erreicht wird;
- b) 50 Euro nichtrückzahlbarer Beitrag, maximal jedoch ein Beitrag im Ausmaß von 20 vH der förderbaren Gesamtbaukosten, wenn eine Reduktion der Energiekennzahl Heizwärmebedarf um mindestens 70 kWh je Quadratmeter Brutto-Grundfläche (BGF) und Jahr erreicht wird;
- c) 70 Euro nichtrückzahlbarer Beitrag, maximal jedoch ein Beitrag im Ausmaß von 25 vH der förderbaren Gesamtbaukosten, wenn eine Reduktion der Energiekennzahl Heizwärmebedarf um mindestens 100 kWh je Quadratmeter Brutto-Grundfläche (BGF) und Jahr erreicht wird;
- d) 100 Euro nichtrückzahlbarer Beitrag, maximal jedoch ein Beitrag im Ausmaß von 25 vH der förderbaren Gesamtbaukosten, wenn eine Reduktion der Energiekennzahl Heizwärmebedarf um mindestens 130 kWh je Quadratmeter Brutto-Grundfläche (BGF) und Jahr erreicht wird [Herv. d. Verf.].¹⁵⁹

§ 17. Förderung von Sanierungsmaßnahmen innerhalb von Wohnungen – Einzelantrag

„(1) Beim Einbau von Schallschutzfenstern (U-Wert-Vorgabe siehe § 2 Abs. 3) an Hauptstraßen A und B (gemäß Verordnung des Gemeinderates betreffend Feststellung der Hauptstraßen und Nebenstraßen, Amtsblatt der Stadt Wien Nr. 19/2005) mit erhöhtem Verkehrsaufkommen können für die Rückzahlung des für die Finanzierung aufgenommenen Darlehens laut Finanzierungsplan nichtrückzahlbare Annuitätenzuschüsse in nachstehendem Ausmaß gewährt werden:

- a) bei einer Darlehenslaufzeit von zehn Jahren jährlich 5 vH;
- b) bei einer Darlehenslaufzeit von fünf Jahren jährlich 9 vH [Herv. d. Verf.]. (...)

(5) Bei Durchführung von sonstigen Sanierungsmaßnahmen können für die Rückzahlung des für die Finanzierung aufgenommenen Darlehens laut Finanzierungsplan nichtrückzahlbare Annuitätenzuschüsse in nachstehendem Ausmaß gewährt werden:

- a) bei einer Darlehenslaufzeit von zehn Jahren jährlich 2 vH;
- b) bei einer Darlehenslaufzeit von fünf Jahren jährlich 3 vH [Herv. d. Verf.].¹⁶⁰

¹⁶⁰ WWFSG 1989 (Sanierungsverordnung 2008).

Bei der Wahl der Auszüge wurde hauptsächlich die Sanierung von Einzelbauteilen wie z.B. Fenster und einzelner Wohnungen betrachtet, da die umfassende Sanierung von Fassaden nicht alleine vom Einbau von Dämm-läden abhängig ist. Außerdem werden im Zuge von Fassadensanierungen noch weitere Behördengänge notwendig, die mit dem Einzelbauteil nicht im Zusammenhang stehen.

Nach einer telefonischen Vorsondierung bei Herrn Amtsrat Hawlichek von der MA50 (Gruppe Sanierung) wurde mir bestätigt, dass z.B. Rollläden nicht gefördert werden, da in der Sanierungsverordnung explizit von Fenstern die Rede ist. Die grundsätzliche Ablehnung von Dämm-läden ist nicht gegeben. Da es sich um eine technische Frage handelt, wurde ich zu Herrn Ing. Finster (technischer Oberamtsrat) der MA 25 weitergeleitet.

Dieser ist der Meinung, dass ein solcher Dämm-laden förderbar ist, jedoch nur in gewissen zusammenhängen:

Der Dämm-laden darf keine Einzelmaßnahme sein d.h., dass eine Maßnahme erst im Zuge einer Fensterrestaurierung (z.B. der Austausch von Verglasungen) und einer kompletten Fassadensanierung gefördert werden könnte.

Die verschiedenen Werte müssen normmäßig geprüft sein, wie auch bei Fenstern. Wenn die innenliegenden Fenster aus Materialien, die in §2 Z4 geschildert sind, bestehen, sind diese auszutauschen und außerdem darf der Dämm-laden keinesfalls aus solchen bestehen.

5 Konstruktionsanalyse und Entwurf

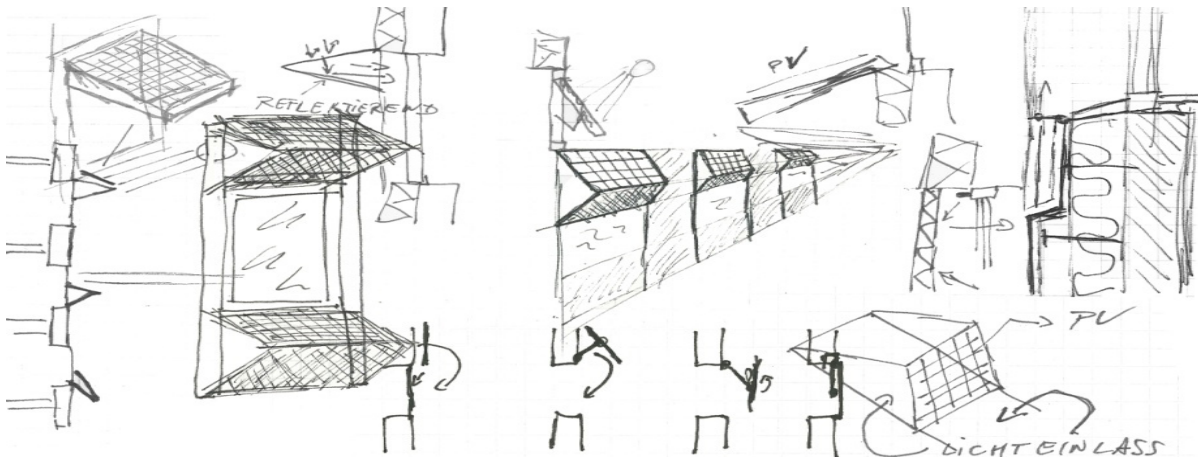


Abbildung 54: Skizzen¹⁶¹

In den vorherigen Kapiteln wurden die Eigenschaften, die ein Fenster zu erfüllen hat, beleuchtet. Im deutschen Sprachgebrauch würde man so ein Element als „die eierlegende Wollmilchsau“ bezeichnen. Ein Element das alles können muss, jedoch nicht existiert. Die derzeitige Entwicklung bezieht sich hauptsächlich auf die Entwicklung neuartiger Verglasungselemente und den entsprechenden Rahmenkonstruktionen. Diese Arbeit soll einen alternativen Weg aufzeigen, der bereits in den späten siebziger Jahren eingeschlagen wurde. Diese Alternative besteht in der Konstruktion eines Dämmladens der möglichst viele Fenstereigenschaften verbessern und ergänzen kann.

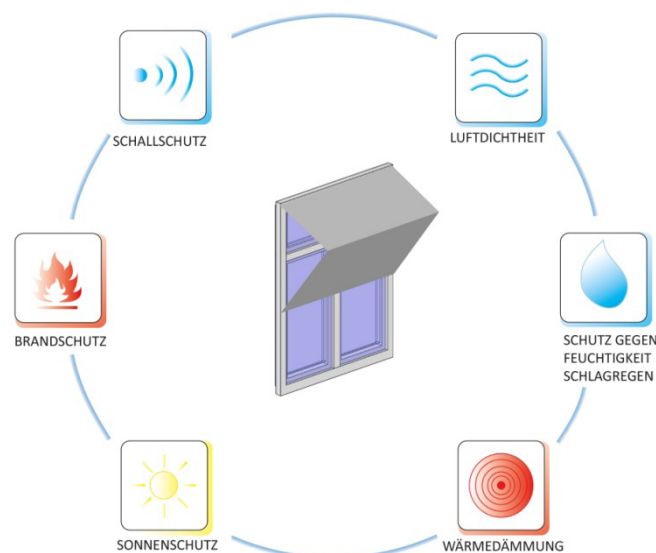


Abbildung 55: Hauptanforderungen an eine Fensterkonstruktion¹⁶¹

Durch eine zusätzlich vorgelagerte Dämmebene wird die Oberflächentemperatur des Fensters und somit der U-Wert erheblich verbessert. Dieser Effekt kann auch durch Vorhänge oder Rollläden bewerkstelligt werden. Auch wenn man letztere kombiniert, werden nicht gleichwertige Dämmeigenschaften zu einer vorgeschalteten Dämmung erreicht. Sogar in Kombination mit

¹⁶¹ Quelle: Vom Verfasser.

Wärmeschutzverglasungen kann ein Dämmladen die Dämmwirkung eines Fensters um die Hälfte steigern.

		VORHANG	ROLLLADEN	VORHANG UND ROLLLADEN	GEDÄMMTER KLAPPLADEN
FENSTER MIT ISOLIERVERGLASUNG	<p>100% Uw: 2,6</p>	<p>94% U: 2,4</p>	<p>80% U: 2,1</p>	<p>73% U: 1,9</p>	<p>21% U: 0,55</p>
FENSTER MIT WÄRMESCHUTZVERGLASUNG	<p>42% Uw: 1,1</p>	<p>38% U: 1,0</p>	<p>35% U: 0,9</p>	<p>31% U: 0,8</p>	<p>16% U: 0,42</p>

Abbildung 56: Dämmwerte für verschiedene temporäre Formen eines Wärmeschutzes in den Nachtstunden¹⁶²

Je öfter die zusätzliche Dämmebene unterteilt wird, desto mehr Fugen entstehen, die wiederum höheren konstruktiven Aufwand und eine höhere Luftdurchlässigkeit bedeuten. Also wird in der Arbeit auf Mechanismen, die auf Plattenbasis funktionieren, eingegangen. Lamellensysteme wie z.B. das System Thermocollect® sind eine mögliche Alternative. Diese sind jedoch konstruktiv sehr aufwändig und behindern das freie Sichtfeld im Fensterbereich.



Abbildung 57: Beispiel des thermocollect® Fassadensystems¹⁶³

Um die freie Sicht nach außen nicht einzuschränken bedarf es einer intelligenten Steuerung und Positionierung der Dämmelemente. Dies kann mit dem Faktor Zeit oder mit guten Detaillösungen

¹⁶² Quelle: modifiziert übernommen aus: *Baus/Siegele, 2006, S.24.*

¹⁶³ Quelle: <http://www.thermocollect.at/> (10.05.20015).

bewerkstelligt werden. Mit „Zeitfaktor“ ist das vorschalten in den Nachtstunden oder in der Zeit in der das Gebäude nicht genutzt wird gedacht. Da in dieser Zeit das Fenster als transparentes Element nicht benötigt wird, bedeutet das Vorschalten eines massiven Dämmelementes keine Art von Einschränkung der Gebäudenutzer. Ein intelligentes Steuerungssystem, das solche Faktoren ablesen und darauf eigenständig reagieren kann, wurde bereits für Verschattungssysteme entwickelt und wäre für einen Dämmladen leicht adaptierbar.

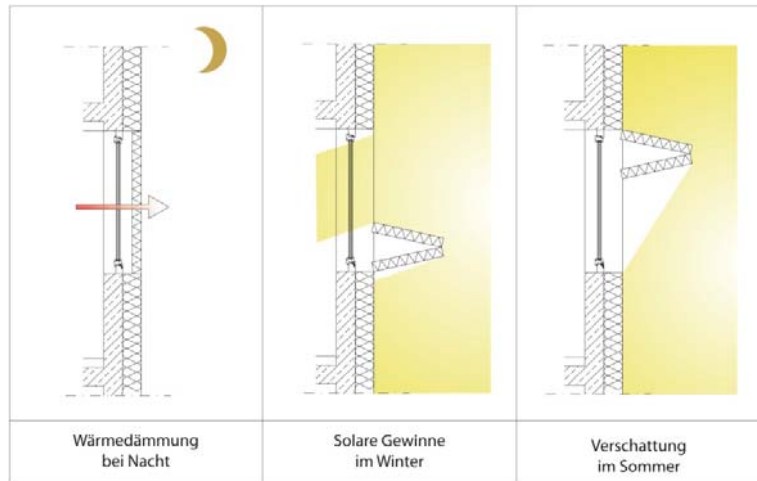


Abbildung 58: Funktionsskizze der zeitlichen Nutzung eines Dämmladens¹⁶⁴

Bewegliche Dämmsysteme auf Plattenbasis sind in verschiedenster Form ausführbar. Die einfachste Form der Ausführung besteht darin, einen Klappladen mit einer Dämmplatte anstatt der Holzbohlen zu versehen und mit Dichtungen zu versehen, so dass eine stehende Luftschicht dahinter entsteht. Eine solche Variante ist wahrscheinlich auch die kostengünstigste.



Abbildung 59: Dämmende Klappläden¹⁶⁴

Klappläden sind sicher die am einfachsten zu konstruierenden Dämmkläden. Der Nachteil dieser besteht allerdings darin, dass sie nur bei Einzelfenstern zum Einsatz kommen können, da sie im geöffneten Zustand den seitlichen Teil der Fassaden verdecken. Außerdem sind sie für Beschattungszwecke ungeeignet. Eine andere Konstruktionsvariante sind Schiebeläden. Diese wird vertikal und horizontal verschiebbar. Das würde auch eine Lösung für Bandfassaden darstellen, da man den Laden in Parapet oder Sturz verschwinden lassen kann. Außerdem erfreuen sich Schiebeelemente derzeit eines sehr hohen Beliebtheitsgrades bei Architekten.

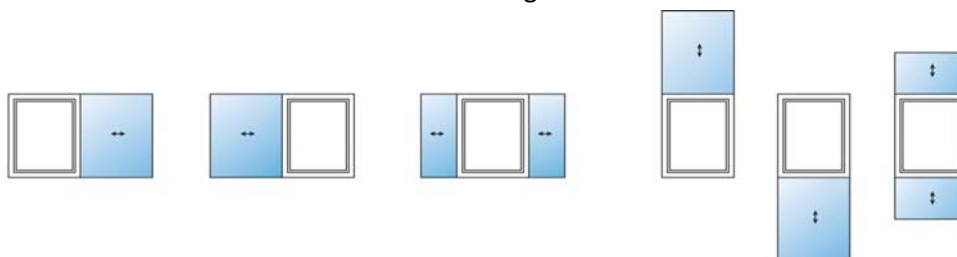


Abbildung 60: Dämmende Schiebeläden¹⁶⁵

¹⁶⁴ Quelle: Vom Verfasser.

Schiebbare Dämmkläden bieten den Vorteil einer möglichen Verschattung im Sommer. Ein weiterer Vorteil eines solchen Systems besteht darin, dass die Platten komplett vom Fenster verschwinden und somit die natürliche Belichtung des Raumes nicht in Mitleidenschaft gezogen wird. Damit diese Platten eine geschlossene Einheit mit der Dämmebene eingehen, müssten sie jedoch in diese versenkt werden, so ähnlich wie die Schiebetür eines Autos.

Schiebe- Klappenelemente eignen sich zur sommerlichen Verschattung und nehmen im geöffneten Zustand keinen Platz an der seitlichen Fassade in Anspruch. Schienen außerhalb des Fensterbereiches sind ebenfalls nicht vorhanden und ermöglichen dadurch leichte Integrationsmöglichkeiten in bestehenden Fassaden.

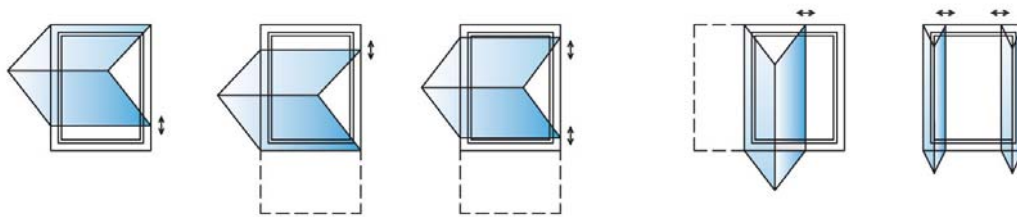


Abbildung 61: Dämmende Schiebe- Faltläden¹⁶⁵

Der einzige Nachteil dieser Konstruktionsweise besteht darin, dass die Platten nie komplett aus dem Fensterbereich verschwinden. Eine über das Parapet oder zur Seite klappbare Variante wäre die Lösung für die zustande kommende Aussichtsbeschränkung. Die Schiebe- Klappvariante bietet die meisten Vorteile. Das folgende Bild zeigt wie ein Dämmladen aussehen könnte.

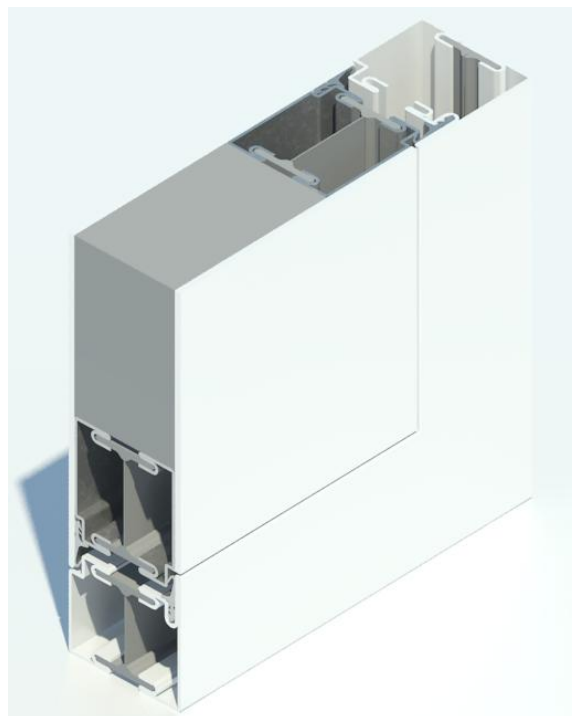


Abbildung 62: Dreidimensionale Darstellung eines Dämmladens bestehend aus einer Dämmplatte und thermisch getrennten Stahlprofilen¹⁶⁶

¹⁶⁵ Quelle: Vom Verfasser.

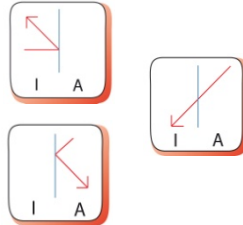
¹⁶⁶ Quelle: Vom Verfasser.



5.1 Wärmeschutz und Wärmegewinne

Die Entwurfsidee des Systems basiert auf der Fähigkeit eines Fassadenelementes flexibel auf die zeitlich variierenden Umwelteinflüsse eingehen zu können. Um diese optimal zu nutzen, soll das Dämmelement:

- zusätzlich dämmen;
- solare Gewinne zulassen;
- bei Bedarf verschatten.



5.1.1 U-Wert-Berechnung nach ÖNORM EN ISO 10077-1/2

In diesem Abschnitt wird anhand einer Annäherungsrechnung nach ÖNORM EN ISO 10077-1/2 gezeigt, in welchem Ausmaß der Einsatz eines Dämmloadens den Wärmedurchgangskoeffizienten eines Fensters optimieren kann.

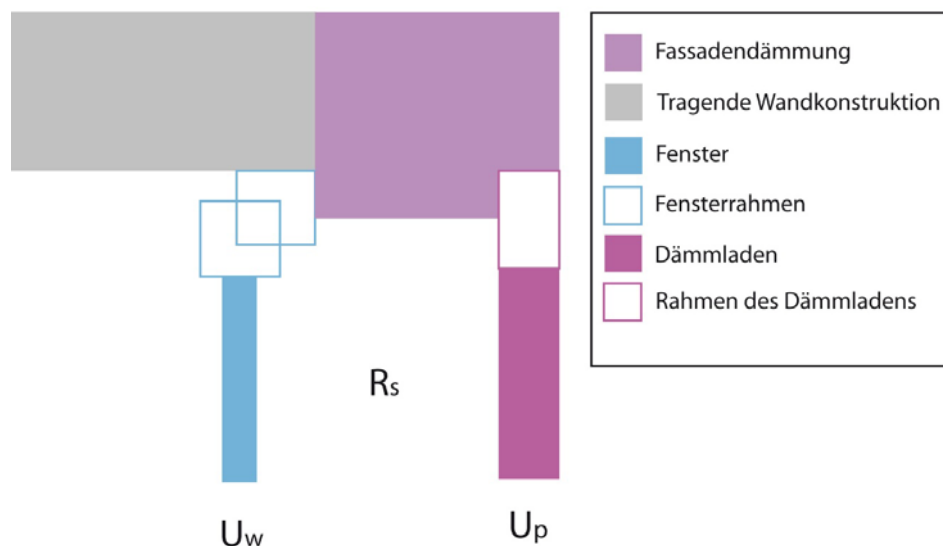


Abbildung 63: Systemskizze des berechneten Beispiels¹⁶⁷

Der Wärmedurchgangskoeffizient des innenliegenden Fensters (U_w) wird vom Hersteller nach ÖNORM EN ISO 10077 errechnet oder gemessen und veröffentlicht. Diese Werte werden für die Berechnung verwendet. Der Wärmedurchlasswiderstand der stehenden Luftschicht (R_s) wird aus der Tab. 29 entnommen. Diese stammt aus ÖNORM EN ISO 6946:2007. Laut ÖNORM EN ISO 10077 ist eine stehende Luftschicht gegeben, wenn der Dämmloaden dicht ausgeführt wird, also mindestens auf drei Seiten Dichtungen besitzt und auf der vierten weniger als 3 mm zwischen Rahmen und Flügelprofil liegen.

¹⁶⁷ Quelle: Vom Verfasser.

Der Wärmedurchgangskoeffizient des Dämmfadens (U_p) wird durch Formel (6.1-01) errechnet. Diese wird bei der Errechnung von Fenster- U-Werten verwendet, wobei beim Dämmfadens die Psi-Werte vernachlässigt werden können. Laut ÖNORM EN ISO 10077-1 fallen diese weg, wenn statt Glas ein Panel verwendet wird, welches eine geringere Wärmeleitfähigkeit als 0,5 [W/m*K] vorweist.

$$U_p = \frac{A_p \cdot U_p + A_f \cdot U_f}{A_w}$$

(6.1-01)

- U_p ... Wärmedurchgangskoeffizient des Dämmfadens
- A_p ... Fläche des Panels
- U_p ... Wärmedurchgangskoeffizient des Panels
- A_f ... Fläche des Dämmfadensrahmens
- U_f ... Wärmedurchgangskoeffizient des Dämmfadensrahmens
- A_w ... Gesamtfläche des Dämmfadens

Tabelle 29: Wärmedurchlasswiderstand von ruhenden Luftschichten mit Oberflächen mit hohem Emissionsgrad¹⁶⁸

Dicke der Luftschicht [mm]	Wärmedurchlasswiderstand R_s [m ² k/W] Richtung des Wärmestromes			
	Aufwärts	Horizontal	Abwärts	Hor. Berechnung Lt. ÖNORM EN ISO 6946
0	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11	0,108
7	0,13	0,13	0,13	0,129
10	0,15	0,15	0,15	0,149
15	0,16	0,17	0,17	0,171
25	0,16	0,18	0,19	0,184
50	0,16	0,18	0,21	0,186
100	0,16	0,18	0,22	0,188
300	0,16	0,18	0,23	0,199

In weiterer Folge werden die Wärmedurchlasswiderstände von Innenfenster und Dämmfadens ermittelt. Bei der Errechnung des Wärmedurchlasswiderstandes muss der Faktor 0,95 berücksichtigt werden (siehe Kapitel 4.1.2).

¹⁶⁸ Quelle: Modifiziert übernommen aus: ÖNORM EN ISO 10077-1, 2010 05 15, S.23.

$$R_w = \frac{1}{U_w} - 0,17 \quad R_{sh} = 0,95 * \frac{1}{U_p} - 0,17 \quad (6.1-02)$$

- R_w ... Wärmedurchlasswiderstand des Fensters
- R_{sh} ... Wärmedurchlasswiderstand des Dämmladens

Wenn alle Wärmedurchlasswiderstände bekannt sind, werden diese mit den Außen- und Innenluftwärmeübergangswiderständen (0,17 [m²*K/W]) addiert. Aus dem Kehrwert des gesamten Wärmedurchlasswiderstandes und der Bauteilkombination, ergibt sich der Wärmedurchgangskoeffizient.

$$R_{eff} = R_w + R_s + R_{sh} + 0,17 \quad U_{eff} = \frac{1}{R_{eff}} \quad (6.1-03)$$

- R_{eff} ... Effektiver Wärmedurchlasswiderstand der Gesamtkonstruktion
- U_{eff} ... Effektiver Wärmedurchgangskoeffizient der Gesamtkonstruktion

5.1.2 Ergebnisse der U-Wert-Berechnung

In den angestellten Berechnungen wurden die drei gängigsten Innenfenstertypen (mit Lichte 1,23 x 1,48 m) in Kombination mit verschiedenen Dämmladenvarianten beleuchtet. Hinter dem Begriff der drei gängigsten Innenfenstertypen verbergen sich drei verschiedene Bestandssituationen:

- Bestandsfenster (Altbau) mit $U_w=3$ [W/m²*K]
- Standardfenster mit 2 Scheibenverglasung (Altbau oder Neubau) mit $U_w=1,1$ [W/m²*K]
- Passivhausfenster (Neubau) mit $U_w=0,8$ [W/m²*K]

In der ersten Berechnungsreihe bestehen die Dämmladenvarianten aus vier verschiedenen Standard-Fensterprofilen kombiniert mit einer EPS Dämmplatte als Füllkörper. Die Standard-Fensterprofile beziehen sich auf vier verschiedene Materialtypen aus denen Fensterrahmen gefertigt werden:

- Jansen; Janisol (Thermisch entkoppeltes Stahlprofil) $U_f= 2,5$ [W/m²*K]¹⁶⁹
- Schüco; AWS 70.HI (Thermisch entkoppeltes Aluminiumprofil) $U_f= 1,6$ [W/m²*K]¹⁷⁰
- Gaulhofer; NATURELINE 78 (Holzprofil Fichte) $U_f= 1,1$ [W/m²*K]¹⁷¹
- Gaulhofer; Energyline (Kunststoffprofil) $U_f= 0,95$ [W/m²*K]¹⁷¹

Die Rahmen-U-Werte und der jeweilige Flächenanteil wurden mit den Produktangaben des Herstellers berechnet. Ebenso geschah dies mit den Füllpanelen:

- Austrotherm EPS 60mm $U_p= 0,6$ [W/m²*K]¹⁷¹

¹⁶⁹ Quelle: Katalog: *Lieferprogramm Janisol Fenster, 2015.*

¹⁷⁰ Quelle: Katalog: *Schüco Fenster AWS 70, 2015.*

¹⁷¹ URL: <http://www.baubook.at> (20.03.20015).

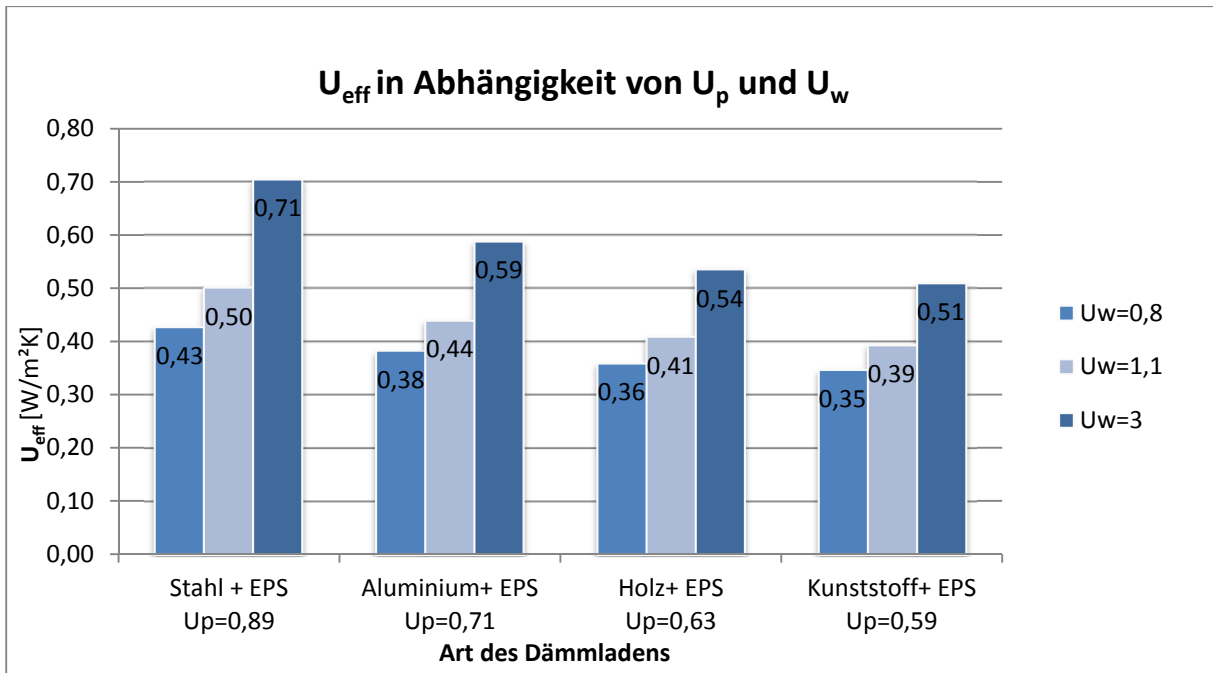


Abbildung 64: Wärmedämmfähigkeit verschiedener Dämmladensysteme bei Einsatz von EPS als Dämmmittel und in Abhängigkeit vom innenliegenden Fenster¹⁷²

In einer zweiten Berechnungsreihe wurde das Material der Dämmplatten von EPS auf Vakuumdämmung geändert. Das hat eine 60–70 prozentige Erhöhung des Gesamt-U-Wertes des Dämmladens zur Folge (Abb. 64):

- Porextherm Vacupor® PS-B2-S 60mm U_p= 0,16 [W/m²K]¹⁷³

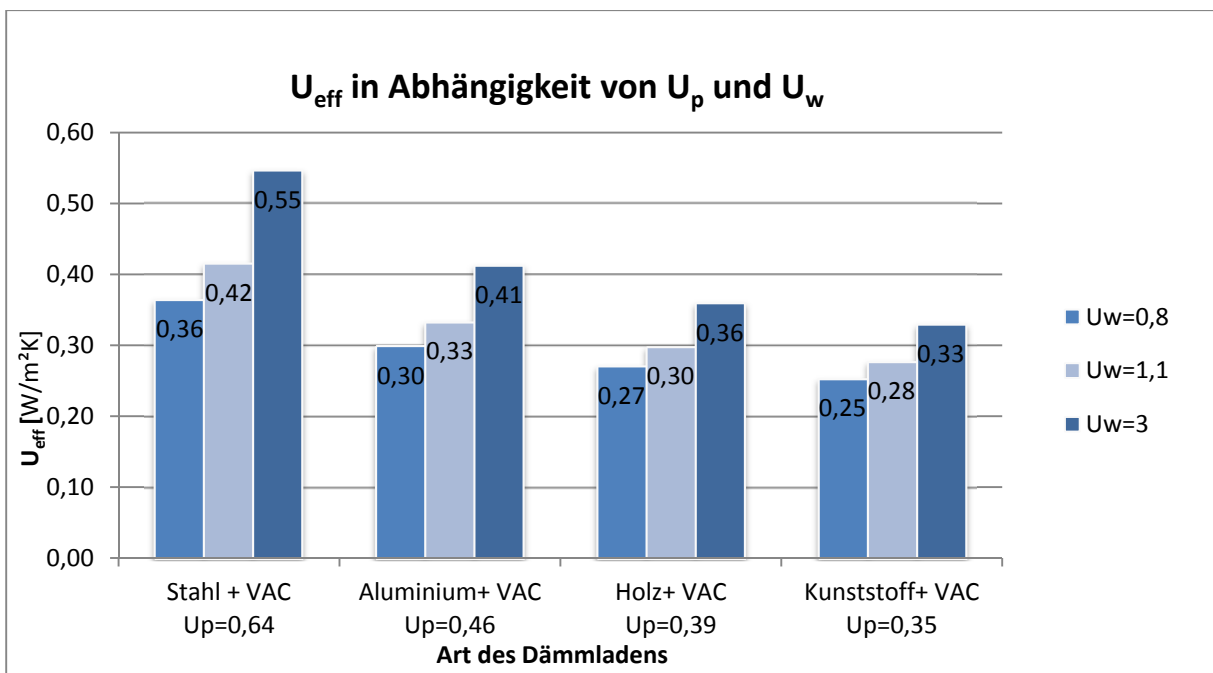


Abbildung 65: Wärmedämmfähigkeit verschiedener Dämmladensysteme bei Einsatz von Vakuumdämmplatten als Dämmmittel und in Abhängigkeit vom innenliegenden Fenster¹⁷²

¹⁷² Quelle: Vom Verfasser.

¹⁷³ Datenquelle: <http://www.baubook.at> (20.03.20015).

Tabelle 30: Wärmedurchgangskoeffizienten Dämm-laden + Innenfenster¹⁷⁴

				Art des innenliegenden Fensters		
				Historisches Fenster	Bestandsfenster	Passivhaus Fenster
				$U_w=3$	$U_w=1,1$	$U_w=0,8$
Dämm-ladenart	Rahmen	Platte	U_p			
	Stahl	EPS	0,89	0,71	0,50	0,43
	Aluminium	EPS	0,71	0,59	0,44	0,38
	Holz	EPS	0,63	0,54	0,41	0,36
	PVC	EPS	0,59	0,51	0,39	0,35
	Stahl	VAKUUM	0,64	0,55	0,41	0,36
	Aluminium	VAKUUM	0,46	0,41	0,33	0,30
	Holz	VAKUUM	0,39	0,36	0,30	0,27
	PVC	VAKUUM	0,35	0,33	0,28	0,25

Wärmedurchgangskoeffizienten Dämm-laden + Innenfenster (U_{eff}) [W/m^2K]

Schon nach ersten groben Berechnungen ist zu erkennen, dass der U-Wert eines Fensters mit dem Einbau eines Dämm-ladens um mindestens die Hälfte verbessert werden kann. Die Werte der zusätzlichen Wärmeübergangswiderstände, die bei geschlossenen Abschlüssen dazu kommen, bewegen sich zwischen 1 und 2,7. Die zusätzlichen Wärmeübergangswiderstände aus ÖNORM EN ISO 10077-1 (Tab. 11) liegen alle unter null. Dies bedeutet einen eklatanten Unterschied.

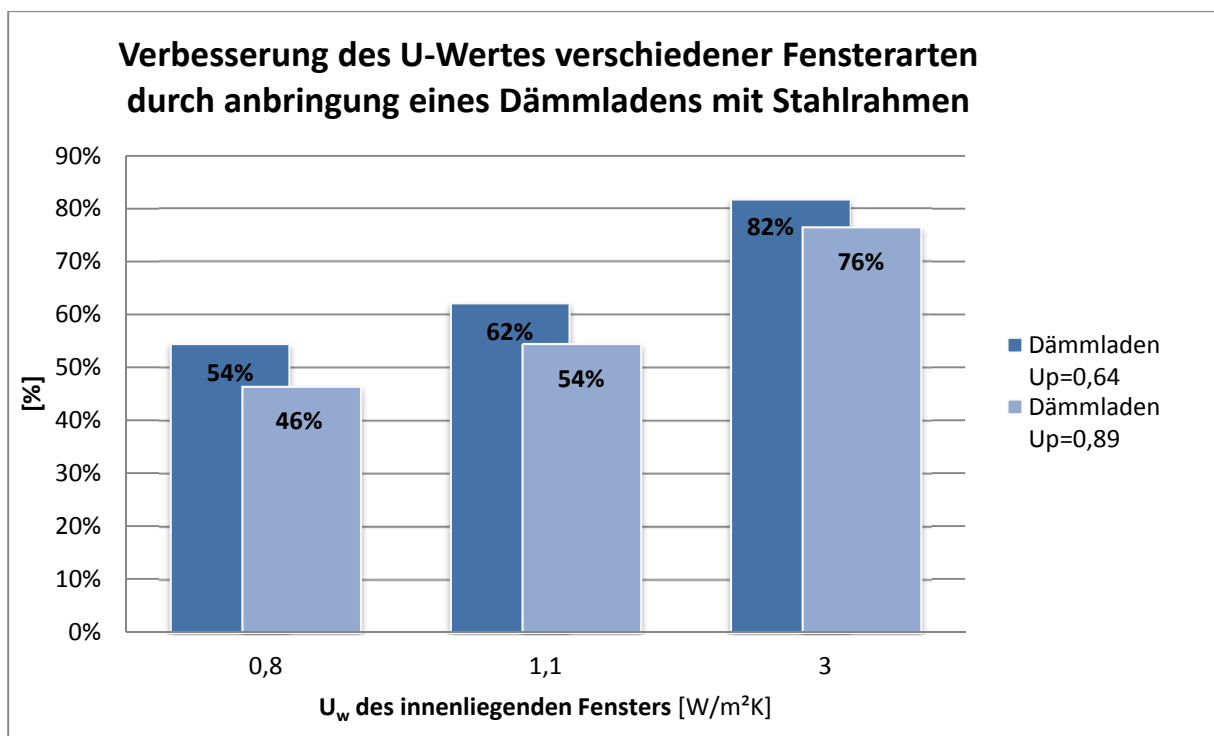
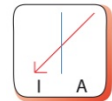


Abbildung 66: Prozentuelle Verbesserung der Dämmleistung verschiedener Fenster durch Dämm-läden¹⁷⁵

¹⁷⁴ Quelle: Vom Verfasser.

¹⁷⁵ Quelle: Vom Verfasser.

5.1.3 Wärmegewinne



Vergleicht man den Gesamtenergie-Durchlassgrad von Bestandsverglasungen und heute marktüblichen Verglasungen fällt auf, dass die heutigen Gläser zwar besser dämmen, jedoch sehr niedrige Energiedurchlassgrade besitzen.

Tabelle 31: Bestandsfensterverglasungen lt. Studie: Mehr Energie sparen mit neuen Fenstern von VFF und BF Deutschland¹⁷⁶

	Verglasungsart	Aufbau	U_g [W/m ² K]	g
Bestandsfenster bis 1978	Einfachglas		5,8	0,87
Bestandsfenster bis 1978	Verbund und Kastenfenster		2,8	0,76
Bestandsfenster 1978-1995	2fach Isolierglas unbeschichtet	4-12-4	2,8	0,76
Bestandsfenster 1995-2008	2fach Wärmeschutzglas		1,3	0,60

Tabelle 32: Handelsübliche Verglasungen¹⁷⁷

	Verglasungsart	Aufbau	U_g [W/m ² K]	g
Zweifachverglasung				
Gaulhofer Zweifach-Wärmeschutzglas G28	2fach Wärmeschutzglas	4/16/4 Ar	1,05	0,56
Internorm Verbundfensterverglasung light	2fach Verbundfensterverglasung	6-56Lu100%-6-18Ar90%-b4	0,89	0,57
Dreifachverglasung				
Gaulhofer Dreifach-Wärmeschutzglas	3fach Isolierverglasung	4/12/4/12/4 75%Kr/25%Ar	0,75	0,51
Gaulhofer Solargewinnglas GS06	3fach Solargewinnglas	4/16/4/16/4 Ar	0,65	0,61
Gaulhofer Sonnenschutzglas GP06 "Neutral + 50"	3fach Sonnenschutzglas	4/16/4/16/4 Ar	0,6	0,32

Die folgenden Berechnungen beziehen sich auf Wien (h=200m). Die Strahlungswerte stammen aus ÖNORM B 8110-5.

Die solaren Gewinne durch, die in Tab. 31 und Tab. 32 genannten Verglasungen, belaufen sich nach dem in Kapitel 3.1.4 beschriebenen Rechenverfahren wie folgt:

¹⁷⁶ Quelle: Modifiziert übernommen aus: Studie: Mehr Energie sparen mit neuen Fenstern von VFF und BF Deutschland.

¹⁷⁷ Datenquelle: <http://www.baubook.at> (24.07.2015).

Tabelle 33: Berechnung der solaren Gewinne verschiedener Fenster in Abhängigkeit der Ausrichtung¹⁷⁸

Verglasungsart		g	Q _{sh} süd [kWh/m ² a]	Q _{sh} nord [kWh/m ² a]	Q _{sh} west/ost [kWh/m ² a]
Bestandsfenster					
Bestandsfenster bis 1978	Einfachglas	0,87	618	307	504
Bestandsfenster bis 1978	Verbund und Kastenfenster	0,76	540	268	440
Bestandsfenster 1978-1995	2fach Isolierglas unbeschichtet	0,76	540	268	440
Bestandsfenster 1995-2008	2fach Wärmeschutzglas	0,60	426	212	348
Handelsübliche Verglasungen					
Zweifachverglasung					
Gaulhofer Zweifach-Wärmeschutzglas G28	2fach Wärmeschutzglas	0,56	398	197	325
Internorm Verbundfensterverglasung light	2fach Verbundfensterverglasung	0,57	405	201	330
Dreifachverglasung					
Gaulhofer Dreifach-Wärmeschutzglas	3fach Isolierverglasung	0,51	362	180	296
Gaulhofer Solargewinnglas GS06	3fach Solargewinnglas	0,61	433	215	354
Gaulhofer Sonnenschutzglas GP06 "Neutral + 50"	3fach Sonnenschutzglas	0,32	227	113	185

Dieser Trend bedeutet weniger Transmissionswärmeverluste aber auch weniger solare Gewinne. Die einzige Verglasung, die eine Ausnahme darstellt, ist das Solargewinnglas.

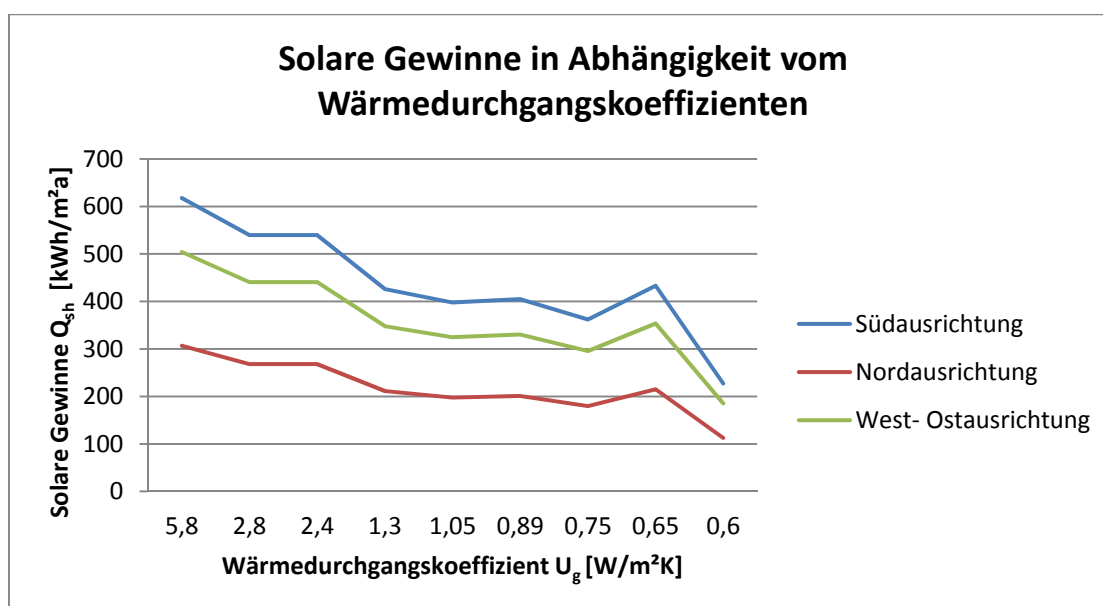


Abbildung 67: Solare Gewinne in Abhängigkeit vom Wärmedurchgangskoeffizienten in Wien pro Jahr¹⁷⁸

¹⁷⁸ Quelle: Vom Verfasser.

5.1.4 Energiebilanz



Um die Effektivität einer Verglasung zu beschreiben, kann für grobe Berechnungen laut ÖNORM EN ISO 14438 der Energiebilanz-Wert (E) oder auch äquivalenter U-Wert genannt, herangezogen werden. Dieser ergibt sich aus der Differenz zwischen Transmissionswärmeverlust und Energiegewinn eines Fensters und bezieht sich auf eine Heizsaison.

$$E = U_g - g * S \quad (6.1-04)$$

- S ... Strahlungsgewinnfaktor
- U_g ... Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung
- G ... Gesamtenergiedurchlassgrad des Fensters

Der Strahlungsgewinnfaktor wird laut ÖNORM EN ISO 14438 folgendermaßen berechnet:

$$S = \frac{\eta * f * H_p}{D_p} \quad (6.1-05)$$

- η ... Nutzfaktor
- f ... Faktor für Verschmutzung und Verschattung der Verglasung
- H_p ... unbehinderte Sonneneinstrahlung für einen bestimmten Zeitraum
- D_p ... Gradtagzahl für einen bestimmten Zeitraum

Bei Berechnung mit dem Klimamodell nach ÖNORM B 8110-5 ergeben sich für Wien folgende Werte:

Heizperiode (einschließlich Dauer)	Gradtagzahl D_p [K*24h]	Sonneneinstrahlung H_p [kWh/m ²]		
		Süden	Norden	Ost/West
Okt./Apr.	3490	383	142	238

Die daraus hervorgehenden Strahlungsgewinnfaktoren mit $\eta=0,6$ und $f=0,8$ sind:

- Nord = 0,82
- West, Ost = 1,37
- Süd = 2,2

In der Gegenüberstellung von Wärmegewinnen und Wärmeverlusten der verschiedenen Verglasungen ist eindeutig zu erkennen, dass beide Faktoren miteinander interagieren. Durch den Einsatz von Funktionsschichten erhielt Isolierglas eine bessere Wärmedämmung, ließ jedoch dadurch weniger Energie durch das Glas. Die einzigen Verglasungen die diese Korrelation etwas aufgehoben haben, sind das Solargewinnnglas und das Sonnenschutzglas.

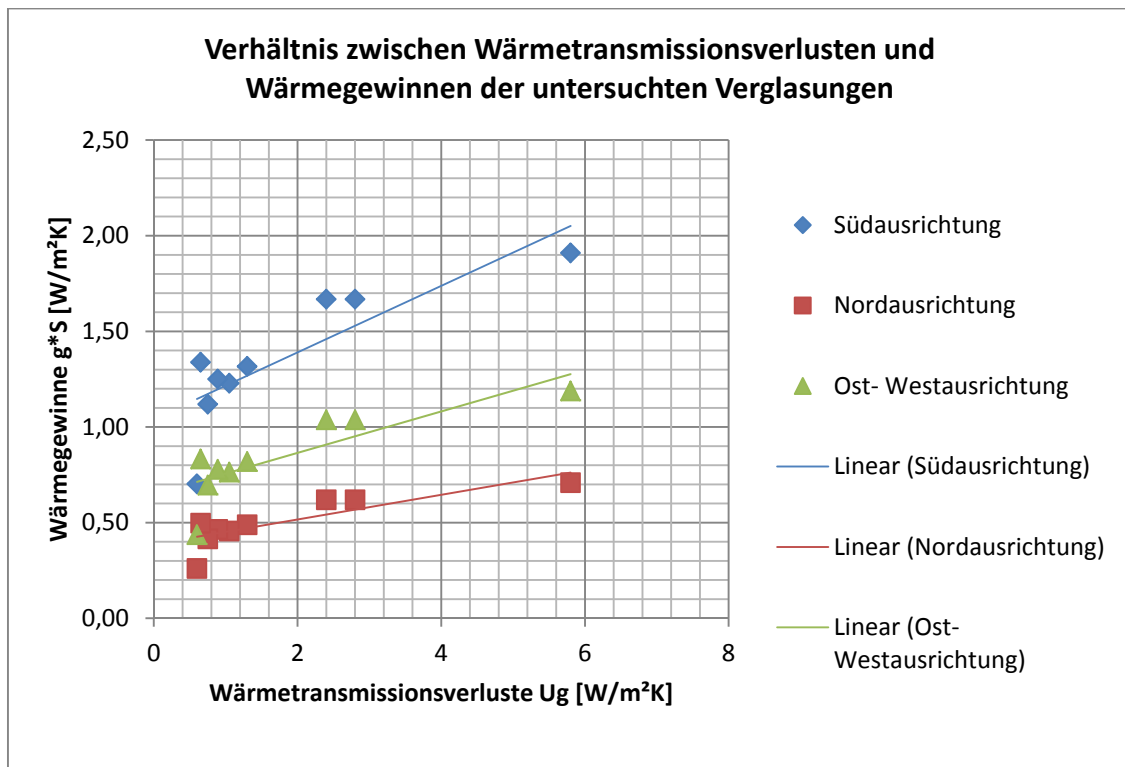


Abbildung 68: Verhältnis zwischen Wärmetransmissionsverlusten und Wärmegewinnen der untersuchten Verglasungen für Wien¹⁷⁹

Bei immer größeren Verglasungsanteilen der Fassaden ist der geringere Gesamtenergiedurchlassgrad durchaus positiv anzusehen. Diese Eigenschaft wird allerdings zum Problem, wenn man Energiegewinne braucht. Dies kann in kalten Klimazonen dann der Fall sein, wenn die Fassade nur einen geringen Fensteranteil zulässt. In den folgenden Tabellen werden die Ergebnisse der Berechnung des Energiebilanz-Wertes für Verglasungen in Wien gezeigt:

Tabelle 34: Wärmedurchgangskoeffizient, Gesamtenergiedurchlassgrade und Energiebilanz-Werte für historische Verglasungsarten in Wien¹⁷⁹

Verglasungsart		g	U _q [W/m ² K]	E süd [W/m ² K]	E nord [W/m ² K]	E west/ost [W/m ² K]
Bestandsverglasungen						
Bestandsfenster bis 1978	Einfachglas	0,87	5,8	3,89	5,09	4,61
Bestandsfenster bis 1978	Verbund und Kastenfenster	0,76	2,8	0,73	1,78	1,36
Bestandsfenster 1978-1995	2fach Isolierglas unbeschichtet	0,76	2,4	1,13	2,18	1,76
Bestandsfenster 1995-2008	2fach Wärmeschutzglas	0,6	1,3	-0,02	0,81	0,48

¹⁷⁹ Quelle: Vom Verfasser.

Tabelle 35: Wärmedurchgangskoeffizient, Gesamtenergiedurchlassgrade und Energiebilanz-Werte für moderne Verglasungsarten in Wien¹⁸⁰

Verglasungsart		g	U _g [W/m ² K]	E süd [W/m ² K]	E nord [W/m ² K]	E west/ost [W/m ² K]
Handelsübliche Verglasungen						
Zweifachverglasung						
Internorm Verbundfensterverglasung light	2fach Verbundfensterverglasung	0,56	1,05	-0,36	0,43	0,11
Gaulhofer Zweifach-Wärmeschutzglas G28	2fach Wärmeschutzglas	0,57	0,89	-0,18	0,59	0,28
Dreifachverglasung						
Gaulhofer Dreifach-Wärmeschutzglas	3fach Isolierverglasung	0,51	0,75	-0,37	0,33	0,05
Gaulhofer Solargewinnnglas GS06	3fach Solargewinnnglas	0,61	0,65	-0,69	0,15	-0,18
Gaulhofer Sonnenschutzglas GP06 "Neutral + 50"	3fach Sonnenschutzglas	0,32	0,6	-0,10	0,34	0,16

Je niedriger der Energiebilanz-Wert, umso besser fällt die Energiebilanz aus. Die Bestandsfenster haben zwar ein gutes Potenzial in Bezug auf den Energiegewinn, weisen jedoch zu hohe Transmissionswärmeverluste auf. Die beste Energiebilanz liegt klar beim Solargewinnnglas, da es einen der besten Wärmedurchgangskoeffizienten und gleichzeitig einen der höchsten Gesamtenergiedurchlassgrade besitzt.

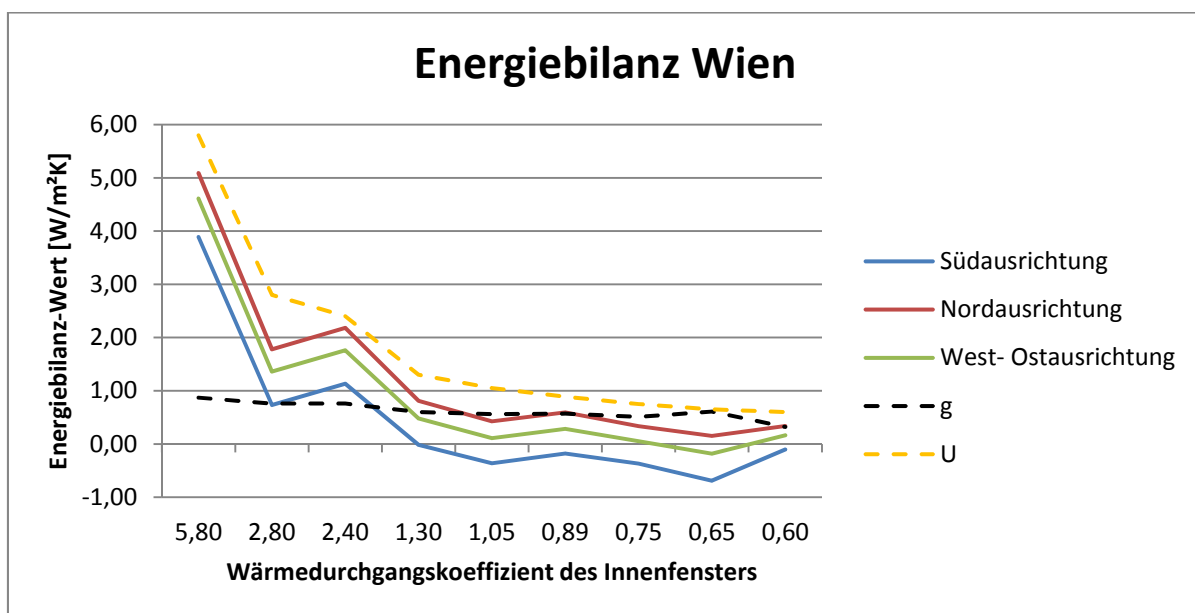


Abbildung 69: Energiebilanz-Werte für verschiedene Verglasungen in Wien¹⁸⁰

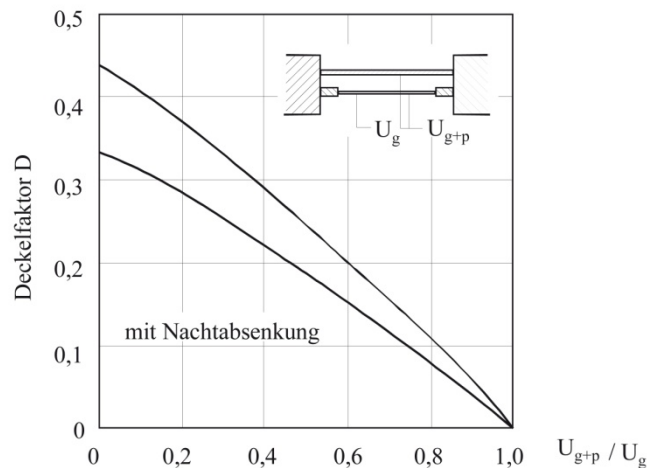
¹⁸⁰ Quelle: Vom Verfasser.

Eine Möglichkeit die Effektivität einer temporären Wärmedämmung einschätzen zu können, ist ebenfalls durch eine Energiebilanz möglich:

$$E = U_g \cdot (1-D) - g \cdot S \quad (6.1-06)$$

Zu beachten ist, dass bei dieser Rechnung die Eigenschaften des Fensterrahmens vernachlässigt werden. Um den Deckelfaktor D zu ermitteln, wird der gesamte Wärmedurchgangskoeffizient durch den der Verglasung dividiert und dann der Deckelfaktor vom unteren Diagramm abgelesen.

Tabelle 36: Diagramm zur Ermittlung des Deckelfaktors D¹⁸¹



In folgender Tabelle sind die Energiebilanz-Werte der verschiedenen Verglasungen im Vergleich zur Energiebilanz mit Dämm-laden dargestellt. Der Dämm-laden besteht aus einem Stahlrahmen mit einer EPS Füllung.

Tabelle 37: Wärmedurchgangskoeffizient, Gesamtenergiedurchlassgrad und Energiebilanz-Wert für historische Verglasungen und dessen Verbesserung durch einen Dämm-laden in Wien¹⁸²

Verglasungsart		g	U _a [W/m ² K]	E süd [W/m ² K]	E nord [W/m ² K]	E west/ost [W/m ² K]
Bestandsverglasungen						
Bestandsfenster bis 1978	Einfachglas	0,87	5,8	3,89	5,09	4,61
+ Dämm-laden U _p =0,47		D = 0,3	U _{g+p} =0,8	2,15	3,35	2,87
Bestandsfenster bis 1978	Verbund und Kastenfenster	0,76	2,8	0,73	1,78	1,36
+ Dämm-laden U _p =0,47		D=0,28	U _{g+p} =0,7	0,06	1,11	0,69
Bestandsfenster 1978-1995	2fach Isolierglas unbeschichtet	0,76	2,4	1,13	2,18	1,76
+ Dämm-laden U _p =0,47		D=0,27	U _{g+p} =0,67	0,38	1,42	1,01
Bestandsfenster 1995-2008	2fach Wärmeschutzglas	0,6	1,3	-0,02	0,81	0,48
+ Dämm-laden U _p =0,47		D=0,21	U _{g+p} =0,54	-0,29	0,54	0,21

¹⁸¹ Quelle: Formelsammlung Wärme, Universität Duisburg, Stand 09/2004.

¹⁸² Quelle: Vom Verfasser.

Tabelle 38: Wärmedurchgangskoeffizient, Gesamtenergiedurchlassgrad und Energiebilanz-Wert für moderne Verglasungen und dessen Verbesserung durch einen Dämm-laden in Wien¹⁸³

Verglasungsart		g	U _g [W/m ² K]	E süd [W/m ² K]	E nord [W/m ² K]	E west/ost [W/m ² K]
Handelsübliche Verglasungen						
Zweifachverglasung						
Internorm Verbundfensterverglasung light	2fach Verbundfenster- verglasung	0,56	1,05	-0,36	0,43	0,11
+ Dämm-laden U _p =0,47		D=0,2	U _{g+p} =0,49	-0,54	0,25	-0,07
Gaulhofer Zweifach- Wärmeschutzglas G28	2fach Wärmeschutzglas	0,57	0,89	-0,18	0,59	0,28
+ Dämm-laden U _p =0,47		D=0,18	U _{g+p} =0,45	-0,37	0,40	0,10
Dreifachverglasung						
Gaulhofer Dreifach- Wärmeschutzglas	3fach Isolierverglasung	0,51	0,75	-0,37	0,33	0,05
+ Dämm-laden U _p =0,47		D=0,17	U _{g+p} =0,41	-0,50	0,21	-0,07
Gaulhofer Solargewinnglas GS06	3fach Solargewinnglas	0,61	0,65	-0,69	0,15	-0,18
+ Dämm-laden U _p =0,47		D=0,15	U _{g+p} =0,38	-0,79	0,06	-0,28
Gaulhofer Sonnenschutzglas GP06 "Neutral + 50"	3fach Sonnenschutzglas	0,32	0,6	-0,10	0,34	0,16
+ Dämm-laden U _p =0,47		D=0,14	U _{g+p} =0,36	-0,19	0,26	0,08

Die folgende Grafik stellt die Verbesserung der Energiebilanz der verschiedenen Fenster durch einen Dämm-laden dar.

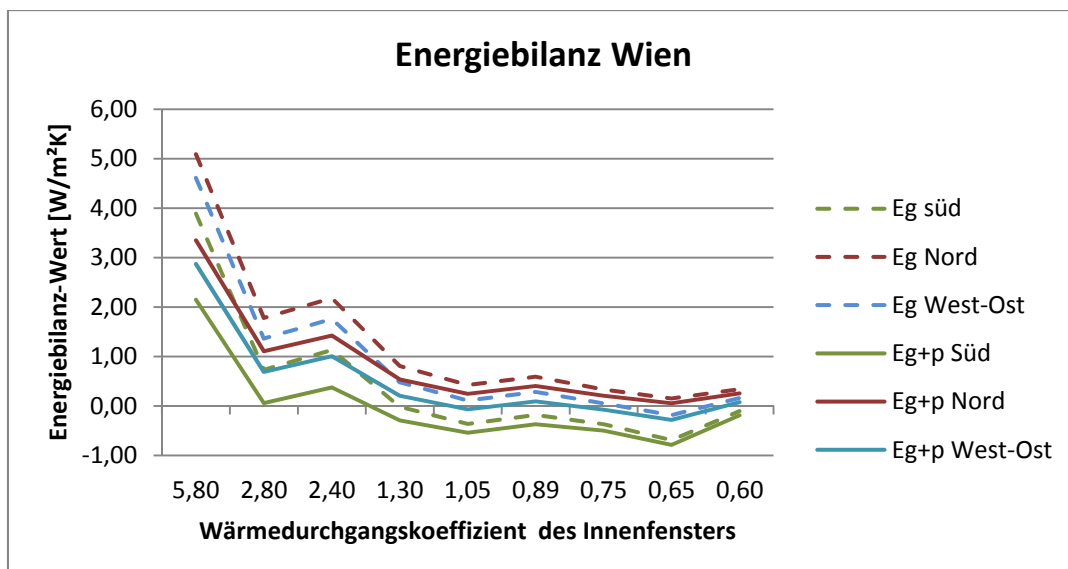


Abbildung 70: Energiebilanz-Werte für verschiedene Verglasungen und der Dämm-ladenvarianten und dessen Verbesserung durch einen Dämm-laden in Wien¹⁸³

¹⁸³ Quelle: Vom Verfasser.

5.2 Sonnenschutz und Lichtlenkung



Fensterläden als Sonnenschutz gibt es bereits in allen möglichen Varianten. Wenn man in den Mittelmehrregionen zu Mittag durch die unerträgliche Hitze spaziert und auf die Häuser achtet wird man merken, dass viele Fensterläden komplett geschlossen sind. Dies hat den ganz einfachen Grund, dass der Fensterladen seine beste Dämmwirkung im geschlossenen Zustand entfaltet. Um Belüftung und Belichtung des Raumes zu gewährleisten werden Lamellen leicht gekippt, auch wenn Wärme von außen eindringen kann.

Schaltet man einen Dämmladen vor das Fenster, bietet dieser guten Schutz vor Hitze, ist jedoch im geschlossenen Zustand lichtundurchlässig. Es gibt verschiedene Lösungsansätze, je nach Nutzerwunsch. Die Beschaffenheit der dämmenden Platten kann nach Belieben variiert werden. Folgende Varianten wären für opake Dämmäden möglich:

- Normale Verglasung
- Glasscheiben mit Siebdruck oder integrierter PV
- Mit Aerogel oder Aerowolle gefüllte Panele
- Glasfaser durchzogene Platten
- Dämmäden mit PV Elementen, die im geschlossenen Zustand Raumbelichtung speisen

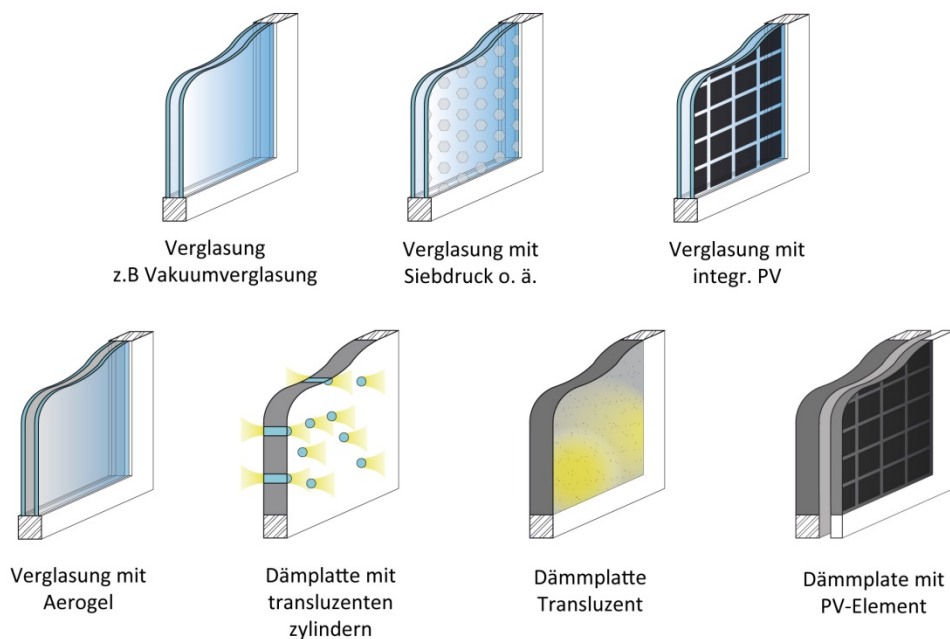


Abbildung 71: Mögliche Varianten der Dämmplattenausführung¹⁸⁴

¹⁸⁴ Quelle: Vom Verfasser.

Durch Anbringung eines vertikalen Klappladens und dem oberen Panel als Verglasung anstatt eines undurchsichtigen Dämmmaterials wird im geschlossenem Zustand eine gute Dämmung erzielt und mit Veränderung des Öffnungswinkels α lässt sich die Richtung der Reflexion β der direkten Sonneneinstrahlung im Raum steuern.

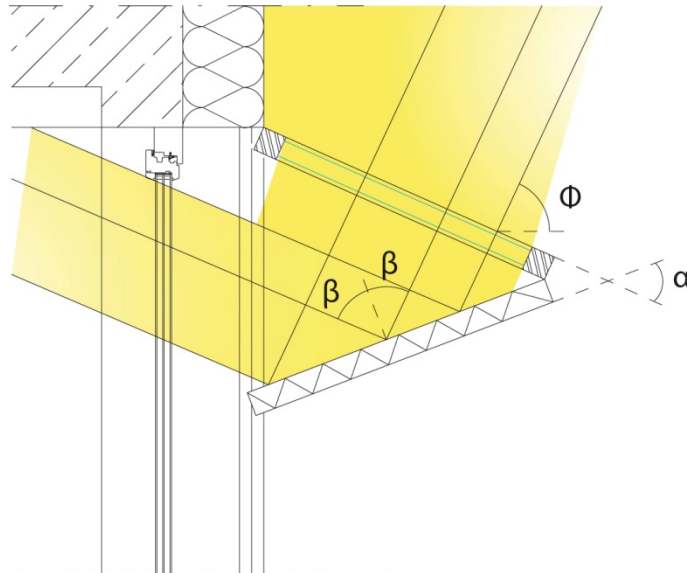


Abbildung 72: Systemskizze eines vertikal, klappenden Dämm-laden mit der Zusatzfunktion als Lichtlenkungssystem¹⁸⁵

Diese Art der Lichtlenkung ist besonders in Bürobauten erwünscht. Arbeitsplätze und Großraumbüros mit hohen Trakttiefen lassen sich damit gut erhellen und die Wärme bleibt gleichzeitig im Außenbereich der Gebäudehülle. Durch Vorprogrammierung oder Lichtsensoren kann der Winke ϕ sogar eine automatische Anpassung an den Sonnenstand vornehmen.

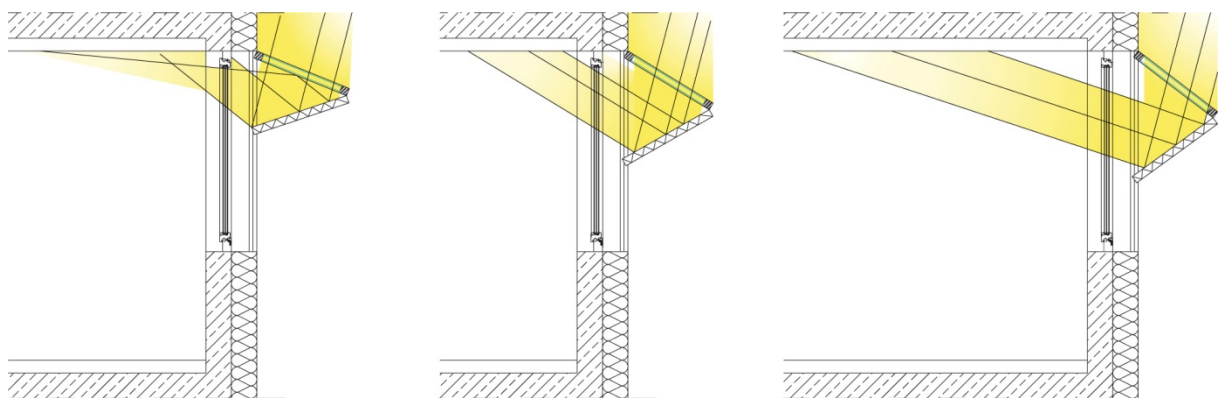


Abbildung 73: Funktionsskizze zur Steuerung von Lichteinfallswinkeln¹⁸⁵

¹⁸⁵ Quelle: Vom Verfasser.

5.3 Brandschutz

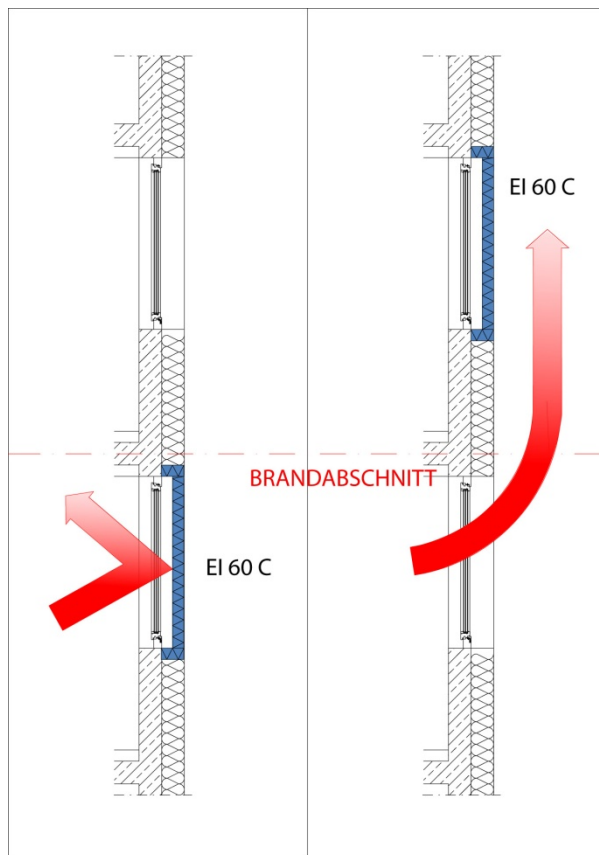


Abbildung 74: Systemskizze EI60C Dämmblenden¹⁸⁶

Mit einem selbstschließenden Dämmblenden in brandhemmender Ausführung (EI60C) kann der Brandschutz erheblich verbessert werden oder im Falle einer Brandabschnittsänderung einfach hergestellt werden.

Die Bezeichnung E bedeutet, dass ein Brandschutzfenster im Sinne der ÖNORM EN 1634-1 raumabschließend ist.

Die Bezeichnung I bedeutet, dass das Fenster im Sinne der ÖNORM EN 1634-1 zusätzlich Wärmedämmeigenschaften erfüllen muss.

Die Bezeichnung 60 gibt die Zeit der Brandwiderstandsdauer der Tür an ($30 \leq t < 60$).

Wenn am Ende der Bezeichnung noch ein C steht dann bedeutet das, dass das Fenster zusätzlich selbstschließend ist.¹⁸⁷

Ein solches Element könnte im Zuge einer Fassadensanierung eingesetzt werden. So könnte die Installation erfolgen ohne eventuelle Mieter in ihren Wohnungen zu belästigen oder dafür verwendet werden bestehende EI30 auf EI60 aufzurüsten.

Ein weiterer großer Vorteil, der durch einen selbstschließenden und feuerfesten Dämmblenden entsteht, ist die Möglichkeit der Öffnung von innen liegenden Fenstern. Wenn EI 60 Elemente in Fassaden eingebaut werden, bestehen diese meist aus Fix-Verglasungen oder aus Fenstern, die nur kippbar sind. Die Selbstschließung muss gewährleistet sein. Diese wäre bei einem solchen Dämmblenden so ähnlich wie bei einer Brandschutztür zu lösen.

Ein neuartiges Material, das für solche Brandschutzelemente verwendbar wäre, ist unter anderem faserverstärkter Kunststoff. Dieses Material bringt Brandschutzeigenschaften und gleichzeitig relativ gute Wärmeübergangswiderstände mit sich. Ein weiterer Vorteil dieses Materials ist, dass es nahezu in jeder Optik und Form herstellbar und extrem wetterbeständig ist.

¹⁸⁶ Quelle: Vom Verfasser.

¹⁸⁷ Vgl. ÖNORM EN 13501-2, 2010 02 15, S.16.

Um dies im Detail zu lösen, besteht die Möglichkeit einen Brandschutzrahmen und brandsichere Füllpanele zu verwenden. Wenn man die Steuerung des Ladens mit dem Brandschutzsystem verbindet, wie es auch bei einer selbstschließenden Brandschutztür der Fall ist, dann wird er zum selbstschließenden Brandschutz-Dämmladen. Die Verbindung zur massiven Wandkonstruktion muss durch einen Brandschutzblock oder durch Abschottung mit „Fireboards“ erfolgen. Wenn man bei der Wahl des feuerfesten Panels darauf achtet ein Material zu wählen das zusätzlich gut dämmt, wird der Brandschutz-Dämmladen auch dafür sorgen seine Aufgabe als Dämmelement optimal zu erfüllen.

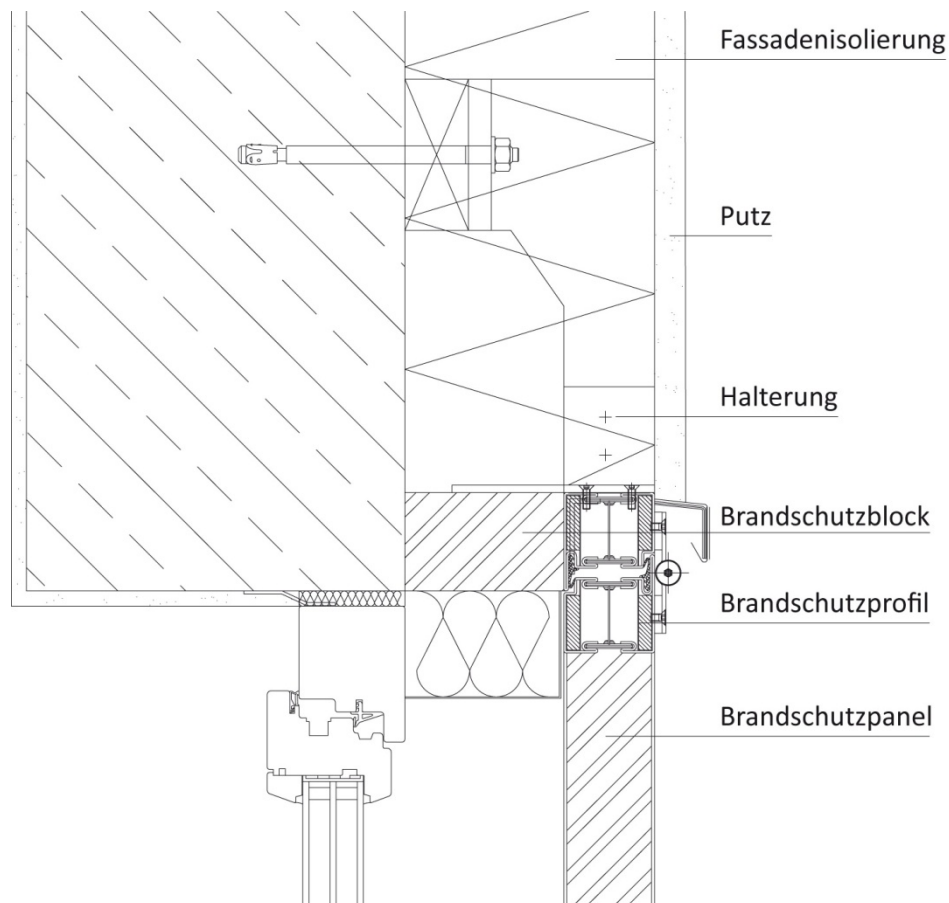


Abbildung 75: Ausführungsbeispiel eines Brandschutz-Dämmladens (M 1:5)¹⁸⁸

¹⁸⁸ Quelle: Vom Verfasser.

5.4 Luft- und Schlagregendichtheit



5.4.1 Luftdichtheit



Durch das Vorsetzen einer weiteren Dämmebene mit zusätzlichen Dichtungen wird der a-Wert (siehe S.41) reduziert. Dieser Effekt verbessert gleichzeitig die Winddichtheit bei großen Druckunterschieden als auch das Schalldämmmaß bei vorhandenen Dosierlüftern und älteren Fenstern.

- **Höhere Luftdichtheit = bessere Wärmedämmung + bessere Schalldämmung**

Da die Größen der Schalldämmung mit der der Luftdichtheit in Abhängigkeit stehen, wird durch Anbringung von zusätzlichen Falzdichtungen das Schalldämmmaß und dadurch auch die Luftdichtheit erhöht (Siehe Tab.6).

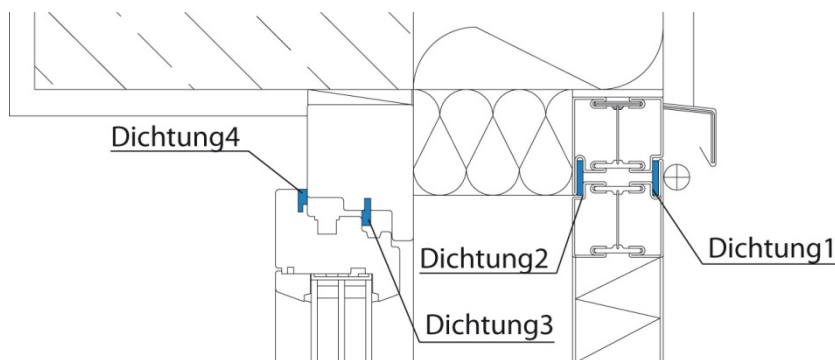


Abbildung 76: Dichtungsanzahl des Dämmfadensystems (M 1:5)¹⁸⁹

Die folgenden Detaillösungen beziehen sich auf einen Dämmladen in Schiebe-Faltausführung. Dieser wird mit zwei verschiedene Profilmaterialien und jeweils zwei Ausführungsvarianten dargestellt. Die zwei Profilmaterialien sind:

- Aluminium (Fa. Schüco) S.88
- Stahl (Fa. Jansen) S.89

Die Details (M 1:2) sind für den oberen, unteren und seitlichen Anschluss sowie dem Mittelgelenk ausgearbeitet.

¹⁸⁹ Quelle: Vom Verfasser.

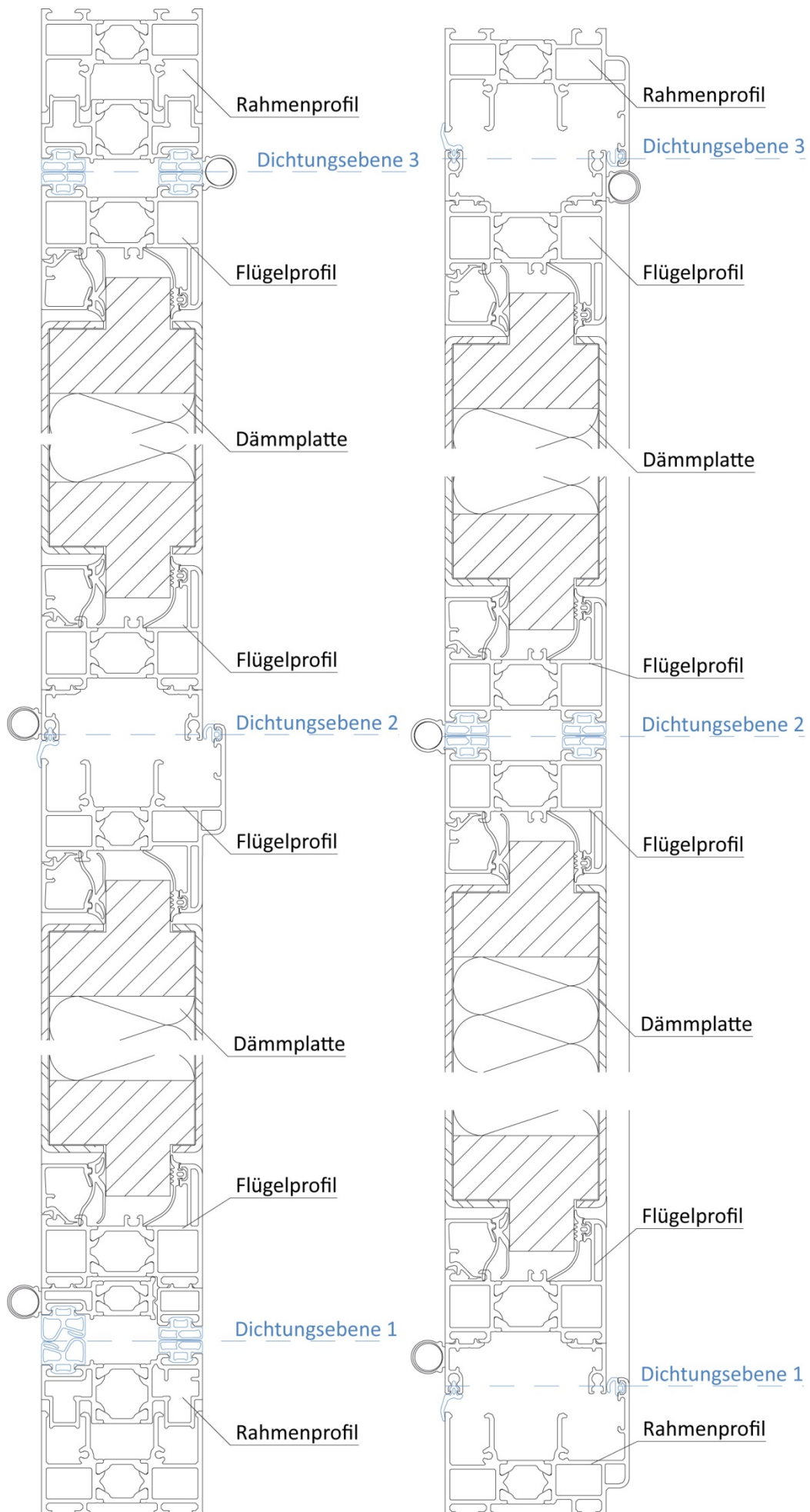


Abbildung 77: Vertikalschnitt durch einen Dämmladen mit Aluminiumprofilen (M 1:2)

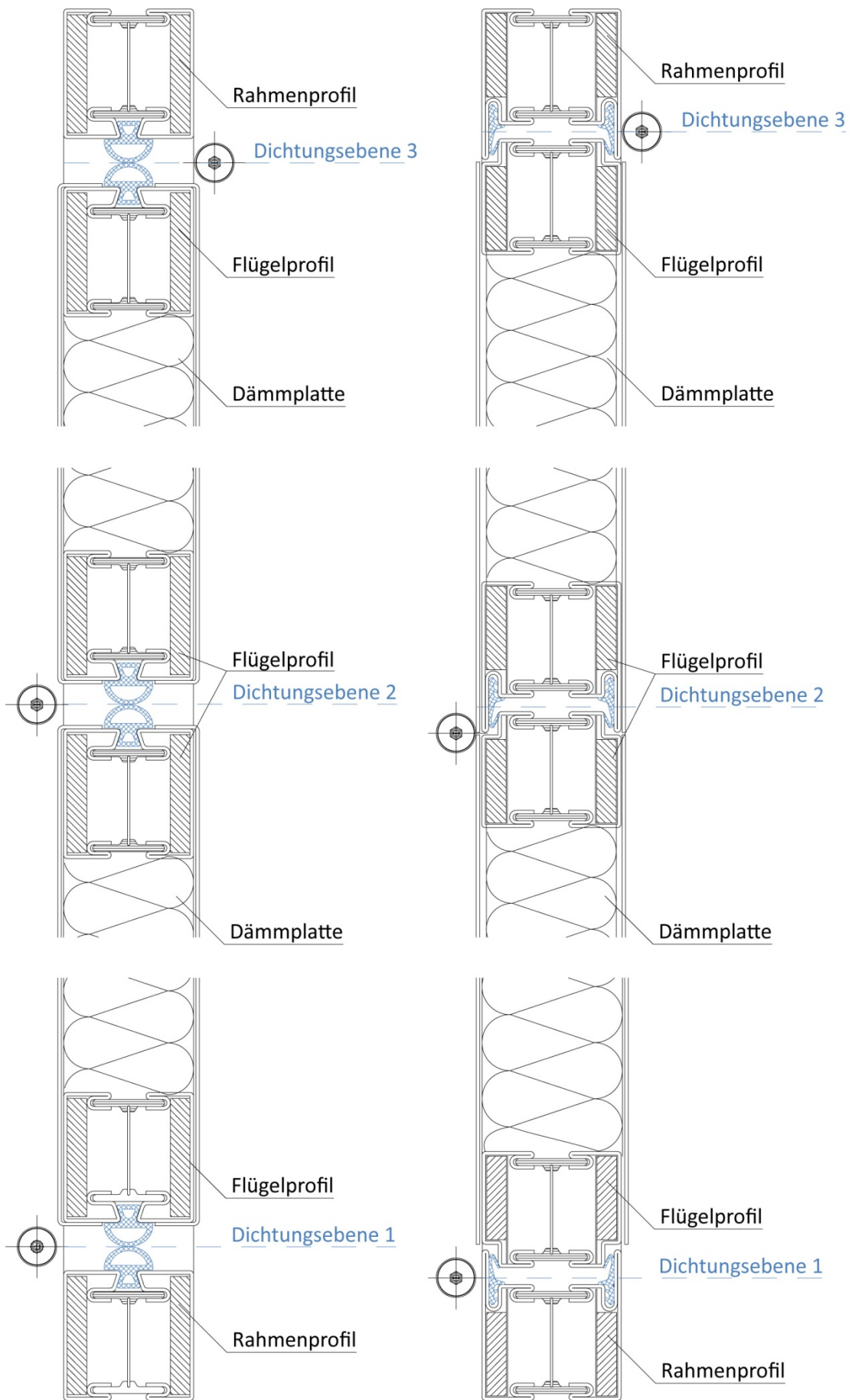


Abbildung 78: Vertikalschnitt durch einen Dämmladen mit Stahlprofilen (M 1:2)

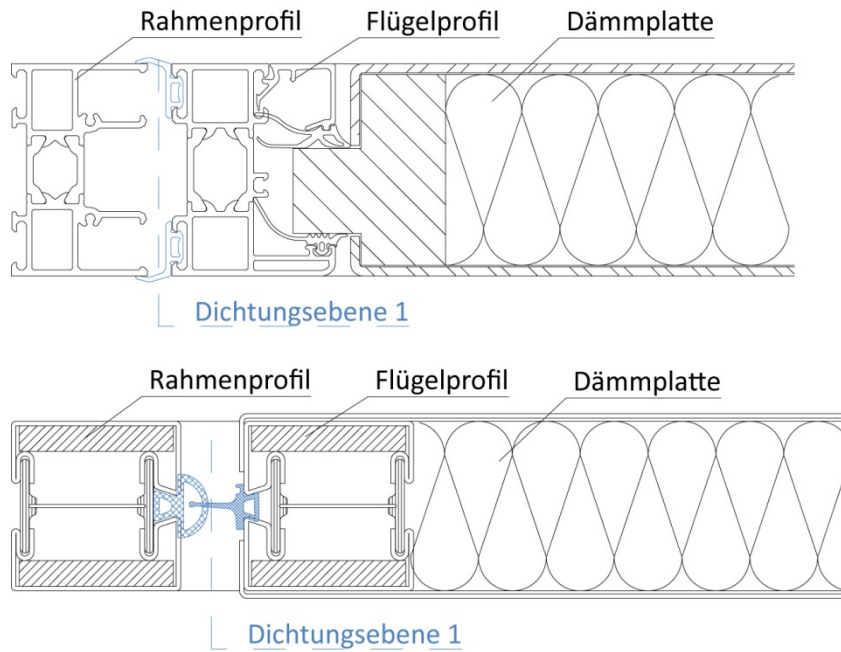


Abbildung 79: Horizontalschnitt der Aluminium- und der Stahlvariante des Dämmladens (M 1:2)¹⁹⁰

Zum Horizontalschnitt ist zu erwähnen, dass dieses Detail nur den Dämmladen ohne Führungsschiene darstellt. Die Führungsschiene liegt bei dieser Detailvariante auf der Innenseite des Dämmladens.

5.4.2 Lüftung



Wenn in einem Gebäude eine kontrollierte Raumbelüftung vorhanden ist, kann ein Dämmladen, der dicht ausgeführt ist und dadurch die Luftdichtheit von Fenstern zusätzlich verbessert, ohne Probleme angebracht werden. Problematisch wird diese Konstruktion erst, wenn keine kontrollierte Raumbelüftung vorhanden ist oder Nachtbelüftung gewünscht wird.

Die Lösung ist der Einbau einer Dosierlüftung oder intelligente Steuerung des Dämmelementes. Die folgende Grafik stellt die verschiedenen Lösungsansätze im Winter- oder Nachtfall dar. Wenn die Lufttemperatur im Außenraum wärmer ist, kehren sich Über- und Unterdruck um.

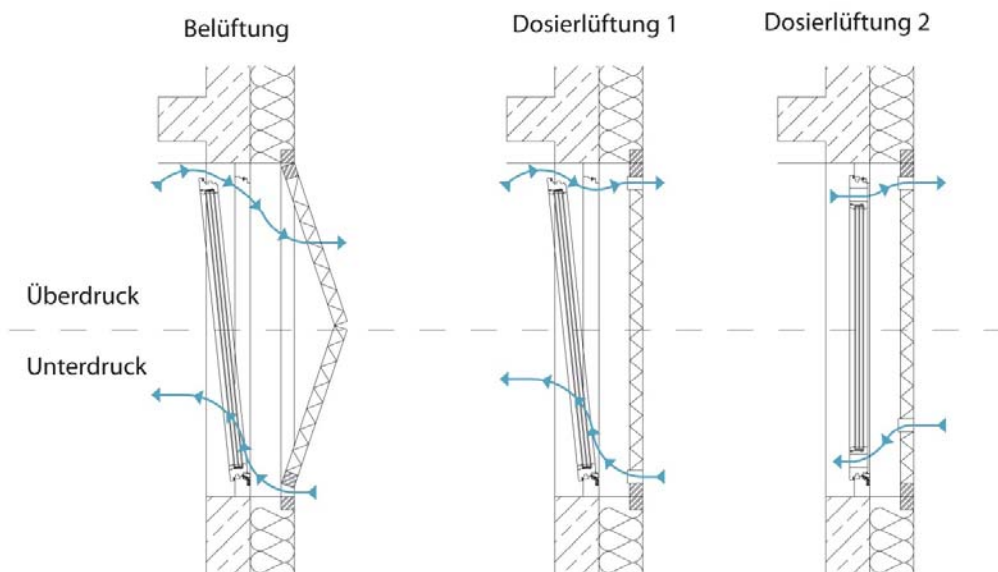


Abbildung 80: Belüftungsvarianten in geschlossenem oder leicht geöffnetem Zustand¹⁹⁰

¹⁹⁰ Quelle: Vom Verfasser.



5.4.3 Schlagregendichtheit

In geschlossenem Zustand leuchtet es ein, dass ein Dämmladen einen zusätzlichen, konstruktiven Schutz gegen Schlagregen bietet. Wenn man einen vertikalen Schiebe- Klappladen verwendet, ist der Schlagregenschutz nicht nur im geschlossenen Zustand gegeben, sondern auch im geöffneten. Es entsteht derselbe Effekt, wie bei konstruktivem Fassadenschutz. Dies ist sehr vorteilhaft bei Fenstern mit Permanentlüftung, da bei denen durch die undichteren Fugen bei Schlagregen Feuchtigkeit in die Fensterkonstruktion eindringen kann.

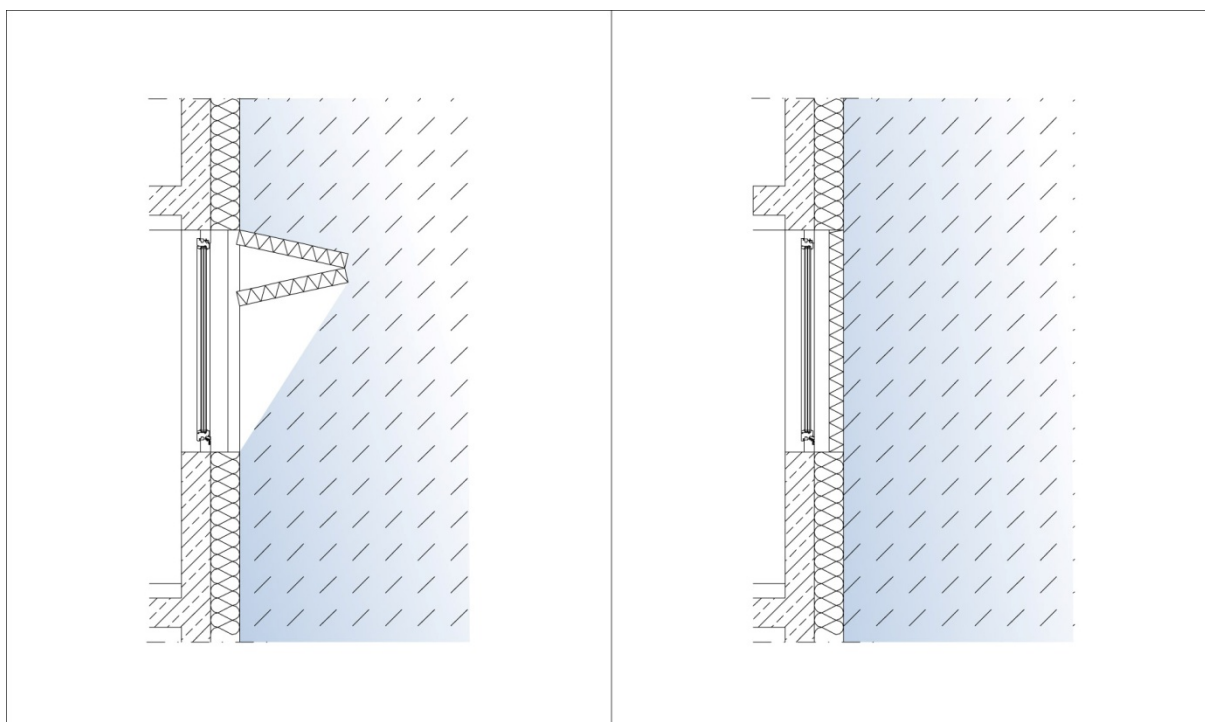


Abbildung 81: Wirkung von Klappläden bei Schlagregen¹⁹¹

5.4.4 Mechanische Belastung durch Windkraft

Da das Grundskelett des Dämmladens aus gebräuchlichen Fensterprofilen konstruiert ist und dessen Eigenschaften von Widerstandsklasse 1 bis 5 reichen, steht die Rahmenkonstruktion dem Fenster in nichts nach und ist somit kein Problem. Die einzige Problematik besteht beim Dämmplattenmaterial, das sehr leicht ist. Ob ein Plattenmaterial geeignet ist, wird nach ÖNORM EN 12210 geprüft.

¹⁹¹ Quelle: Vom Verfasser.



5.5 Schallschutz

Bei geöffnetem Zustand des Dämmfadens wird die schräg einfallende Schallbelastung abgelenkt und somit die dadurch entstehende Reduktion des Schalldämm-Maßes des Fensters verhindert (siehe Abb. 48).

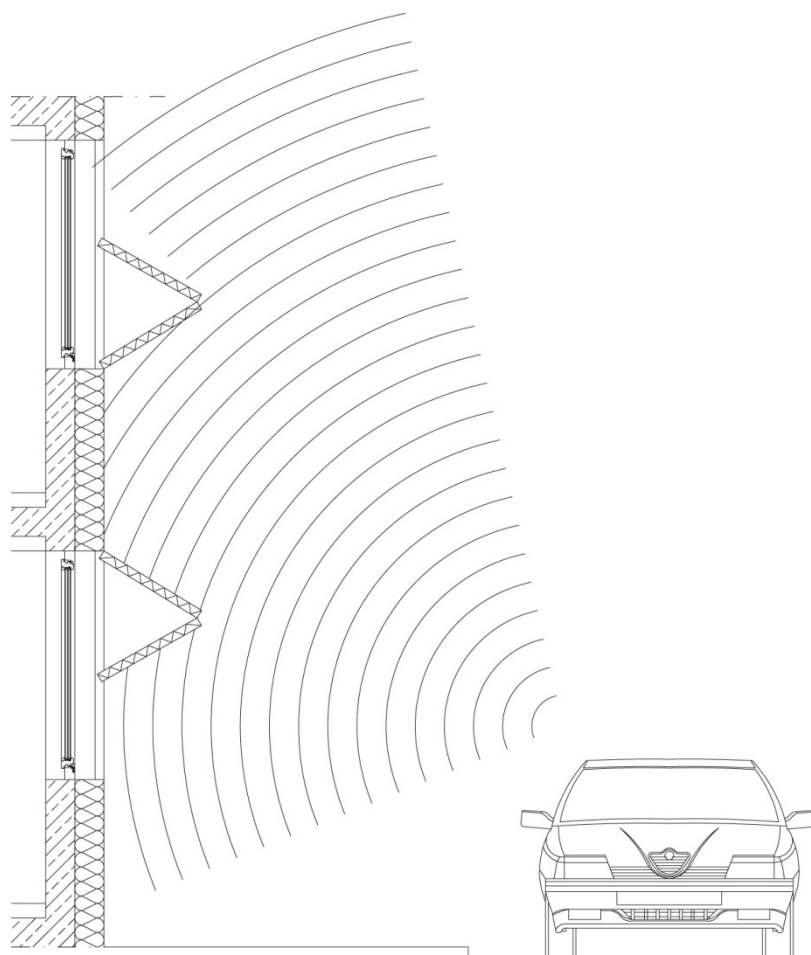


Abbildung 82: Systemskizze des schalltechnischen Verhaltens von Dämmfäden im Straßenbereich¹⁹²

Durch eine zweite schalldämmende Schicht, die nicht mit dem dahinter liegenden Fenster gekoppelt ist und einen weiteren Luftzwischenraum verfügt, wird das Schalldämm-Maß erheblich verbessert. Außerdem wird die Luftdichtheit und damit auch die Schallundurchlässigkeit der Fensterkonstruktion erhöht (siehe Tab. 21). Dies kommt durch zusätzliche Falzdichtungen zustande (siehe Abb. 75). Die Prüfung des zusammengesetzten Bauteiles wird laut ÖNOMB B 8115-4 auf einem Prüfstand gemäß ÖNORM EN 20140-3 und ÖNORM EN 20140-10 ermittelt (siehe Kap. 3.5).

¹⁹² Quelle: Vom Verfasser.



5.6 Absturzsicherung

Durch den gezielten Einsatz von faltbaren oder schiebbaren Dämm-läden mit verstärkter Plattenkonstruktion wären die zuvor genannten Eigenschaften des Ladens erfüllt und gleichzeitig könnte eine Absturzsicherung gewährleistet werden. Die Verstärkung der Plattenkonstruktion kann z.B. durch zusätzliche Querverstrebungen erreicht werden. Im Rahmen von Sanierungsprojekten, bei denen neuere Bauordnungen beachtet werden müssen, können solche Einbaufälle entstehen. Durch den Einsatz von Dämm-läden könnte der Ersatz von absturzsicheren Fenstern oder das ineffiziente Anbringen von vorgesetzten Gittern oder Sicherheitsverglasungen vermieden werden. Bei Neubauten wird dies eher nicht der Fall sein. Bei Neubauten könnten jedoch durch den Einbau von Dämm-läden als Absturzsicherung zusätzliche Geländer vermieden werden (z.B. bei französischen Fenstern).

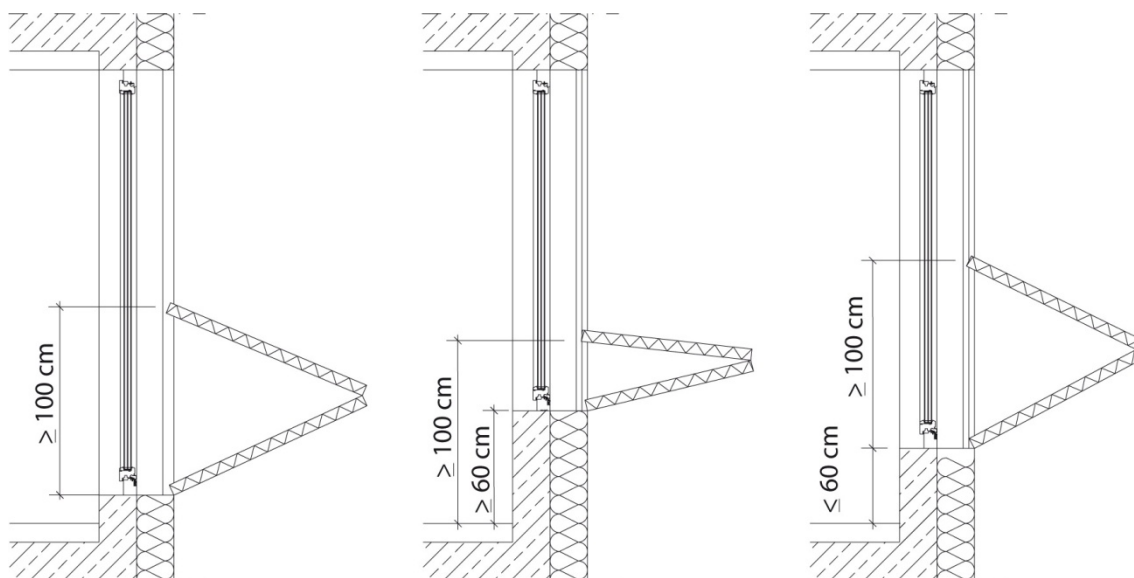
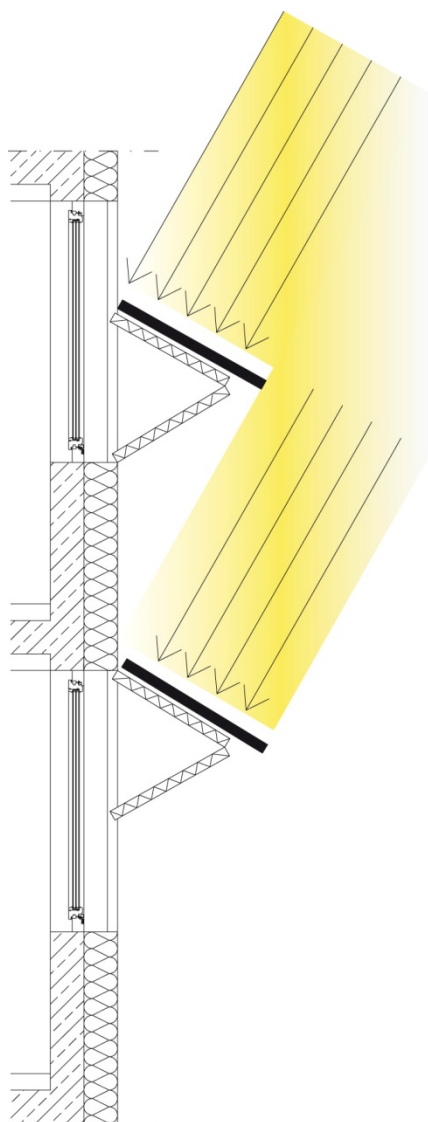


Abbildung 83: Mögliche Einbauvarianten von vertikalen Schiebe- Faltläden als Absturzsicherung¹⁹³

¹⁹³ Quelle: Vom Verfasser.

5.7 Energieproduktion



Bei vertikalen Schiebe-Faltläden besteht die Möglichkeit die oberste Platte mit Photovoltaik zu bestücken. Der Vorteil zur fassadenintegrierten PV besteht darin, dass das PV-Panel in den richtigen Winkel zur Sonne ausgerichtet werden kann und dadurch seine volle Effizienz erreichen kann. Dieser Unterschied kann bis zu 30% Leistungssteigerung ausmachen (siehe Abb. 52). Außerdem kommt die gleichzeitige Funktion der Fensterverschattung zur Mittagsstunde hinzu. Ein weiterer Vorteil eines solchen Systems ergibt sich aus der entstehenden Thermik der Fassade, die zur Kühlung der PV-Elemente genutzt werden kann und diese somit nicht überhitzen. Dies steigert ebenfalls die Effizienz der Panele.

Die elektrischen Outputs können dazu verwendet werden den Dämm-läden anzutreiben und ihn dadurch zu einem autarken Fassadenelement machen. Die Energie für eine, in den Rahmen integrierte Nachtbeleuchtung könnte man damit auch produzieren. In einem Gesamtfassadenkonzept besteht die Möglichkeit die Fassade zu einem kleinen und effizienten Kraftwerk werden zu lassen.

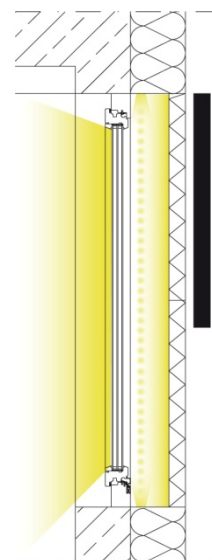


Abbildung 84: Innenbeleuchtung eines Dämm-ladens¹⁹⁴

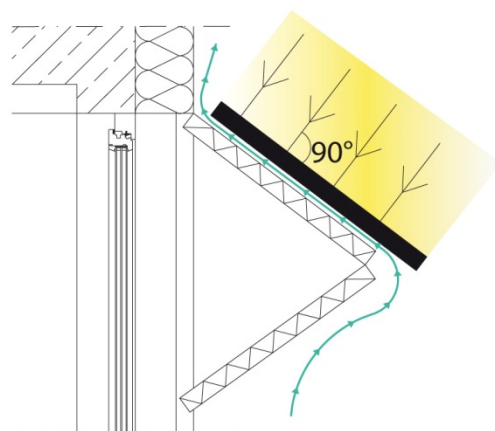


Abbildung 85: Darstellung und Funktionsweise einer Dämm-ladenintegrierten PV-Anlage¹⁹⁴

Im Folgenden Teil wird die Effizienz von fassadenintegrierten PV-Elementen dargestellt. Behandelt werden zwei Anlagen, die mit denselben Photovoltaik-Modulen (15% Transparenz, 155 W/m² Leistung, Monokristallin (hocheffizient)) ausgestattet sind. Sie besitzen dieselbe Fläche (100 m²) aber mit unterschiedlichen Aufstellwinkeln und Hinterlüftungssystemen für den Standort Wien. Die Berechnungen wurden mit dem europäischen Onlinetool PV GIS¹⁹⁵ durchgeführt und in Monatsmittelwerten (kWh/M) ausgegeben.

¹⁹⁴ Quelle: Vom Verfasser.

¹⁹⁵ URL: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>.

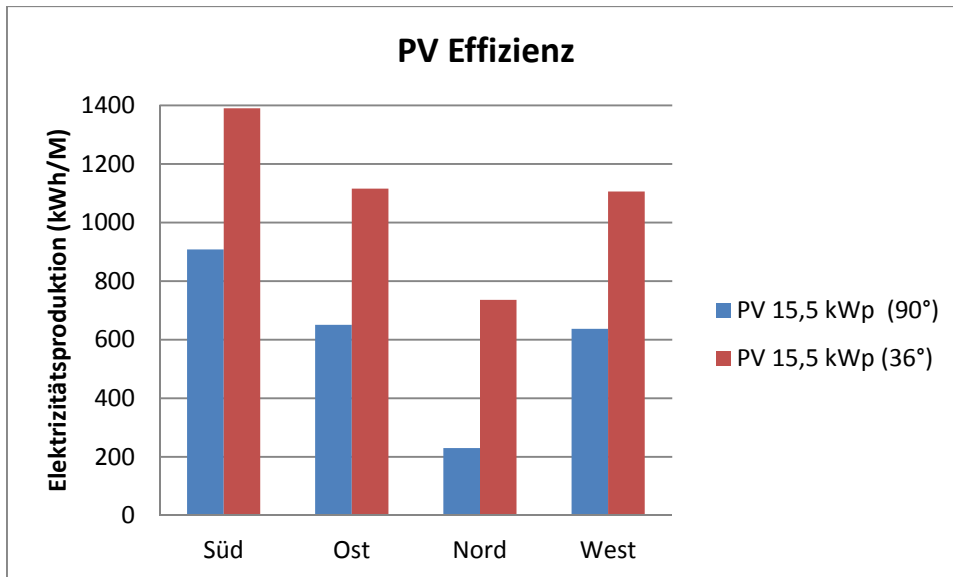


Abbildung 86: Monatsmittelwerte der Elektrizitätsproduktion von 2 Anlagenvarianten mit verschiedenen Aufstellwinkeln und Orientierungen¹⁹⁶

Die Aussage der 30% Effizienzsteigerung in Abbildung 52 stimmen. Eine weitere Möglichkeit der Effizienzsteigerung besteht im Nachführen der PV-Anlage. Da das Onlinetool leider nicht über die Eingabeoption eines ausschließlich vertikalen Nachführungssystems verfügt, wurden die idealen Winkel für die jeweiligen Monate empirisch ermittelt. Die verschiedenen Winkel wurden in 10° - Schritten für die verschiedenen Ausrichtungen beleuchtet. Bei Ausrichtung gegen Norden, Westen, Osten und einer monatlichen Verstellung des Aufstellwinkels können nur sehr geringe Verbesserungen erreicht werden. Deswegen werden in den folgenden Tabellen nur die Ergebnisse für die Südausrichtung dargestellt.

Tabelle 39: Monatsmittelwerte der Elektrizitätsproduktion einer PV-Anlage mit verschiedenen Aufstellwinkeln¹⁹⁶

Monatsmittelwerte der Elektrizitätsproduktion [kWh/M] bei verschiedenen Aufstellwinkeln					
Monat	60° Süd	50° Süd	40° Süd	30° Süd	20° Süd
1	621	611	587	548	495
2	986	980	952	901	828
3	1560	1590	1580	1540	1470
4	1820	1910	1960	1970	1930
5	1730	1870	1980	2040	2070
6	1600	1760	1880	1970	2010
7	1690	1850	1960	2040	2080
8	1720	1840	1910	1930	1920
9	1490	1540	1550	1530	1470
10	1210	1210	1190	1130	1050
11	660	652	629	591	537
12	534	523	499	463	414

¹⁹⁶ Datenquelle: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#> (02.07.2015).

Tabelle 40: Monatsmittelwerte der Elektrizitätsproduktion einer PV-Anlage mit verschiedenen Aufstellwinkeln im Vergleich zu einer mit fixem Aufstellwinkel in südlicher Richtung¹⁹⁷

Monat	36° [kWh/M]	Nachführung [kWh/M]	Verbesserung [%]
1	570	621	8,9
2	932	986	5,8
3	1568	1590	1,4
4	1968	1970	0,1
5	2000	2070	3,5
6	1920	2010	4,7
7	1998	2080	4,1
8	1920	1930	0,5
9	1542	1550	0,5
10	1168	1210	3,6
11	612	660	7,8
12	482	534	10,8

Die höchsten Verbesserungen liegen bei 10% und werden in den Wintermonaten erreicht, wegen der tiefstehenden Sonne und der entsprechenden Winkelanpassung. Weitere Verbesserungen wären in der Ost- Westausrichtung zu erreichen, wenn man die Nachführungswinkel stundenweise verändert.

Um einen realistischen Vergleich zwischen fassadenintegrierter und am Dämm-laden montierter Photovoltaik aufzuzeigen, wird eine Fassade (200m²) mit 50% Fensteranteil mit beiden Systemen berechnet.

- Variante 1: Dämm-ladenintegrierte PV auf 1/4 der Fassadenfläche (50m²) mit 36° Aufstellwinkel und einer Nennleistung von 7,75 kWp.
- Variante 2: Fassadenintegrierte PV auf 1/2 der Fassadenfläche (100m²) und einer Nennleistung von 15,5 kWp.

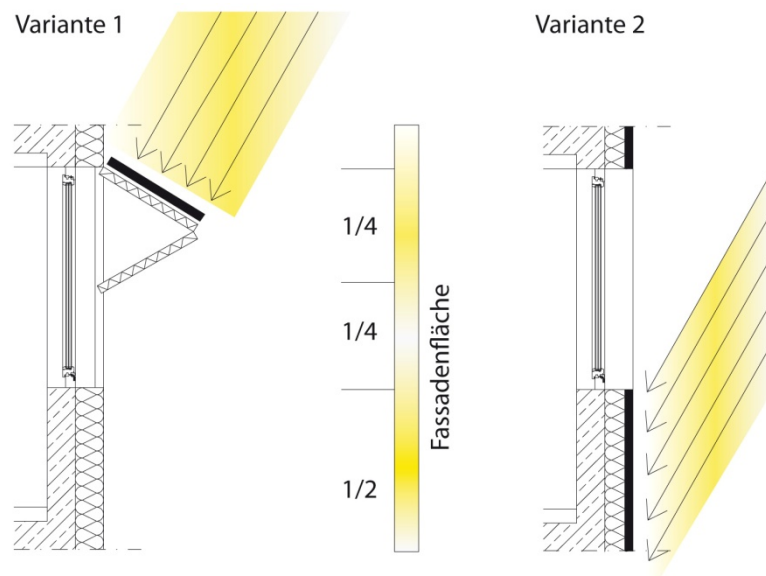


Abbildung 87: Funktionsskizze von fassaden- und dämm-ladenintegrierter PV¹⁹⁸

¹⁹⁷ Datenquelle: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#> (02.07.2015).

¹⁹⁸ Quelle: Vom Verfasser.

Berechnet wird die durchschnittliche monatliche Elektrizitätsproduktion (kWh/M) für den Standort Wien und die vier verschiedenen Himmelsrichtungen.

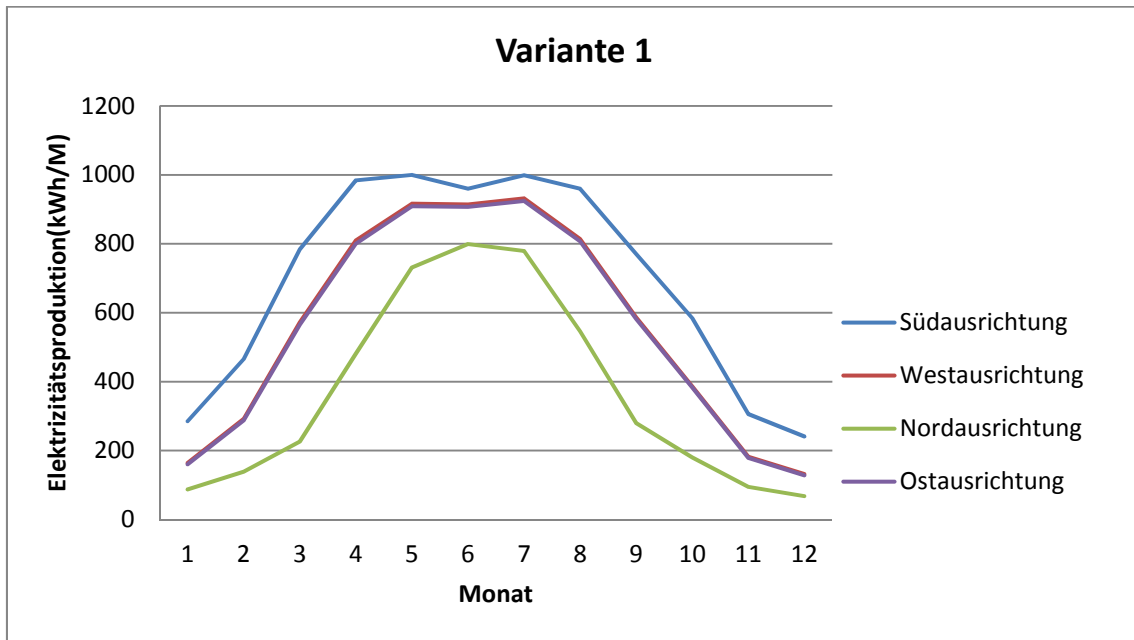


Abbildung 88: Monatsmittelwerte der Elektrizitätsproduktion einer 50 m² dämmladenintegrierten PV-Anlage mit 36° Neigungswinkel¹⁹⁹

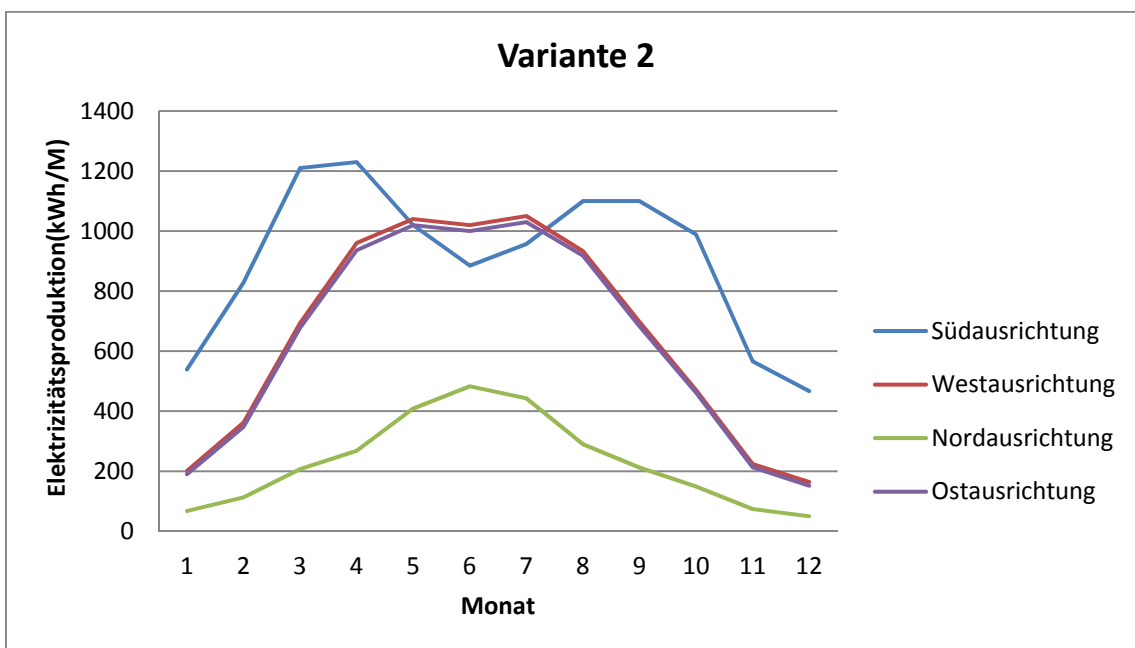


Abbildung 89: Monatsmittelwerte der Elektrizitätsproduktion einer 100 m² fassadenintegrierten PV-Anlage¹⁹⁹

In den üblichen Ausrichtungen (Süden, Osten und Westen) kommt Variante 1 sehr nahe an Variante 2 heran, obwohl nur die Hälfte an PV verbaut wird (siehe Abb. 90). Das Manko an Energieproduktion von Variante 1 wird mit Flächensparnis wieder wettgemacht.

¹⁹⁹ Datenquelle: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#> (02.07.2015).

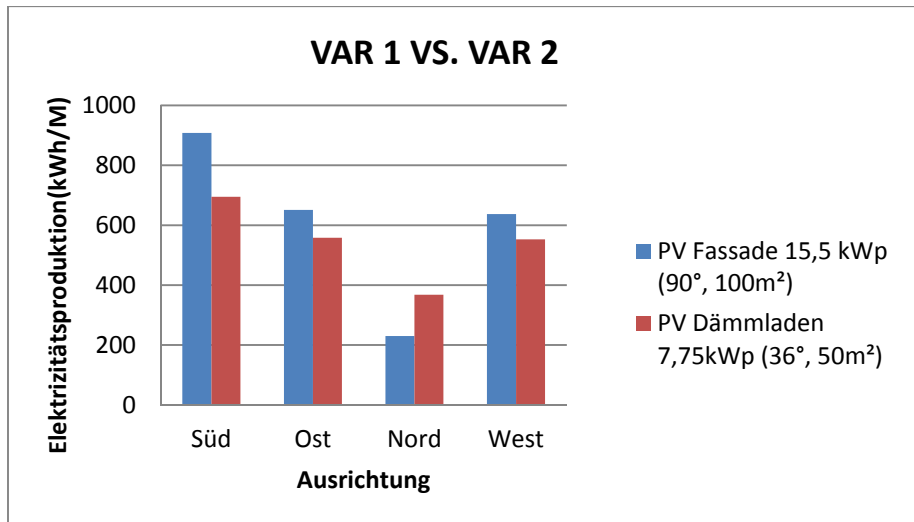


Abbildung 90: Monatsmittelwerte der Elektrizitätsproduktion von 2 Anlagenvarianten mit verschiedenen Aufstellwinkeln, Orientierungen und Kollektorflächen²⁰⁰

Im unten dargestellten Diagramm wurde derselbe Versuch wie oben mit variablen Standorten durchgeführt. Der Standort ist demnach vernachlässigbar, da sich die Stromproduktion der verschiedenen Varianten, je auf einen Unterschied von 24% einpendelt und sich daher nicht maßgeblich unterscheidet.

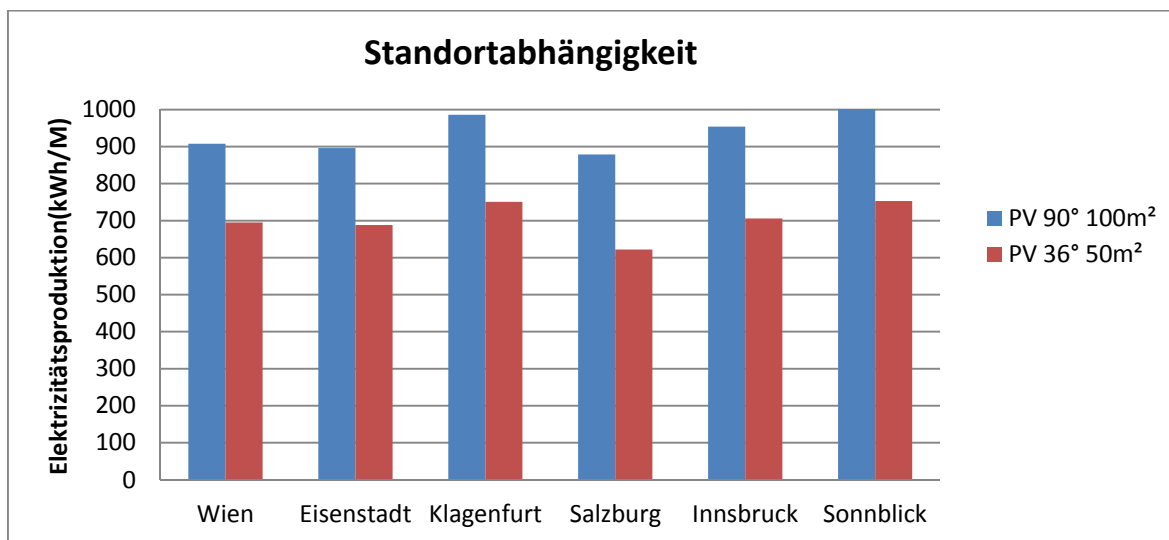


Abbildung 91: Standortbezogene Monatsmittelwerte der Elektrizitätsproduktion von 2 Anlagenvarianten mit verschiedenen Aufstellwinkeln und Kollektorflächen²⁰⁰

Eine schräg gestellte PV-Anlage produziert in ganz Österreich rund 30% mehr Strom als eine statische fassadenintegrierte Anlage.

²⁰⁰ Datenquelle: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#> (02.07.2015).



5.8 Einbruchschutz

Durch das Hinzufügen von Sicherungsbolzen am Rahmenbereich, die gegen das Aushebeln des Ladens schützen sollen und aus einem sehr festen Plattenmaterial wie z.B. faserverstärktem Kunststoff bestehen, etabliert man eine weitere undurchdringliche Schutzschicht des Gebäudes. Durch automatisierte Läden fehlen Schlösser und dies hätte zur Folge, dass Einbrecher in Zukunft Softwareexperten werden müssten, um die digitalen Schutzmaßnahmen eines Hauses umgehen zu können.

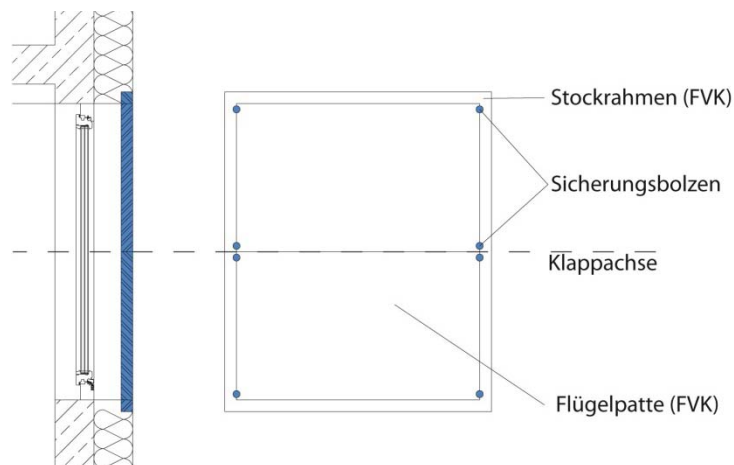


Abbildung 92: Entwurfsskizze eines einbruchsicheren Dämm Ladens aus faserverstärktem Kunststoff gegossen²⁰¹

Eine weitere Möglichkeit, die Platten sicherer zu gestalten bestünde darin, weitere vertikale und horizontale Stahlstreben durch den Plattenbereich laufen zu lassen, so dass ein schützendes Gitter entsteht.

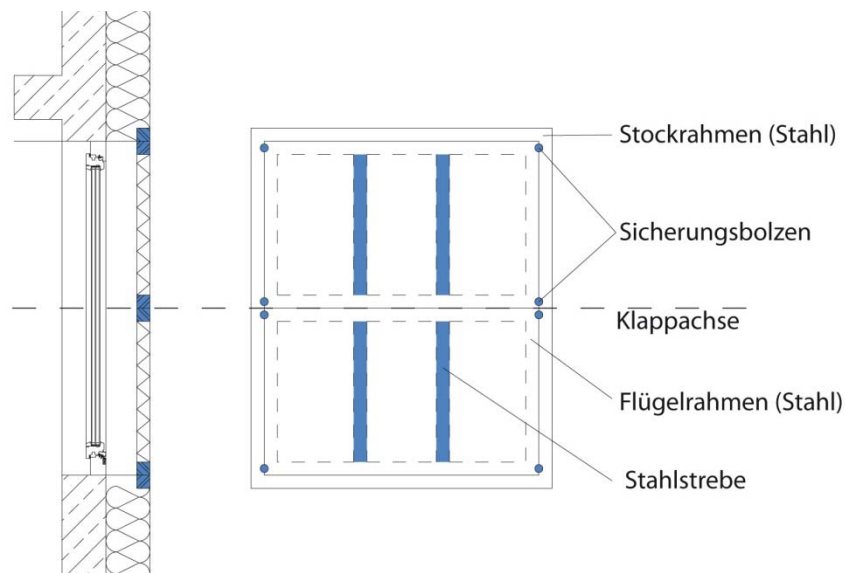


Abbildung 93: Entwurfsskizze eines einbruchsicheren Dämm Ladens mit Verstärkter Dämmplatte²⁰¹

Solche Systeme wären besonders interessant bei Wochenendhäusern, Botschaftsgebäude o.ä. Eine solche Widerstandsklasse gibt es noch nicht. Außerdem sind widerstandsfähige Platten billiger als Panzerglas.

²⁰¹ Quelle: Vom Verfasser.



5.9 Schutz gegen Naturgewalten

Unter den mechanischen Belastungen, die ein Fenster widerstehen muss, kommen nicht nur hohe Windlasten, sondern auch extreme Naturgewalten wie Lawinen, Muren, Hochwasser oder auch Tornados vor. Für diese Art von Belastungen herrschen stricte Vorgaben. Diese Phänomäne treten jedoch nur in gewissen Zeitabständen auf und das Fenster ist solch widrigen Bedingungen nicht ständig ausgesetzt. Es gibt bereits Spezialkonstruktionen in Fensterladenausführung für diesen Zweck. Die folgenden Abbildungen zeigen Beispiele dieser speziellen Konstruktionsweise.

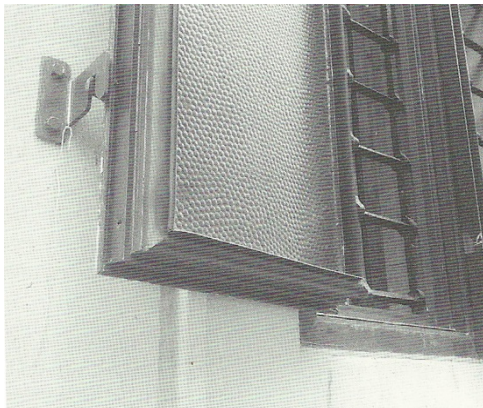


Abbildung 94: Wasserdichte Fensterläden in historischem Bestand (© Friedrich Mühling)²⁰²



Abbildung 95: Wasserdichte Fensterläden (© Friedrich Mühling)²⁰³

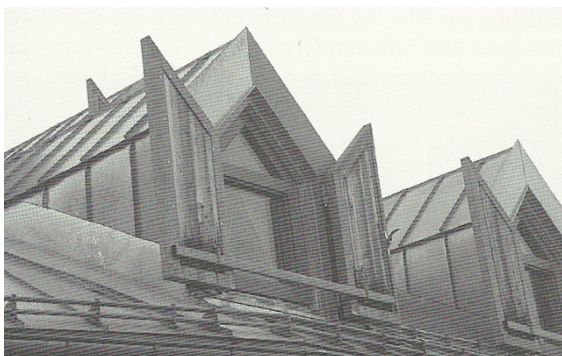


Abbildung 96: Verstärkte Fensterläden aus Holz gegen Lawinendrücke zum Schutz von Dachgaupen (©Siegfried Sauermoser)²⁰⁴



Abbildung 97: Verstärkte Fensterläden aus Holz gegen Lawinendrücke (©Siegfried Sauermoser)²⁰⁴

Ein Dämmladen kann in verstärkter Form wasserdicht sein, Muren und Lawinen vorm Eindringen ins Haus abhalten und das Fenster vor Steinschlag oder Hagel schützen. Im folgenden Detail (M 1:5) wird der Einbau eines Dämmladens an einem doppelschaligen Wandaufbau (W 2), der für hochwasser- und lawinengefährdete Bauten geeignet ist, gezeigt. Somit erspart man sich spezielle Fensterkonstruktionen und Bestandsbauten können nachgerüstet werden.

W 1: 25 cm Stahlbeton; 16 cm Wärmedämmung; 2 cm Putz

W 2: 25 cm Stahlbeton; 0,5 cm zweilagige Abdichtbahn; 16 cm Wärmedämmung; 12 cm Stahlbeton (Prallwand)

²⁰² Quelle: Suda/Rudolf-Miklau, 2012, S.355.

²⁰³ Quelle: Suda/Rudolf-Miklau, 2012, S.356.

²⁰⁴ Quelle: Suda/Rudolf-Miklau, 2012, S.359.

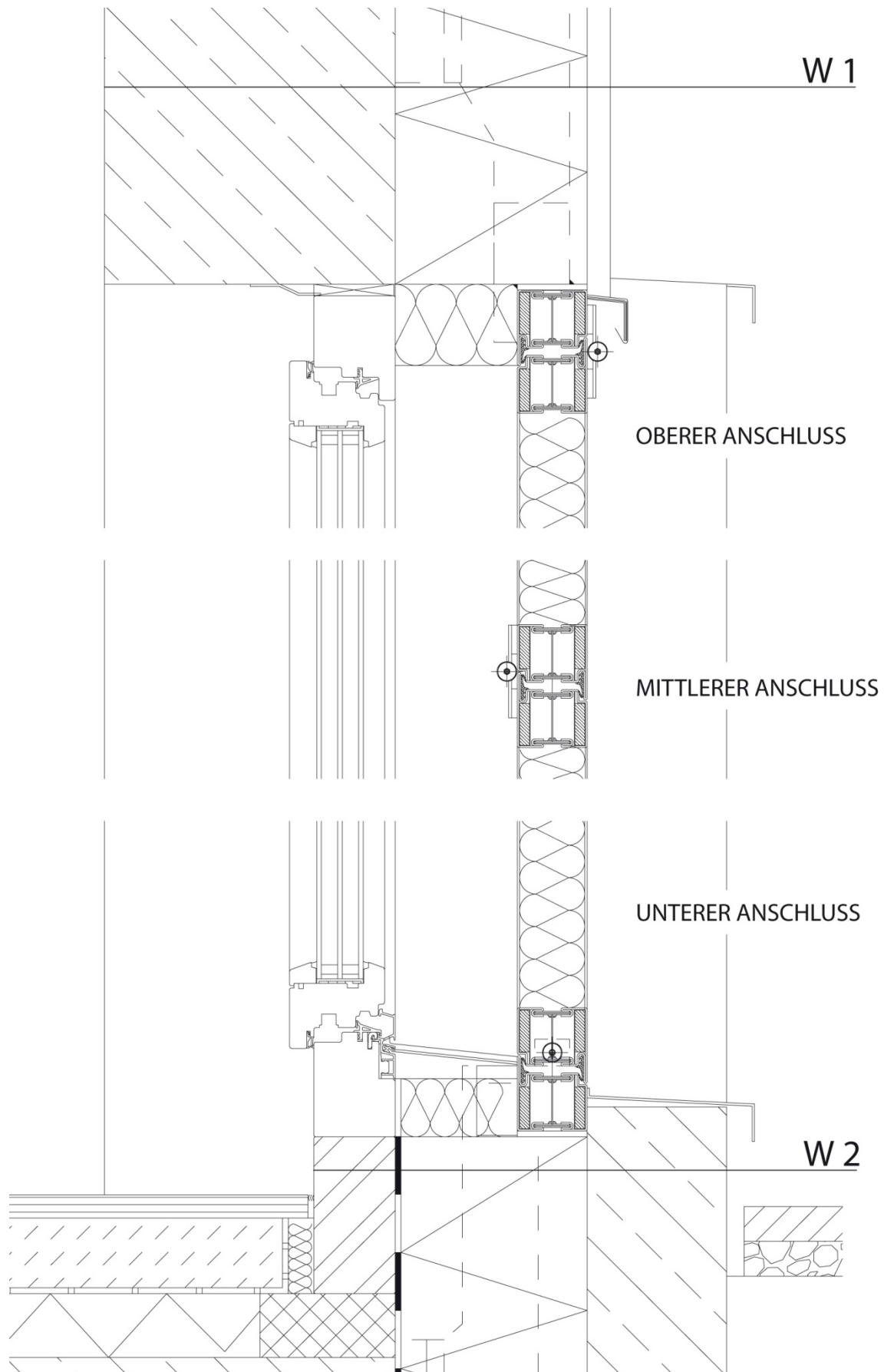


Abbildung 98: Vertikalschnitt eines wasserdichten Dämmfadens in Verbund mit einer vorgesetzten Prallwand (M 1:5)²⁰⁵

²⁰⁵ Quelle: Vom Verfasser.

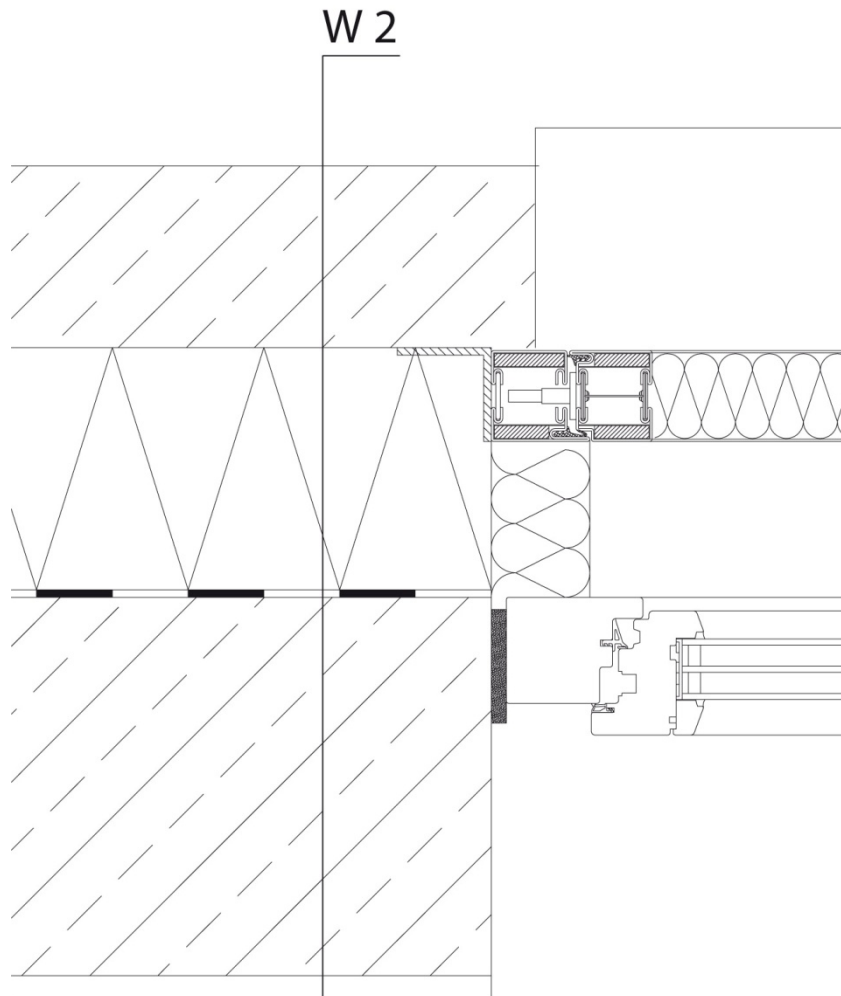


Abbildung 99: Horizontalschnitt eines wasserdichten Dämmfadens in Verbund mit einer vorgesetzten Prallwand (M 1:5)²⁰⁶

²⁰⁶ Quelle: Vom Verfasser.



6 Ökobilanzierung des Bauteiles

Da ein Dämmladen aus verschiedensten Materialkombinationen bestehen kann, wurde zuerst das Basisbauteil des Rahmens und der Dämmplattenmaterialien eigens beleuchtet. Bezug wird auf GWP100, AP und PENRT genommen. Die Werte beziehen sich auf die Herstellungsphase (A1 - A3 gemäß ÖNORM EN 15804) auch „cradle to gate“ genannt. Die folgenden drei Definitionen sind Zitate von www.baubook.at.

- **GWP100 Summe Globales Erwärmungspotential**

„Global warming potential: Beitrag der Treibhausgasemissionen zur globalen Erwärmung. Der Indikator ‚GWP, Summe‘ beinhaltet sowohl den Beitrag der Treibhausgasemissionen zur globalen Erwärmung als auch die in Biomasse gespeicherten Kohlendioxidmengen. Das Globale Erwärmungspotenzial wird für einen Zeithorizont von 100 Jahren (GWP100) gemäß CML 2001 v3.9 ermittelt und in kg-CO₂-Äquivalenten angegeben.“²⁰⁷

- **AP Versauerungspotential von Boden und Wasser**

„Acidification potential for soil and water: Beitrag zur Versauerung von Boden und Wasser. Versauerung wird hauptsächlich durch die Wechselwirkung von Stickoxid- (Nox) und Schwefeldioxidgasen (SO₂) mit anderen Bestandteilen der Luft verursacht. Zu den eindeutig zugeordneten Folgen zählt u.a. die Versauerung von Seen und Gewässern, welche zu einer Dezimierung der Fischbestände in Zahl und Vielfalt führt. Das Versauerungspotenzial wird in kg-SO₂-Äquivalenten dargestellt. Für die Berechnung werden die durchschnittlichen ‚Europäischen Säurebildungspotenziale‘ gemäß CML 2001 v3.9 verwendet.“²⁰⁷

- **PENRE Nicht erneuerbare Primärenergie, als Energieträger**

„Als Primärenergieinhalt (abgekürzt PE) wird der zur Herstellung eines Produktes oder einer Dienstleistung erforderliche Gesamtbedarf an energetischen Ressourcen bezeichnet. Der PE wird in MJ angegeben aus dem unteren Heizwert der eingesetzten energiehaltigen Ressourcen berechnet. Im ‚PENR‘ wird der Primärenergieinhalt aller nicht erneuerbaren Ressourcen (Erdöl, Kohle, etc.) angeführt. Der ‚PENRE‘ enthält nur die energetisch genutzten Ressourcen.“²⁰⁷

Tabelle 41: Ökobilanzierung auf Rahmen- und Plattenmaterial aufgeteilt²⁰⁷

Rahmen	GWP 100 [kg CO ₂ equ./m ²]	AP [kg SO ₂ equ./m ²]	PENRT [MJ/m ²]
Schüco ASS 70.HI (Aluminium)	256,00	1,12	3.781,00
ACTUAL MATRIX Kunststoff-Fensterrahmen	151,00	0,56	3.404,00
Gaulhofer Holzfensterrahmen NATURELINE 78 Fichte	-33,00	0,31	1.102,00
Stahlrahmenfenster	86,00	0,41	1.576,00
Dämmplatten			
Gaulhofer Wärmeschutzglas GM05 (Dreifach Isolierverglasung)	40,80	0,31	534,00
Gaulhofer Wärmeschutzglas GM10	25,00	0,19	314,00
AUSTROTHERM EPS F PLUS 6 cm	3,75	0,01	89,01
AUSTROTHERM XPS TOP 30	7,56	0,03	168,48
ROCKWOOL Dämmplatte RP-XV	18,53	0,14	205,44
STEICO universal	-13,02	0,06	233,28
Vacupor NT	40,18	0,19	744,26

²⁰⁷ Quelle: <http://www.baubook.at> (24.07.2015).

So wie in Tabelle 41 könnten die Werte der verschiedenen Dämmplatten in einem EPD (Environmental Product Declaration) aussehen.

Tabelle 42: Ökologische Bewertung von Dämmplatten in verschiedener Ausführung²⁰⁸

ZUSAMMENGESETZTES BAUTEIL		GWP 100 [kg CO2 equ./m ²]	AP [kg SO2 equ./m ²]	PENRT [MJ/m ²]
DÄMMPLATTE		RAHMEN: Schüco ASS 70.HI (Aluminium)		
	Gaulhofer Wärmeschutzglas GM05 (Dreifach)	296,80	1,43	4.315,00
	Gaulhofer Wärmeschutzglas GM10	281,00	1,31	4.095,00
	AUSTROTHERM EPS F PLUS 6 cm	259,75	1,13	3.870,01
	AUSTROTHERM XPS TOP 30	263,56	1,15	3.949,48
	ROCKWOOL Dämmplatte RP-XV	274,53	1,26	3.986,44
	STEICO universal	242,98	1,18	4.014,28
	Vacupor NT	296,18	1,31	4.525,26
DÄMMPLATTE		RAHMEN: ACTUAL MATRIX Kunststoff- Fensterrahmen		
	Gaulhofer Wärmeschutzglas GM05 (Dreifach)	191,80	0,87	3.938,00
	Gaulhofer Wärmeschutzglas GM10	176,00	0,75	3.718,00
	AUSTROTHERM EPS F PLUS 6 cm	154,75	0,57	3.493,01
	AUSTROTHERM XPS TOP 30	158,56	0,59	3.572,48
	ROCKWOOL Dämmplatte RP-XV	169,53	0,69	3.609,44
	STEICO universal	137,98	0,62	3.637,28
	Vacupor NT	191,18	0,75	4.148,26
DÄMMPLATTE		RAHMEN: Gaulhofer Holzfensterrahmen NATURELINE 78 Fichte		
	Gaulhofer Wärmeschutzglas GM05 (Dreifach)	7,80	0,62	1.636,00
	Gaulhofer Wärmeschutzglas GM10	-8,00	0,50	1.416,00
	AUSTROTHERM EPS F PLUS 6 cm	-29,25	0,32	1.191,01
	AUSTROTHERM XPS TOP 30	-25,44	0,33	1.270,48
	ROCKWOOL Dämmplatte RP-XV	-14,47	0,44	1.307,44
	STEICO universal	-46,02	0,37	1.335,28
	Vacupor NT	7,18	0,50	1.846,26
DÄMMPLATTE		RAHMEN: Stahlrahmenfenster		
	Gaulhofer Wärmeschutzglas GM05 (Dreifach)	126,80	0,72	2.110,00
	Gaulhofer Wärmeschutzglas GM10	111,00	0,60	1.890,00
	AUSTROTHERM EPS F PLUS 6 cm	89,75	0,42	1.665,01
	AUSTROTHERM XPS TOP 30	93,56	0,44	1.744,48
	ROCKWOOL Dämmplatte RP-XV	104,53	0,55	1.781,44
	STEICO universal	72,98	0,47	1.809,28
	Vacupor NT	126,18	0,60	2.320,26

²⁰⁸ Datenquelle: <http://www.baubook.at> (24.07.2015).

7 Leitdetails

In diesem Abschnitt werden Ausführungspläne für einen Schiebe- Faltdämmladen dargestellt. Der konstruierte Dämmladen besteht aus Stahlprofilen und ist in der thermischen Hülle eines Gebäudes angebracht. So könnte auch ein Dämmladen bei einer Gebäudesanierung aussehen.

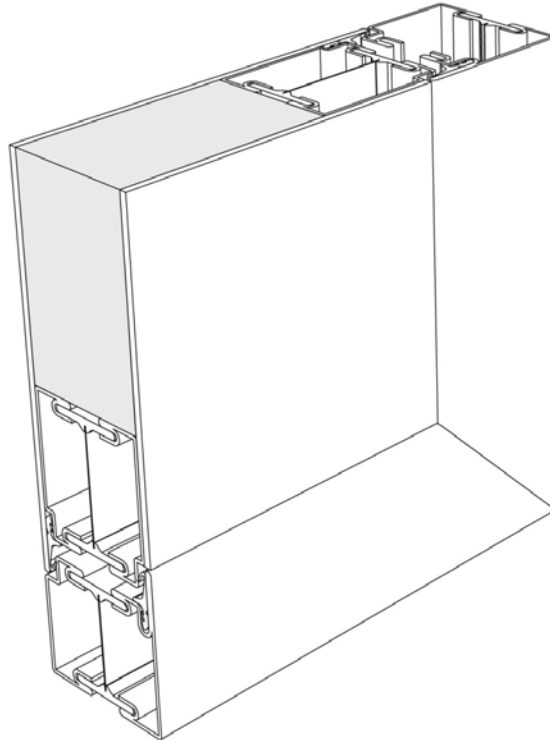


Abbildung 100: Dreidimensionale Liniengrafik eines Dämmladens²⁰⁹

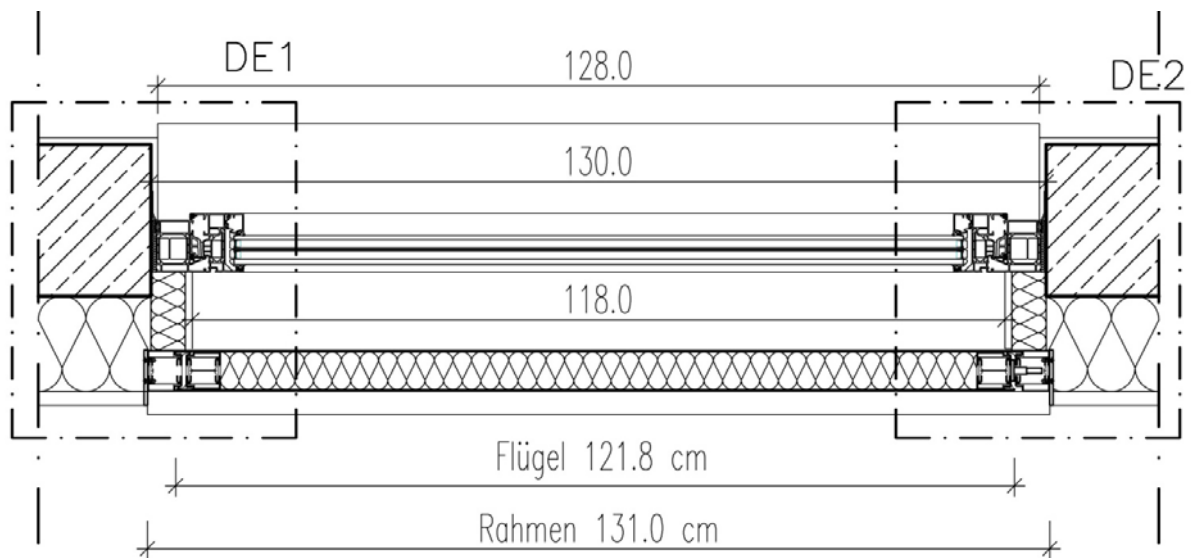


Abbildung 101: Horizontalschnitt (M 1:20)²⁰⁹

²⁰⁹ Quelle: Vom Verfasser.

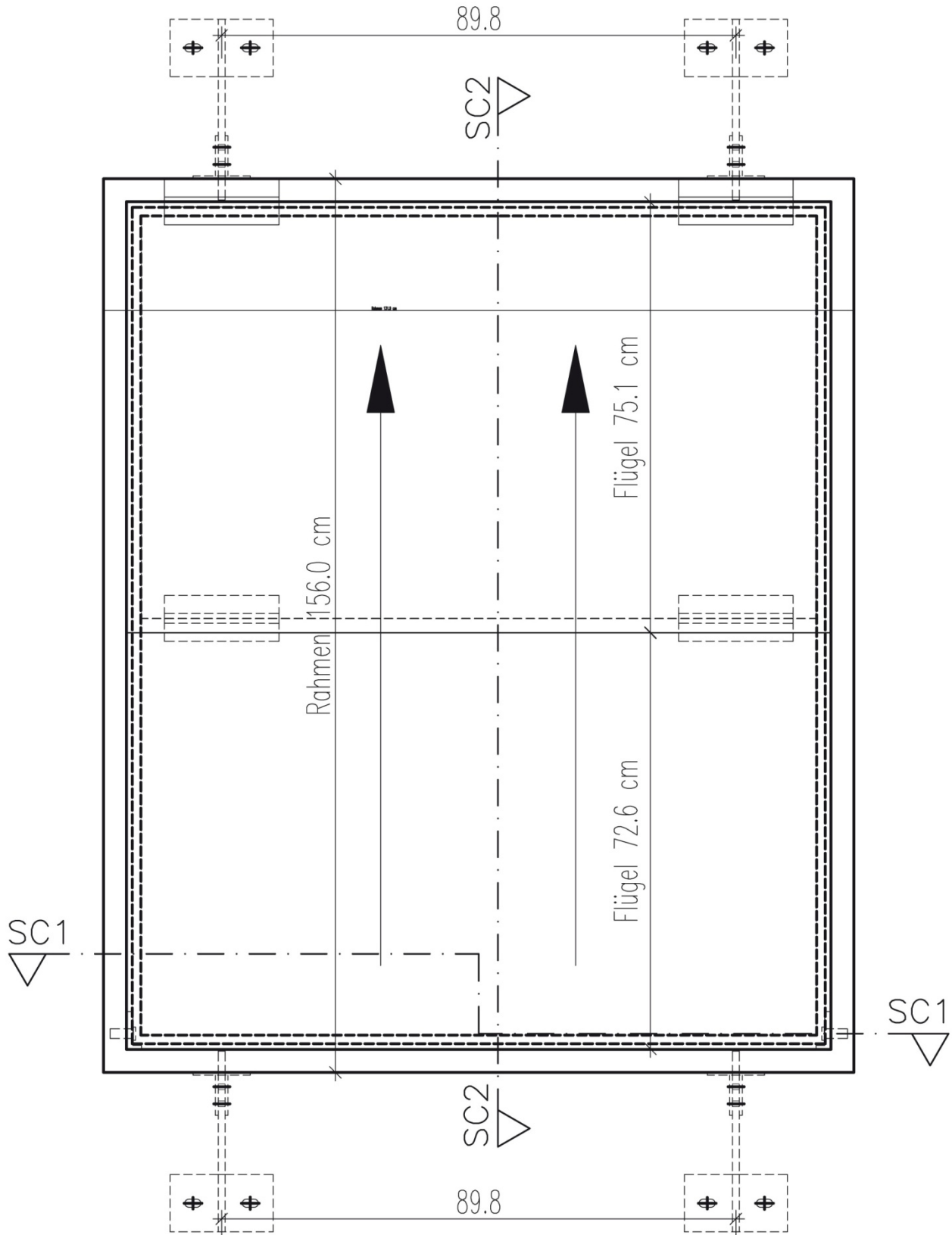


Abbildung 102: Ansicht (M 1:20)²¹⁰

²¹⁰ Quelle: Vom Verfasser.

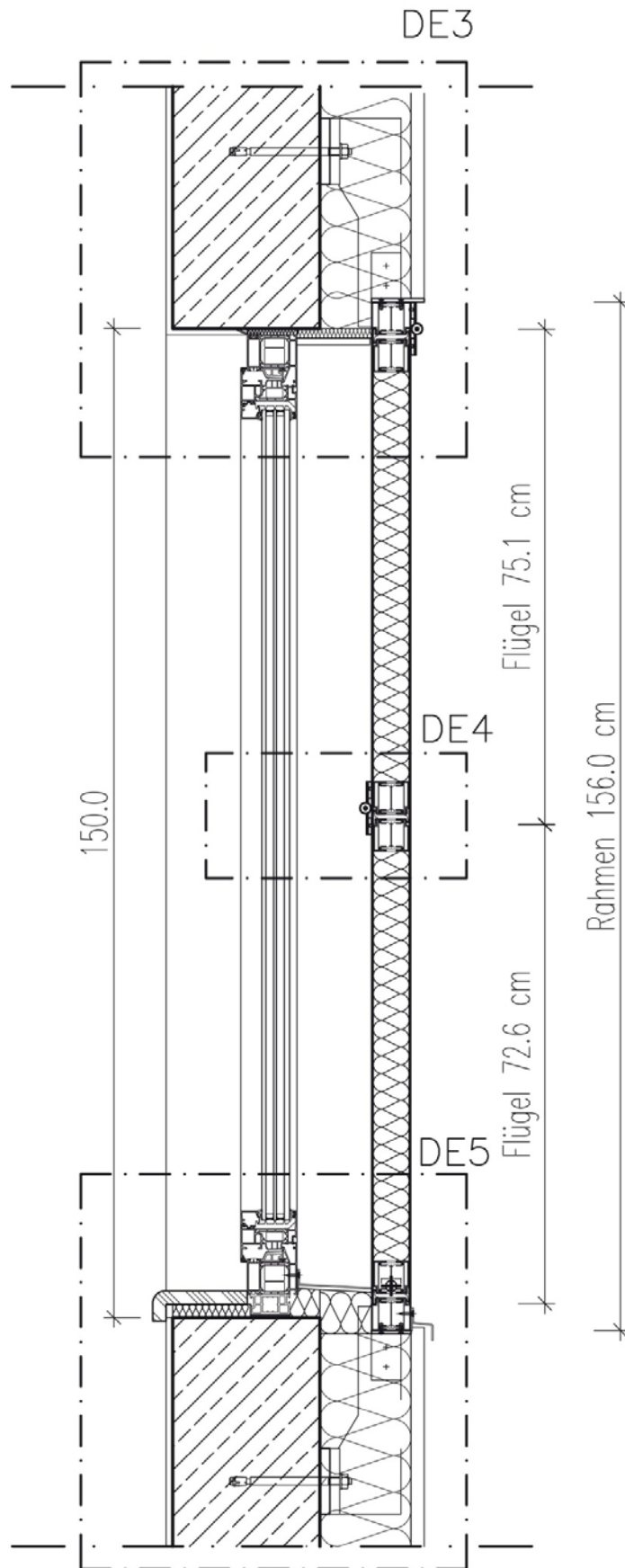


Abbildung 103: Vertikalschnitt mit geschlossenem Abschluss (M 1:20)²¹¹

²¹¹ Quelle: Vom Verfasser.

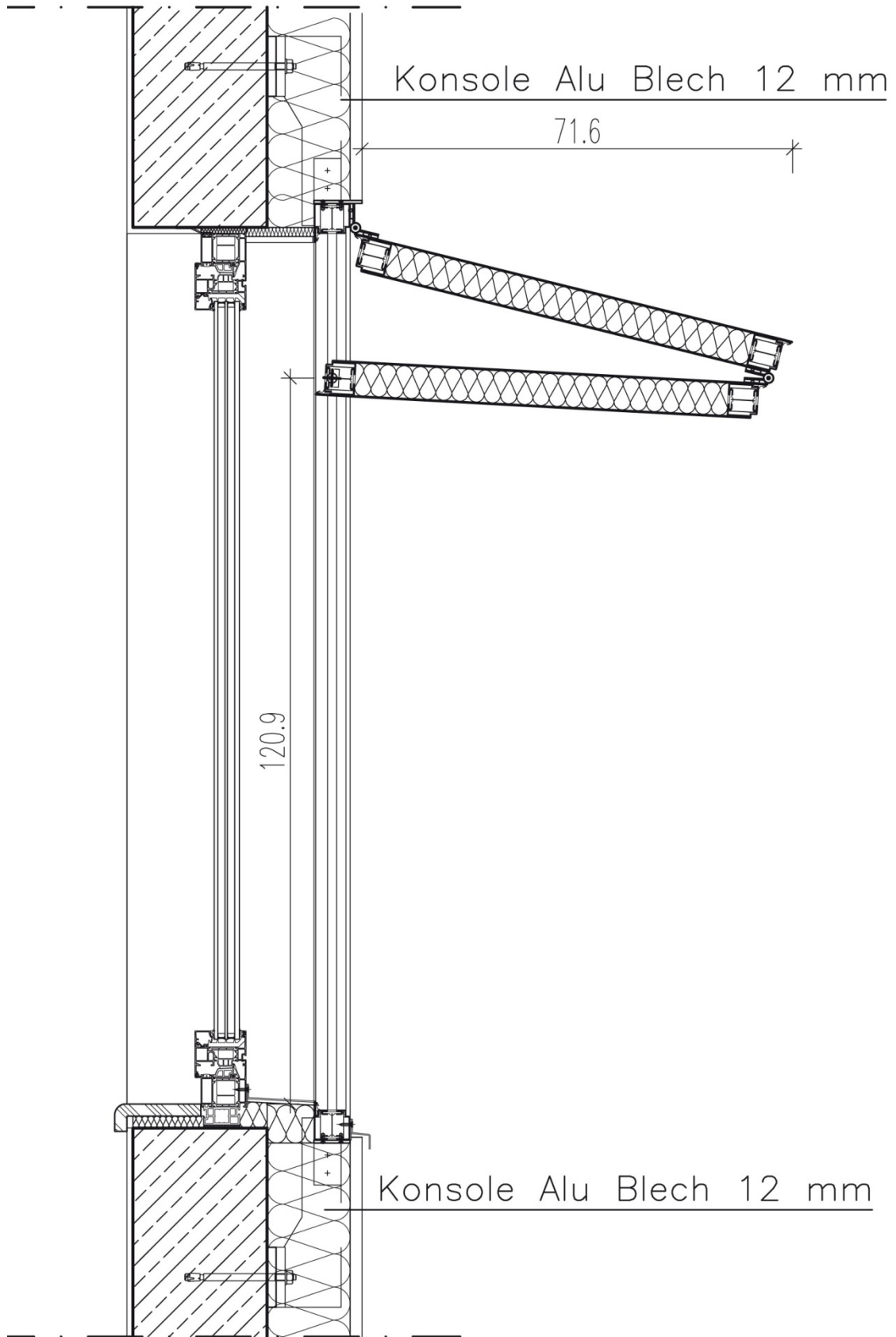


Abbildung 104: Vertikalschnitt mit offenem Abschluss (M 1:20)²¹²

²¹² Quelle: Vom Verfasser.

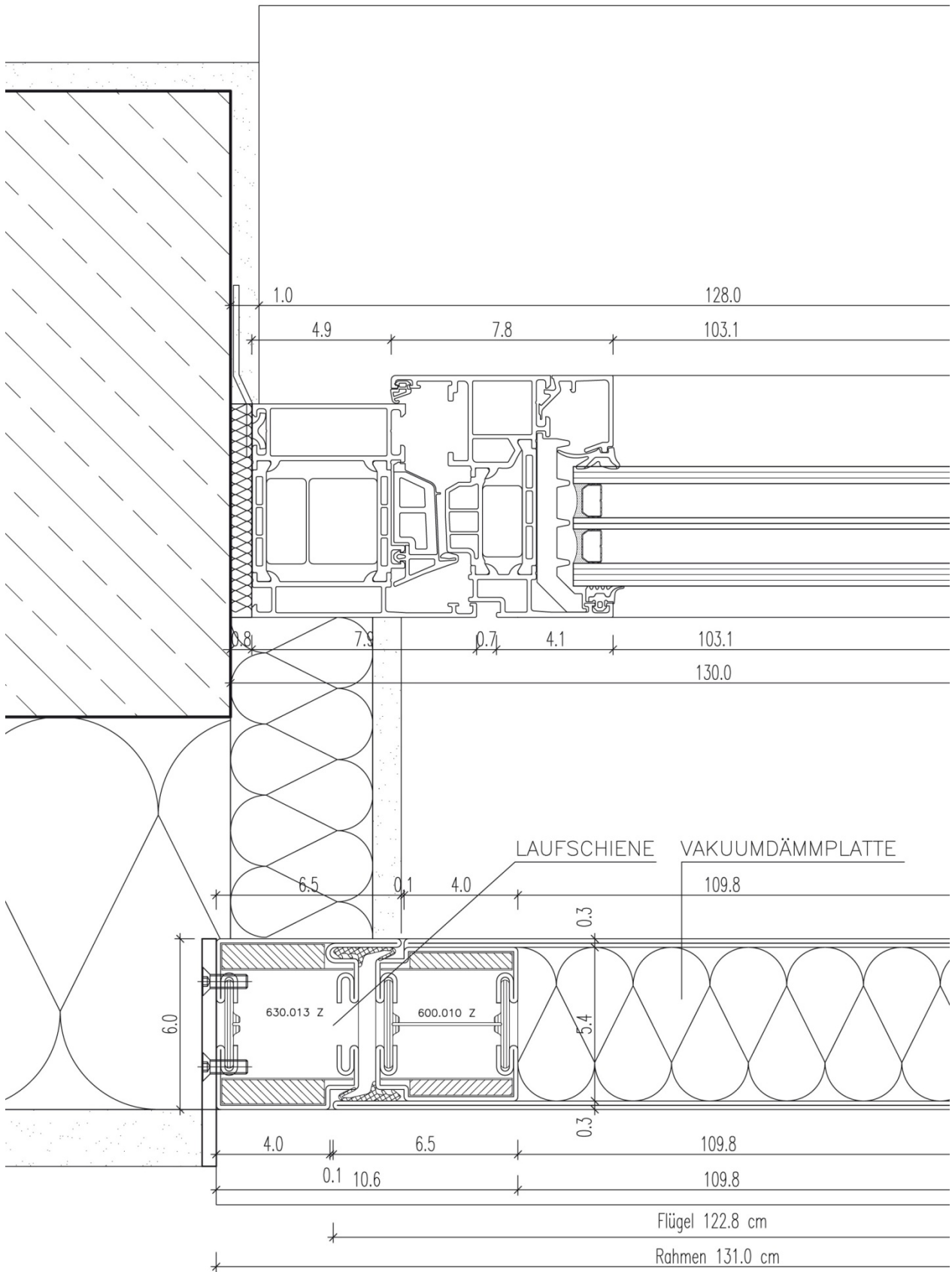


Abbildung 105: Detailschnitt 1 (M 1:2)²¹³

²¹³ Quelle: Vom Verfasser.

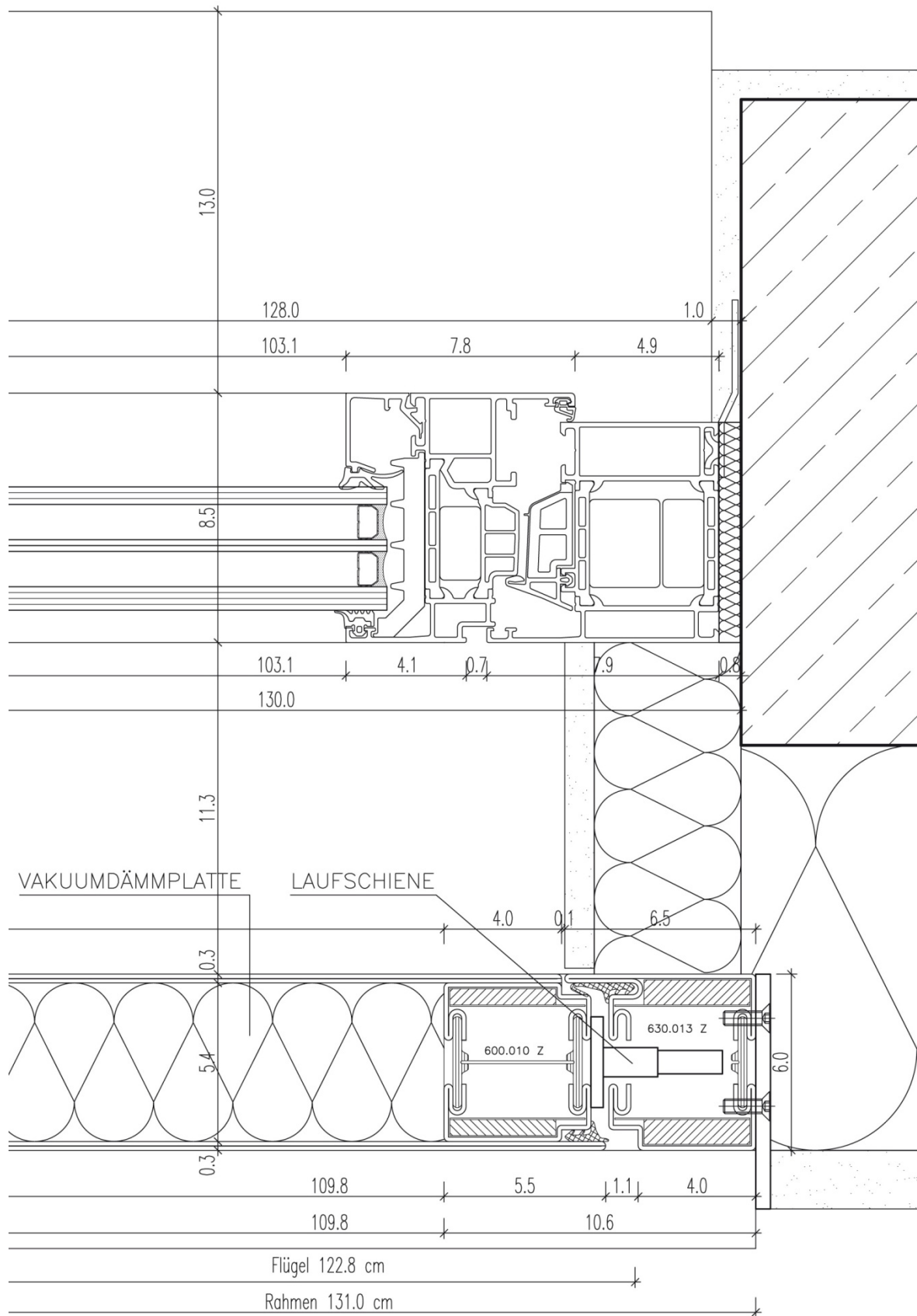


Abbildung 106: Detailschnitt 2 (M 1:2)²¹⁴

²¹⁴ Quelle: Vom Verfasser.

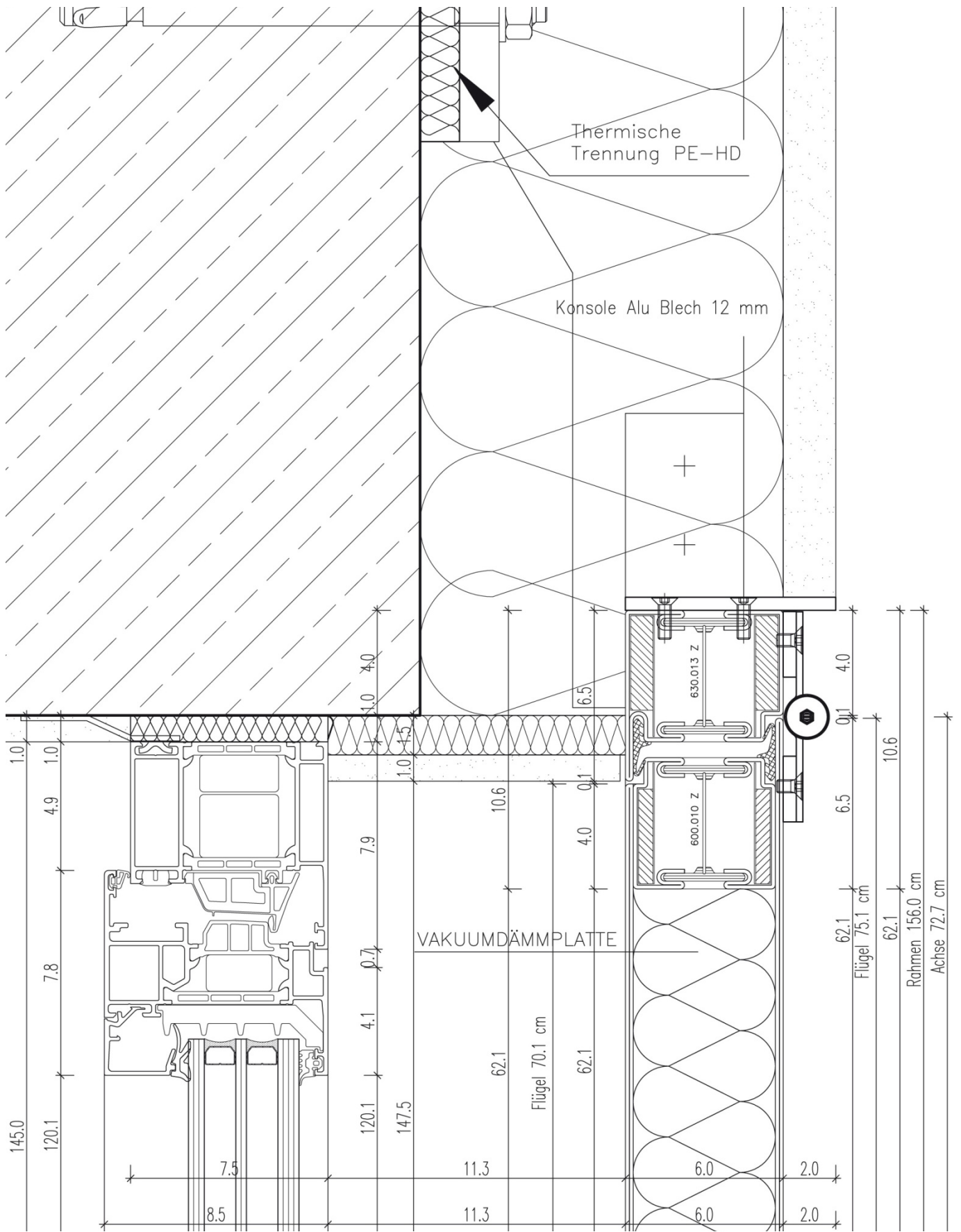


Abbildung 107: Detailschnitt 3 (M 1:2)²¹⁵

²¹⁵ Quelle: Vom Verfasser.

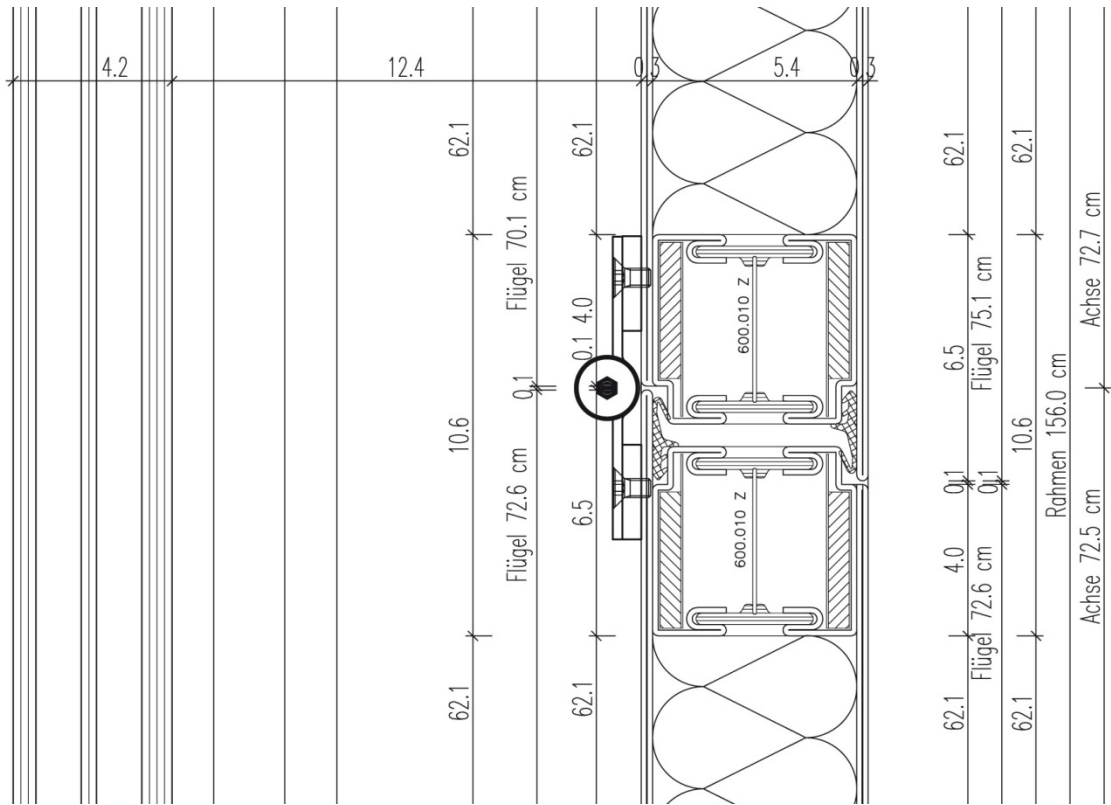


Abbildung 108:Detailschnitt 4 (M 1:2)²¹⁶

²¹⁶ Quelle: Vom Verfasser.

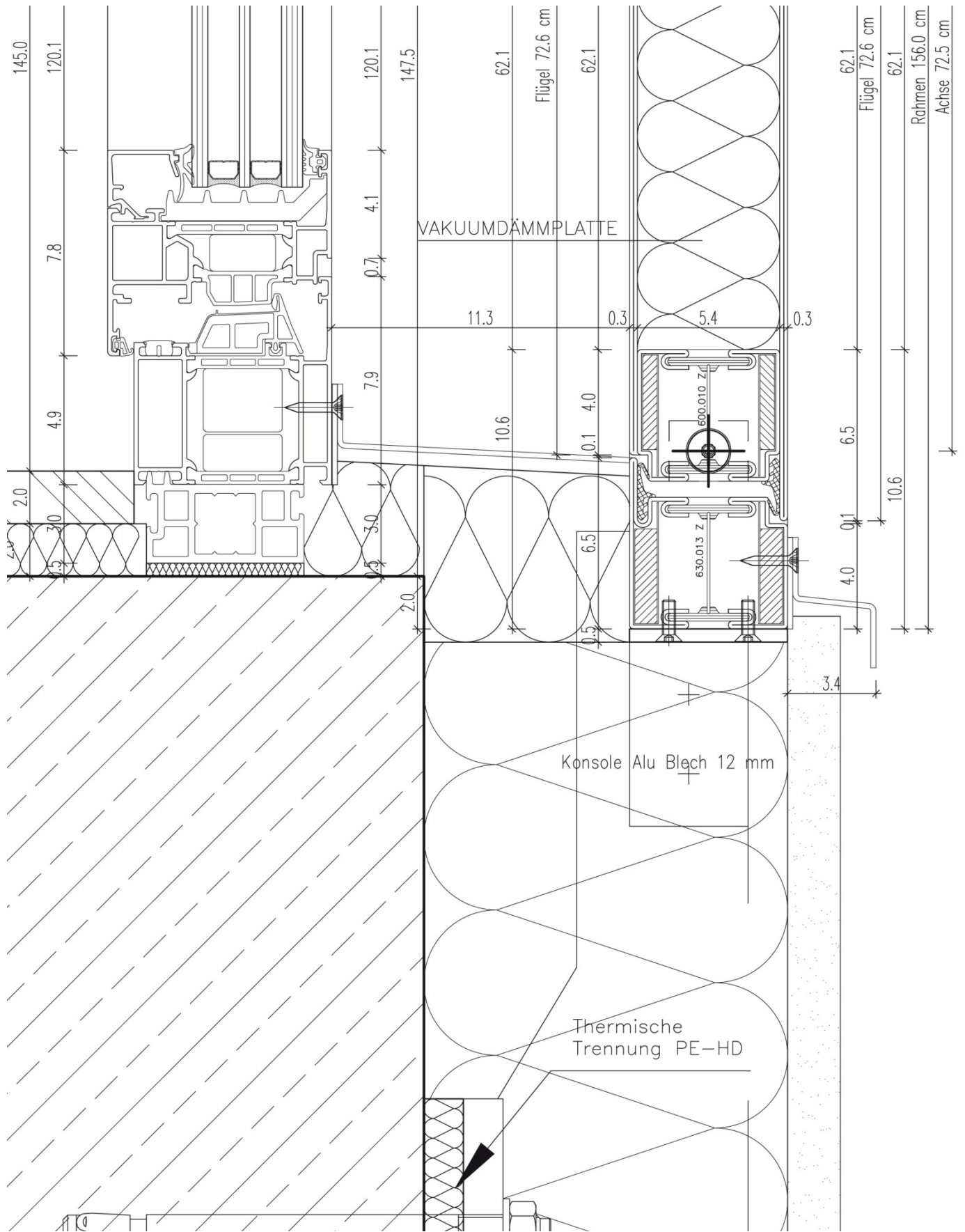


Abbildung 109: Detailschnitt 5 (M 1:2)²¹⁷

²¹⁷ Quelle: Vom Verfasser.

8 Simulationen

Im Zuge der Arbeit wurden verschiedenen Dämmloadenkonfigurationen simuliert um dessen Potential als auch Schwachstellen zu eruieren. Anfangs wurde eine statische Wärmebrückensimulation mit der Software „Antherm®“²¹⁸ durchgeführt um sicherzustellen, dass keine Wärmebrücken und in Folge dessen Kondenswasser in der Konstruktion entsteht. Um das Potential der temporären Dämmung aufzuzeigen, wird eine dynamische Simulation mit der Software „TRNSYS®“²¹⁹ für verschiedene Standorte und Konstruktionskonfigurationen erstellt.

8.1 2D Wärmebrückensimulation (Antherm: EN ISO 10077)

Mit der zweidimensionalen Wärmebrückensimulation wird zuerst im Fall 1 das allein stehende Fenster ($U_w=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$) untersucht. In weiterer Folge wird im Fall 2 die Konstruktion mit einem geschlossenen Dämmloaden, bestehend aus einem Stahlrahmen und einer EPS-Dämmplatte, ergänzt. Im Fall 3 wurde die EPS-Dämmplatte durch eine Vakuum-Dämmplatte ersetzt. Die Räume werden wie folgt abgekürzt:

- i ... Innenraum
- M ... stehende Luftschicht zwischen Fenster und Dämmloaden
- e ... Außenraum

Die Simulation wurde mit einer Innentemperatur von 20°C und einer Außentemperatur von -10°C durchgeführt.

²¹⁸ Kornicki, Othelloogasse 1/RH8/2 A-1230 Wien

²¹⁹ Thermal Energy System Specialists, LLC, 22 North Carroll Street, Suite 370 Madison, WI 53703 USA

8.1.1 Fall 1: Fenster ($U_w = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$)

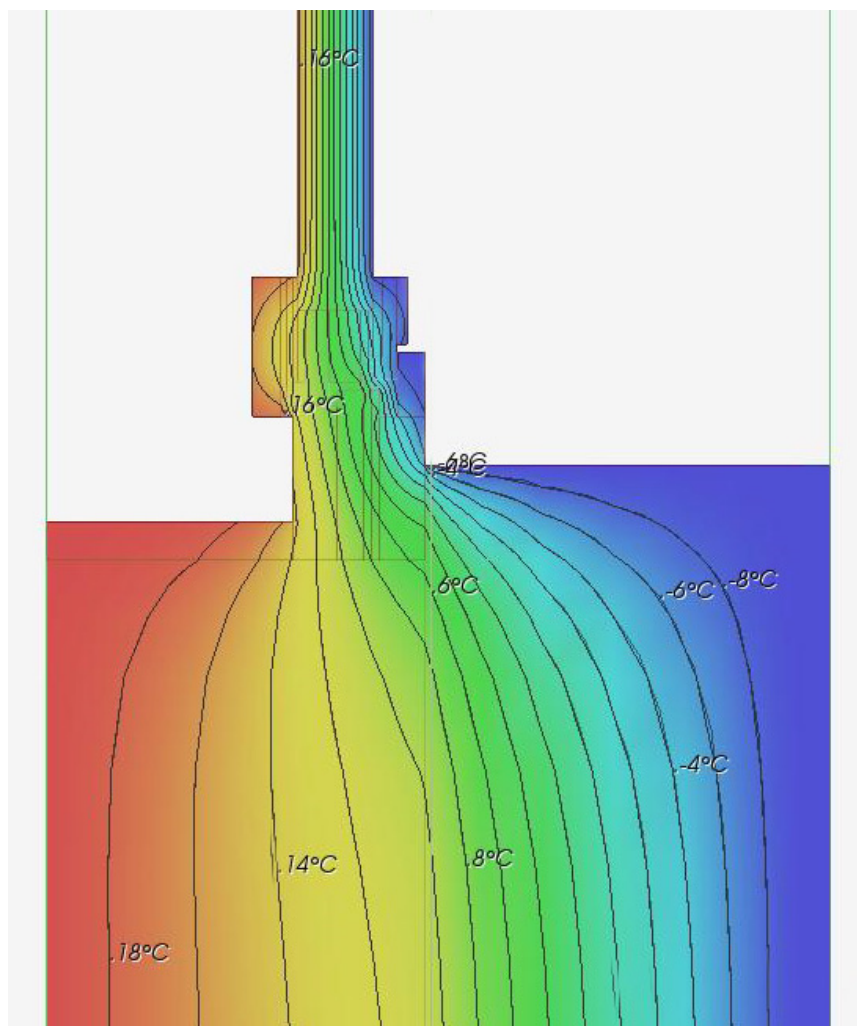


Abbildung 110: Isothermenbild eines Fensters ($U_w=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$)²²⁰

Thermische Leitwerte [$\text{W/m}^2\text{K}$]²²⁰

Raum\Raum	i	e
e		0,854604
i	0,854604	

Randbedingungen und resultierende Oberflächentemperaturen / Grenzfeuchten d. Raumluft²²⁰

	Raumtemperatur [°C]	Min. Temperatur [°C]	Max. Temperatur [°C]	Kondensat. rF [%]	f_{Rsi}
e	-10,00	-9,99	-4,40	100,00%	
i	20,00	12,60	19,84	62,41%	0,75

f^*_{Rsi} : Schimmel- und Kondensationschutzkriterien sind erfüllt.

²²⁰ Quelle: Vom Verfasser.

8.1.2 Fall 2: Dämmladen mit EPS als Plattenmaterial

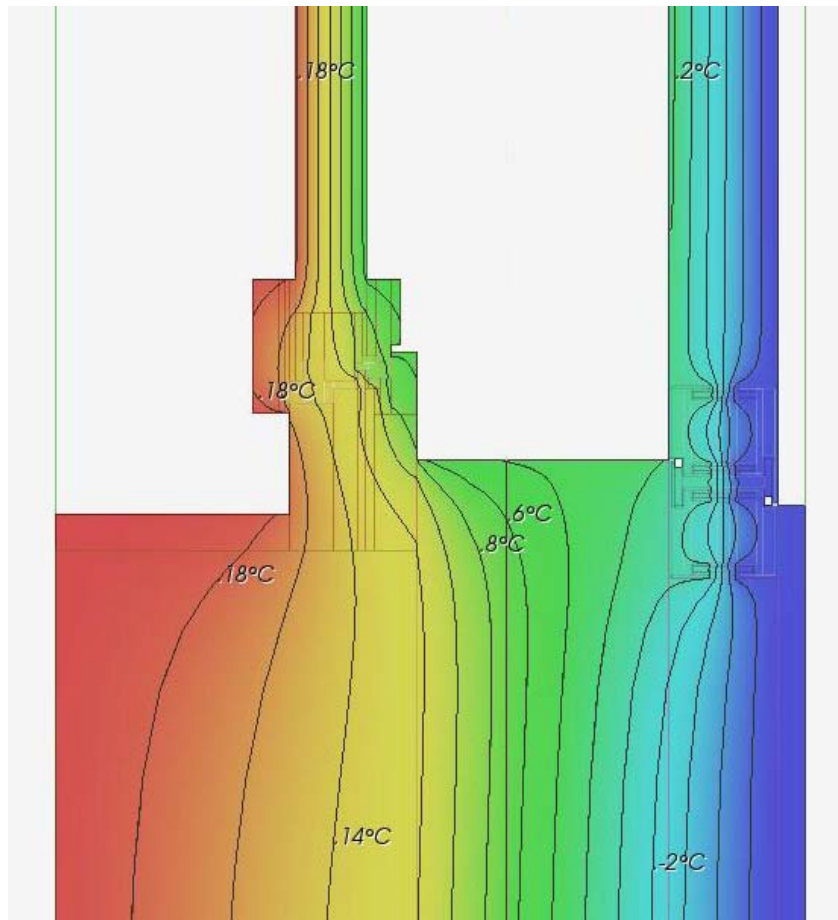


Abbildung 111: Isothermenbild eines Fensters mit Dämmladen (Stahlrahmen; EPS-Dämmplatte)²²¹

Thermische Leitwerte [W/m*K]²²¹

Raum\Raum	e	i	M
e		0,133041	0,658721
i	0,133041		0,682111
M	0,658721	0,682111	

Randbedingungen und resultierende Oberflächentemperaturen / Grenzfeuchten d. Raumluft²²¹

	Raumtemperatur [°C]	Min. Temperatur [°C]	Max. Temperatur [°C]	Kondensat. rF [%]	f _{Rsi}
e	-10,00	-9,83	-9,04	100,00%	
i	20,00	15,26	19,89	74,15%	0,84
M	2,23	-0,32	7,68	82,91%	0,79

f^{*}R_{si}: Schimmel- und Kondensationschutzkriterien sind erfüllt.

²²¹ Quelle: Vom Verfasser.

8.1.3 Fall 3: Dämmladen mit Vakuum-Dämmplatten

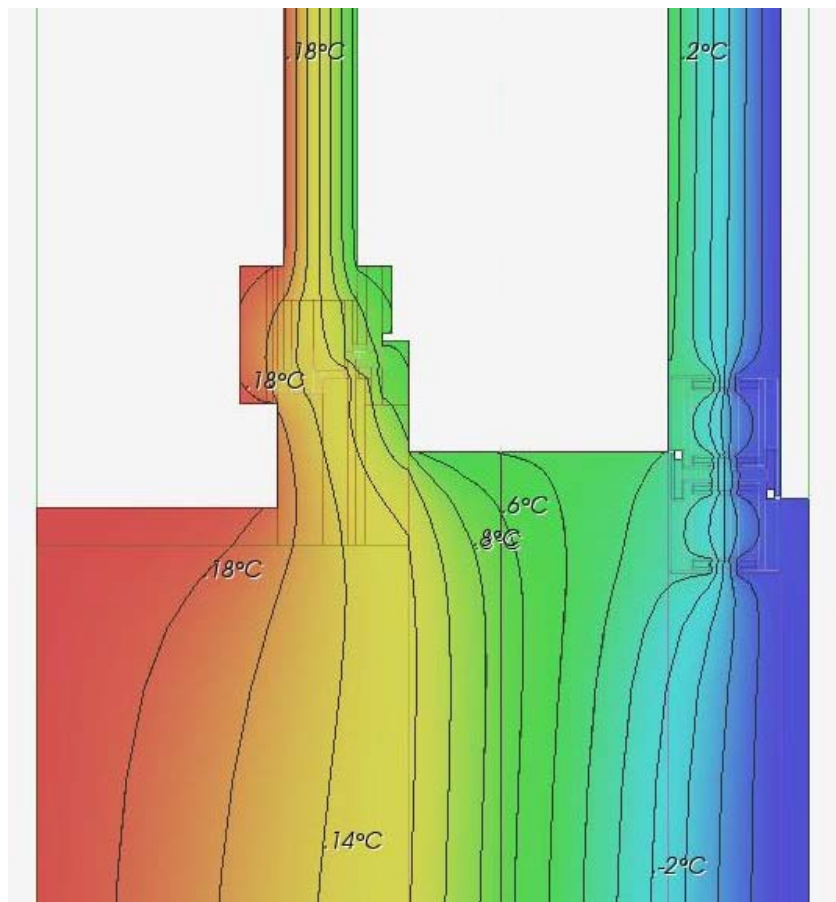


Abbildung 112: Isothermenbild eines Fensters mit Dämmladen (Stahlrahmen; Vakuum-Dämmplatte)²²²

Thermische Leitwerte [W/m*K]²²²

Raum\Raum	e	i	M
e		0,132962	0,351224
i	0,132962		0,682190
M	0,351224	0,682190	

Randbedingungen und resultierende Oberflächentemperaturen / Grenzfeuchten d. Raumluft²²²

	Raumtemperatur [°C]	Min. Temperatur [°C]	Max. Temperatur [°C]	Kondensat. rF [%]	f _{Rsi}
e	-10,00	-9,93	-8,94	100,00%	
i	20,00	15,60	19,90	75,79%	0,85
M	3,54	0,81	8,56	82,25%	0,80

f^{*}Rsi: Schimmel- und Kondensationschutzkriterien sind erfüllt.

²²² Quelle: Vom Verfasser.

8.2 Dynamische, instationäre Simulation

Im Gegensatz zu einer statischen Berechnung kann eine dynamische Computersimulation auf zeitlich veränderbaren Variablen eingehen. So kann mit einer dynamischen Computersimulation das Verhalten eines Gebäudes und dessen Komponenten in Abhängigkeit von verschiedensten Außenklimawerten berechnet werden. Eine solche Simulation soll die Realität so gut wie möglich darstellen.

8.2.1 Verwendetes Programm

TRNSYS („**TR**Ansient **S**ystem Simulation programm“) ist ein modular aufgebautes dynamisches Simulationsprogramm für Gebäude und dessen technische Anlagen. Es wurde vom „Solar Energy Laboratory“ der Universität Wisconsin-Madison entwickelt. Der große Vorteil dieses Programmes ist, dass es außer der Simulation von Mehrzonenmodellen auch technische Anlagen wie Solaranlagen, Lüftungsanlagen oder ähnliche simulieren kann. Außerdem ist der Basiscode und jede vormodellierte Komponente programmierbar.²²³ Das Programm eignet sich besonders, um Steuerungsvarianten für haustechnische Gebäudesysteme zu simulieren. Durch diese speziellen Eigenschaften des Programmes ist es möglich, bewegliche Komponenten der Fassade zu simulieren und dessen Steuerung von Klimawerten abhängig zu gestalten. Dies ist für die Simulation des Dämmfadens notwendig und der Grund weshalb dieses Simulationsprogramm für die Berechnungen herangezogen wurde.

Das Programm kann mit verschiedenen Wettermodellen arbeiten. Im Falle dieser Simulation wurden die Monatsmittelwerte von Temperatur, Global- und Diffusstrahlung aus dem PVGIS-Tool entnommen (siehe Kap. 8.2.2). Derart manipulierte Klimadaten werden als halbsynthetisch bezeichnet.

Mit den halbsynthetischen Klimadaten kann das Programm „Meteonorm“ benötigte Stundenwerte für verschiedene Standorte generieren. Für die Spezifikation der Standorte ist außerdem die Eingabe des geografischen Ortes, der Seehöhe sowie der Geländeart notwendig. Aus diesen interpolierten Stundenwerten wird ein sogenanntes Testreferenzjahr generiert, mit dem das Simulationsprogramm arbeitet.

²²³ TRNSYS 17 Documentation Volume 1 (Fassung 2014).

8.2.2 Simulationsstandorte und Klimadaten

Die drei Klimastandorte wurden so gewählt, dass alle in verschiedenen Klimazonen Österreichs liegen. Wien stellt das heiße und städtische Klima dar, wobei Innsbruck sehr gemäßigte Klimadaten aufweist und damit den ländlichen Bereich abdeckt. Da die Hauptfunktion des Dämmfadens zusätzliche Dämmung ist, wird mit dem Standort Heiligenblut das raue alpine Klima simuliert.

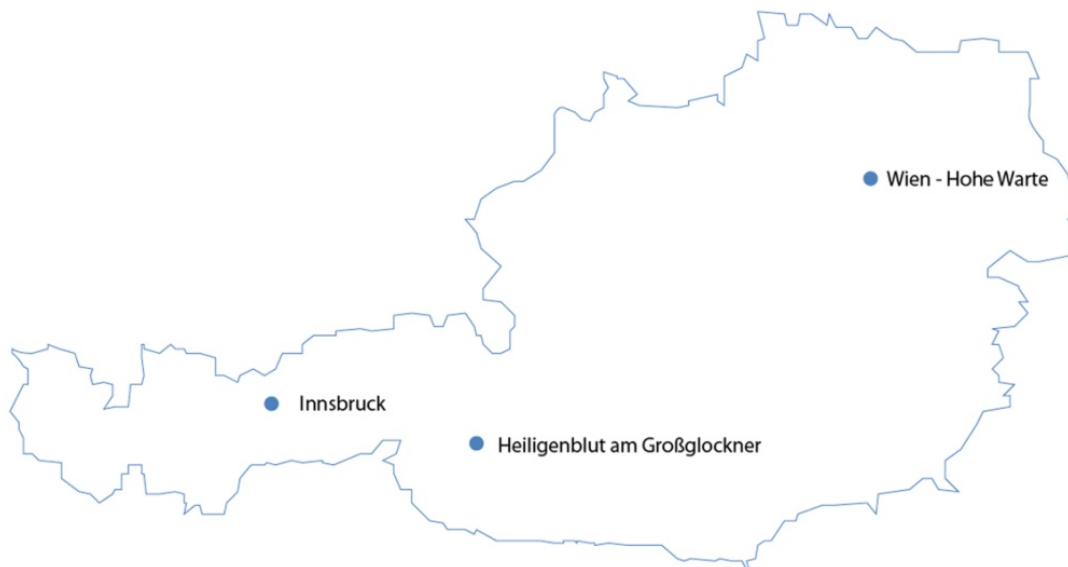


Abbildung 113: Ausgewählte Standorte für die Simulation²²⁴

Die gemittelten Klimadaten stammen aus dem Berechnungstool PVGIS (Photovoltaic Geographical System) vom europäischen Institut für Energie und Transport, das für die Berechnungen in Abschnitt 5.7 verwendet wurde. Die verwendete Datenbasis dieses Tools ist hauptsächlich aus Daten des ESRA-Projektes entstanden. Die Daten des Projektes stammen von 566 Messstationen und repräsentieren die Periode von 1981 bis 1990.²²⁵

²²⁴ Quelle: Vom Verfasser.

²²⁵ URL: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/solres/solrespvgis.htm>.

8.2.2.1 Wien – Hohe Warte

Die Bundeshauptstadt Österreichs liegt im Wiener Becken und direkt an der Donau. Die Stadt befindet sich in der nördlichen Klimazone, die außerhalb des Fönbereiches liegt. Die höchst Erhebung dieses Standortes befindet sich am Hermannskogel mit 542 Metern über Adria und der tiefste Punkt befindet sich in der Lobau auf 151 Metern über Adria. Die Hohe Warte befindet sich auf 220 Metern Seehöhe und im 19. Wiener Gemeindebezirk. Dieser Ort ist unter anderem bekannt wegen des dortigen Sitzes der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. Die mittlere monatliche Tagessumme Strahlungssumme von Globalstrahlung auf die Horizontalfläche beträgt im Juni 5619 Wh/m².



Tabelle 43: Gemittelte Klimadaten für Wien - Hohe Warte²²⁶

Seehöhe:	220 m			
Breitengrad:	48°14'57" Nord			
Längengrad:	16°21'28" Ost			
Jährliche Abminderung durch Verschattung (horizontal):	0.0 %			
Monat	Hh	DNI	D/G	T24h
01	881	933	0.71	-0.3
02	1700	1820	0.60	0.9
03	3060	2880	0.54	5.4
04	4740	4480	0.45	10.9
05	5380	4400	0.47	15.8
06	5710	4310	0.49	18.9
07	5650	4640	0.46	21.1
08	4850	4440	0.43	20.6
09	3460	3120	0.52	15.7
10	2110	2130	0.58	10.7
11	1010	1060	0.68	5.6
12	706	794	0.72	0.6
Jahr	3280	2920	0.50	10.5
Hh: Strahlungsdaten auf horizontale Fläche (Wh/m ² /Tag)				
DNI: Direktnormalstrahlung (Wh/m ² /Tag)				
D/G: Verhältnis von Diffus- zu Globalstrahlung (-)				
T24h: Monatsmittelwerte der Temperatur (°C)				
PVGIS (c) European Communities, 2001-2012				

²²⁶ Datenquelle: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>.

8.2.2.2 Innsbruck

Innsbruck ist die fünftgrößte Stadt Österreichs. Sie liegt im Westen Österreichs und ist dadurch gekennzeichnet im Föhngebiet zu liegen. Die Stadt liegt auf 574 Metern über Adria und liegt außerdem in einem Talkessel. Die klimatischen Eigenheiten zeichnen sich durch hohe Strahlungswerte über das ganze Jahr aus. Innsbruck erreicht zwar nicht so hohe Maximalwerte wie Wien, zeigt aber im Jahresmittel höhere Werte auf. Zusammenfassend verfügt Innsbruck über ein gemäßigteres Klima als Wien.

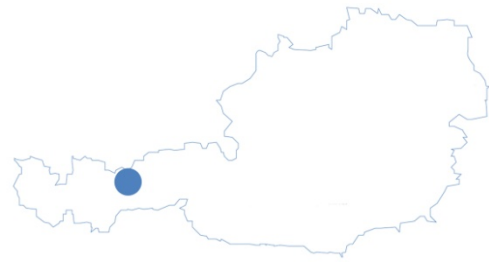


Tabelle 44: Gemittelte Klimadaten für Innsbruck²²⁷

Seehöhe:	574 m			
Breitengrad:	47°16'9" Nord			
Längengrad:	11°24'14" Ost			
Jährliche Abminderung durch Verschattung (horizontal):	0.4 %			
Monat	Hh	DNI	D/G	T24h
01	1220	1590	0.61	1.4
02	2030	2390	0.55	3.0
03	3460	3190	0.55	6.0
04	4590	4050	0.48	10.0
05	5220	3890	0.52	14.6
06	5230	3470	0.54	17.9
07	5400	4070	0.49	19.5
08	4660	4060	0.45	19.6
09	3610	3400	0.50	15.4
10	2560	2910	0.51	11.6
11	1390	1740	0.59	6.3
12	964	1260	0.64	2.1
Jahr	3370	3010	0.52	10.6
Hh: Strahlungsdaten auf horizontale Fläche (Wh/m ² /Tag)				
DNI: Direktnormalstrahlung (Wh/m ² /Tag)				
D/G: Verhältnis von Diffus- zu Globalstrahlung (-)				
T24h: Monatsmittelwerte der Temperatur (°C)				
PVGIS (c) European Communities, 2001-2012				

²²⁷ Datenquelle: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>.

8.2.2.3 Heiligenblut am Großglockner

Heiligenblut wurde wegen seines alpinen Klimas gewählt. Da der Ort auf 1302 Metern Seehöhe liegt sind die mittleren Temperaturen sehr niedrig. Die Strahlungswerte sind etwas niedriger wegen der Horizontverschattung, die durch die Lage im Gebirge zustande kommt.

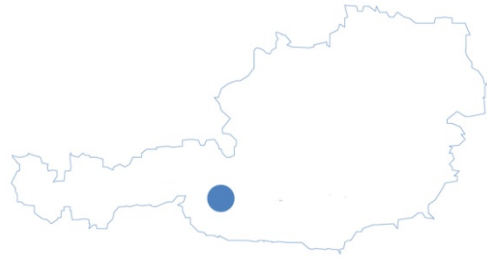


Tabelle 45: Gemittelte Klimadaten für Heiligenblut am Großglockner²²⁸

Seehöhe:	1302 m			
Breitengrad:	47°2'23" Nord			
Längengrad:	12°50'35" Ost			
Jährliche Abminderung durch Verschattung (horizontal):	4.5 %			
Monat	Hh	DNI	D/G	T24h
01	907	529	0.83	-4.2
02	1570	893	0.76	-3.0
03	2950	1680	0.69	0.6
04	4000	2330	0.64	4.8
05	4890	2920	0.59	9.1
06	4940	2690	0.61	13.0
07	5050	3090	0.57	15.2
08	4220	2920	0.54	15.1
09	3390	2510	0.56	10.7
10	2060	1540	0.65	6.8
11	1020	684	0.77	1.9
12	711	387	0.86	-2.8
Jahr	2980	1850	0.62	5.6
Hh: Strahlungsdaten auf horizontale Fläche (Wh/m ² /Tag)				
DNI: Direktnormalstrahlung (Wh/m ² /Tag)				
D/G: Verhältnis von Diffus- zu Globalstrahlung (-)				
T24h: Monatsmittelwerte der Temperatur (°C)				
PVGIS (c) European Communities, 2001-2012				

²²⁸ Datenquelle: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>.

8.2.3 Simulierter Raum

Der simulierte Raum stellt einen Raum innerhalb eines beheizten Gebäudes dar. Dies wurde so gewählt um die Auswirkungen von vorhandenen Fensterflächen in der Außenhülle besser zeigen zu können. Die Breite und die Tiefe des untersuchten Raumes inklusive der Wandaufbauten betragen 5 Meter. Der Raum wird durch Gipskartonwände gegen angrenzende beheizte Innenräume abgeschlossen und verfügt über eine Außenwand mit Fenster. Beide Deckenkonstruktionen sind die einer innenliegenden Geschosdecke und stellen die Abgrenzung zu beheizten Nebenräumen dar.

Die haustechnischen Vorgaben sind sehr einfach gewählt. Der Raum wird ab 20°C beheizt und ab 26°C gekühlt. Die inneren Wärmegewinne liegen bei 2,1 W/m²_{NF} wie auch bei einem Passivhaus üblich. Die Dichtheit des Raumes liegt bei 0,2 1/h. Die Eigenschaften des Fensters sind variabel und werden in Abschnitt 8.2.6 dargestellt. Als Dämmkern wird eine Konstruktion bestehend aus einem Stahlrahmen und einer Dämmplatte aus Vakuumdämmung eingesetzt. Die zeitliche Steuerung und die thermischen Eigenschaften des Dämmkerns sind in Abschnitt 8.2.5 zu finden.

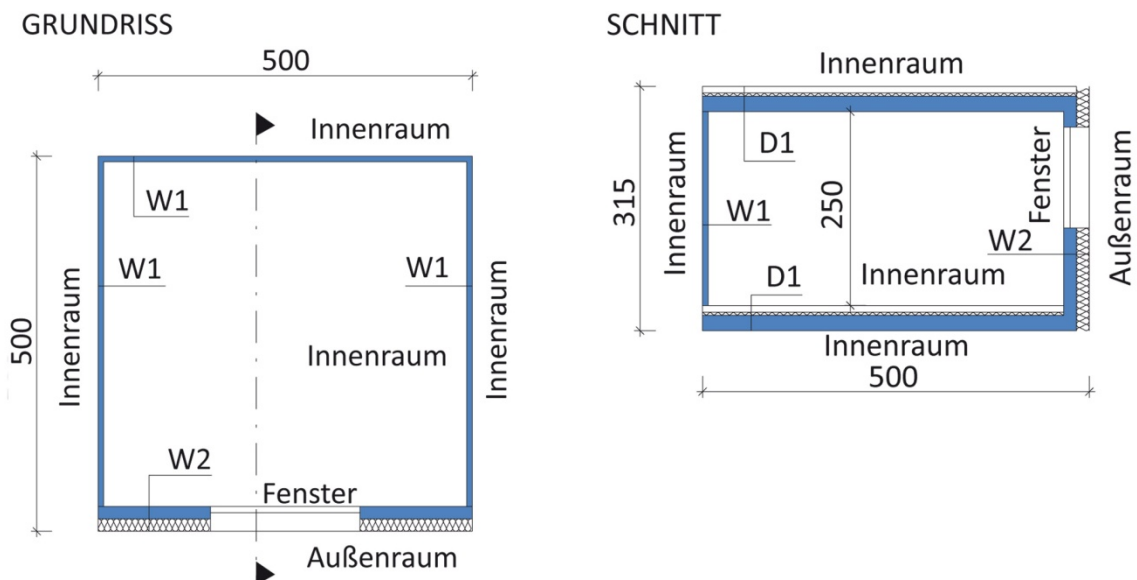


Abbildung 114: Grundriss und Schnitt des simulierten Raumes²²⁹

²²⁹ Quelle: Vom Verfasser.

8.2.4 Wandaufbauten des Simulationsmodells

W1 (Trennwand): Gesamtaufbau: 7,4 cm $U=0,652$ [W/m²K]

1,2 cm Gipskartonplatten (doppelte Beplankung)
5 cm Steinwolle
1,2 cm Gipskartonplatten (doppelte Beplankung)

W2 (Außenwand): Gesamtaufbau: 33 cm $U=0,249$ [W/m²K]

1,5 cm Putz
15 cm Stahlbeton
15 cm Wärmedämmung
1,5 cm Putz

D1 (Geschossdecke): Gesamtaufbau: 32,5 cm $U=0,792$ [W/m²K]

1 cm Bodenbelag
6 cm Schüttung
4 cm Trittschalldämmung
20 cm Stahlbeton
1,5 cm Putz

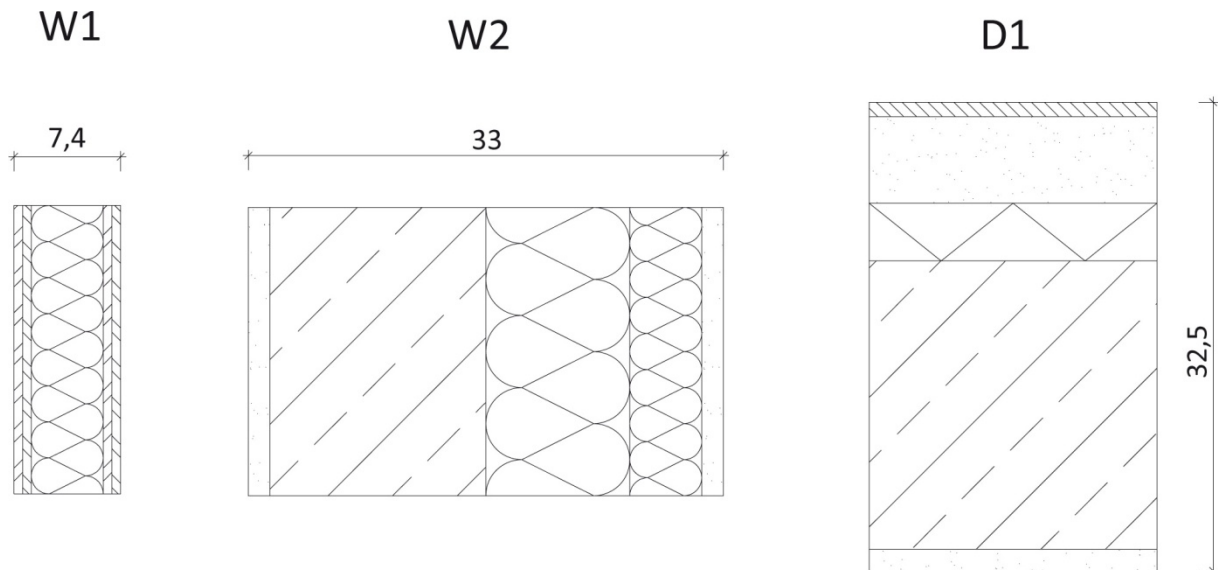


Abbildung 115: Wand- und Deckenaufbauten des Simulationsmodells²³⁰

²³⁰ Quelle: Vom Verfasser.

8.2.5 Steuerungsvorgaben und Konstruktion des Dämmloadens

Das Simulationsprogramm bietet die Möglichkeit einen Dämmloaden nach Belieben zu steuern. Die implementierte Steuerung hält sich an normative Vorgaben.

8.2.5.1 Dämmloadenkonstruktion

Der vertikale Schiebe- Klappdämmloaden, der in der Simulation Verwendung findet, besteht aus einem thermisch getrennten Rahmen- und Flügelprofil aus Stahl und einer Dämmplatte, bestehend aus Vakuumdämmung. Die dazugehörigen Leitdetails sind in Abschnitt Acht gezeigt.

Rahmen- und Flügelprofil: Jansen; Janisol (Thermisch entkoppeltes Stahlprofil) $U_f = 2,5 \text{ [W/m}^2\text{*K]}^{231}$

Dämmplatte: Porextherm Vacupor® PS-B2-S 60mm $U_p = 0,16 \text{ [W/m}^2\text{K]}^{232}$

Der zusätzliche Wärmedurchgangswiderstand, der durch den Dämmloaden und der stehenden Luftschicht entsteht, beläuft sich auf $1,5 \text{ [m}^2\text{K/W]}$ (Siehe Abschnitt 6.1).

8.2.5.2 Nachtschließung

In ÖNORM EN ISO 13790, die sich auf die Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung eines Gebäudes bezieht, wird nahegelegt, dass temporäre Dämmung bei Abschlüssen zwischen Sonnenuntergang und 7 Uhr morgens bei Tagen an denen die mittlere Tagestemperatur unter 10°C liegt, eingesetzt werden soll. Diese Steuerungsvorgabe wird in der Simulation angewandt.

8.2.5.3 Verschattung

In der Simulation wird davon ausgegangen, dass der Dämmloaden nach oben und nach unten geklappt werden kann. Um die Verschattung zu optimieren wird der Dämmloaden ebenfalls über die mittlere Tagestemperatur gesteuert. Wenn die mittlere Tagestemperatur unter 10°C fällt, wird nicht verschattet, so dass die gesamte Wärmeenergie der Sonne genutzt werden kann. An den Tagen an denen die mittlere Tagestemperatur über 10°C klettert, wird der Dämmloaden nach oben geklappt, so dass er den Raum vor Überhitzung schützen kann.

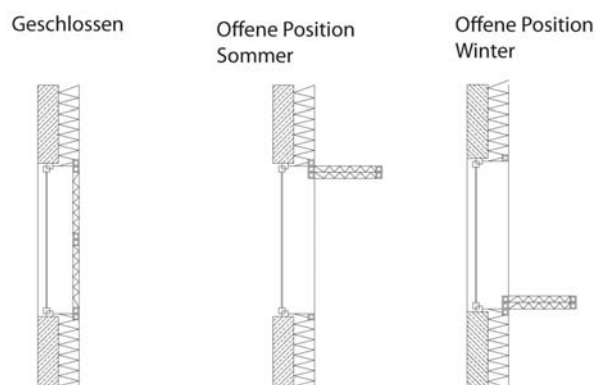


Abbildung 116: Dämmloadenpositionen im Simulationsmodell²³³

²³¹ Quelle: Katalog: *Lieferprogramm Janisol Fenster*, 2015.

²³² Datenquelle: <http://www.baubook.at> (20.03.20015).

²³³ Quelle: *Vom Verfasser*.

8.2.6 Simulationsvarianten

Die Indizes a - c beziehen sich auf den Fassadenanteil des Fensters:

- a ... die Gesamtfläche von zwei Fenstern mit den Maßen 1,3 m x 1,5 m
- b ... stellt eine Bandfassade dar, mit einem Fensterband der Höhe 1,5 m
- c ... ist der Index für eine vollverglaste Fassade, die sich von Decken-Unterkante bis Fußboden-Oberkante erstreckt

Die Indizes 1 – 3 stehen für variable Fensterarten:

- 1 ... Bestandsfenster 1978-1995
- 2 ... Bestandsfenster 1995-2008
- 3 ... Passivhausfenster

Tabelle 46: Fenstervariablen der Simulation²³⁴

		Fassadenanteil des Fensters [m ²]		
		a	b	c
Art des Fensters [W/m ² K]	1	U _w = 3 W/m ² K A _w = 1,95 m ²	U _w = 3 W/m ² K A _w = 7,5 m ²	U _w = 3 W/m ² K A _w = 12,5 m ²
	2	U _w = 1,1 W/m ² K A _w = 1,95 m ²	U _w = 1,1 W/m ² K A _w = 7,5 m ²	U _w = 1,1 W/m ² K A _w = 12,5 m ²
	3	U _w = 0,8 W/m ² K A _w = 1,95 m ²	U _w = 0,8 W/m ² K A _w = 7,5 m ²	U _w = 0,8 W/m ² K A _w = 12,5 m ²
		U _w ... Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters A _w ... Fläche des Fensters		

Zusätzlich werden alle vorherigen Varianten für die drei Standorte und die drei Himmelsrichtungen berechnet. Das ergibt eine Variantenanzahl von 81. In folgender Tabelle sind die Indexschlüssel für sämtliche Simulationsvarianten zu finden.

²³⁴ Quelle: Vom Verfasser.

Tabelle 47: Indexschlüssel für Simulationsvarianten²³⁵

		Fassadenausrichtung		
		Süden (S)	Osten / Westen (O/W)	Norden (N)
Standort: Wien - Hohe Warte (W)	Fassadenanteil und Art des Fensters	W.a.1.S	W.a.1.O/W	W.a.1.N
		W.a.2.S	W.a.2.O/W	W.a.2.N
		W.a.3.S	W.a.3.O/W	W.a.3.N
		W.b.1.S	W.b.1.O/W	W.b.1.N
		W.b.2.S	W.b.2.O/W	W.b.2.N
		W.b.3.S	W.b.3.O/W	W.b.3.N
		W.c.1.S	W.c.1.O/W	W.c.1.N
		W.c.2.S	W.c.2.O/W	W.c.2.N
		W.c.3.S	W.c.3.O/W	W.c.3.N
Standort: Innsbruck (I)	Fassadenanteil und Art des Fensters	I.a.1.S	I.a.1.O/W	I.a.1.N
		I.a.2.S	I.a.2.O/W	I.a.2.N
		I.a.3.S	I.a.3.O/W	I.a.3.N
		I.b.1.S	I.b.1.O/W	I.b.1.N
		I.b.2.S	I.b.2.O/W	I.b.2.N
		I.b.3.S	I.b.3.O/W	I.b.3.N
		I.c.1.S	I.c.1.O/W	I.c.1.N
		I.c.2.S	I.c.2.O/W	I.c.2.N
		I.c.3.S	I.c.3.O/W	I.c.3.N
Standort: Heiligenblut a. G. (H)	Fassadenanteil und Art des Fensters	H.a.1.S	H.a.1.O/W	H.a.1.N
		H.a.2.S	H.a.2.O/W	H.a.2.N
		H.a.3.S	H.a.3.O/W	H.a.3.N
		H.b.1.S	H.b.1.O/W	H.b.1.N
		H.b.2.S	H.b.2.O/W	H.b.2.N
		H.b.3.S	H.b.3.O/W	H.b.3.N
		H.c.1.S	H.c.1.O/W	H.c.1.N
		H.c.2.S	H.c.2.O/W	H.c.2.N
		H.c.3.S	H.c.3.O/W	H.c.3.N

²³⁵ Quelle: Vom Verfasser.

8.2.7 Simulationsergebnisse

Wegen der Vollständigkeit wurden auch Fensterkonfigurationen mit 100% Fassadenanteil und einem U-Wert von 3 W/m²K berechnet. Diese sind nicht üblich und daher liegt das Augenmerk in den folgenden Auswertungen auf den restlichen Varianten.

8.2.7.1 Heiz- und Kühlbedarf für das gesamte Referenzjahr

Tabelle 48: Heiz- und Kühlbedarf für Wien mit Fenster- Fassadenanteil von 20%²³⁶

Standort: Wien; Fassadenanteil: 20%; Variablen: Fensterart und Ausrichtung							
Variante		Simulation mit Dämmladen		Simulation ohne Dämmladen		Verbesserung durch Dämmladen	
		Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]	Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]	Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]
W.a.1.S	Winter	17,21	0,05	34,14	0,71	16,93	0,66
	Sommer	0,18	2,78	0,00	10,21	-0,18	7,42
	Summe	17,38	2,83	34,14	10,91	16,76	8,09
W.a.1.O/W	Winter	27,63	0,00	45,33	0,03	17,70	0,03
	Sommer	0,00	8,38	0,00	14,30	0,00	5,93
	Summe	27,63	8,38	45,33	14,33	17,70	5,96
W.a.1.N	Winter	35,08	0,00	53,67	0,00	18,60	0,00
	Sommer	0,74	2,45	0,90	3,06	0,15	0,61
	Summe	35,82	2,45	54,57	3,06	18,75	0,61
W.a.2.S	Winter	15,50	0,05	19,18	1,05	3,68	1,00
	Sommer	0,00	3,16	0,00	11,26	0,00	8,09
	Summe	15,50	3,21	19,18	12,31	3,68	9,09
W.a.2.O/W	Winter	23,04	0,00	26,65	0,05	3,61	0,05
	Sommer	0,00	7,53	0,00	13,54	0,00	6,01
	Summe	23,04	7,53	26,65	13,58	3,61	6,06
W.a.2.N	Winter	28,52	0,00	32,14	0,00	3,62	0,00
	Sommer	0,13	2,70	0,05	3,95	-0,08	1,25
	Summe	28,65	2,70	32,20	3,95	3,55	1,25
W.a.3.S	Winter	20,17	0,00	22,96	0,04	2,79	0,04
	Sommer	0,23	1,15	0,01	4,66	-0,22	3,51
	Summe	20,40	1,15	22,97	4,70	2,57	3,55
W.a.3.O/W	Winter	26,38	0,00	29,61	0,00	3,23	0,00
	Sommer	0,00	3,94	0,01	7,10	0,00	3,16
	Summe	26,38	3,94	29,62	7,10	3,24	3,16
W.a.3.N	Winter	30,76	0,00	34,47	0,00	3,71	0,00
	Sommer	0,52	0,96	0,48	1,39	-0,04	0,43
	Summe	31,28	0,96	34,95	1,39	3,67	0,43

²³⁶ Quelle: Vom Verfasser.

Tabelle 49: Heiz- und Kühlbedarf für Wien mit Fenster- Fassadenanteil von 50%²³⁷

Standort: Wien; Fassadenanteil: 50%; Variablen: Fensterart und Ausrichtung							
Variante		Simulation mit Dämmloaden		Simulation ohne Dämmloaden		Verbesserung durch Dämmloaden	
		Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]	Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]	Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]
W.b.1.S	Winter	16,90	3,50	46,13	5,50	29,23	2,00
	Sommer	0,25	5,26	0,00	25,38	-0,25	20,12
	Summe	17,15	8,76	46,13	30,88	28,98	22,12
W.b.1.O/W	Winter	30,67	0,52	63,48	1,23	32,81	0,71
	Sommer	0,01	16,13	0,00	32,45	-0,01	16,33
	Summe	30,68	16,64	63,48	33,68	32,80	17,04
W.b.1.N	Winter	42,30	0,00	76,94	0,00	34,65	0,00
	Sommer	1,01	5,86	1,08	8,71	0,07	2,85
	Summe	43,30	5,86	78,02	8,71	34,72	2,85
W.b.2.S	Winter	12,43	3,88	18,37	7,78	5,94	3,90
	Sommer	0,00	9,02	0,00	28,72	0,00	19,70
	Summe	12,43	12,90	18,37	36,50	5,94	23,60
W.b.2.O/W	Winter	22,07	1,01	29,24	2,54	7,17	1,52
	Sommer	0,00	19,27	0,00	32,49	0,00	13,21
	Summe	22,07	20,29	29,24	35,02	7,17	14,73
W.b.2.N	Winter	29,58	0,00	36,59	0,00	7,02	0,00
	Sommer	0,03	8,18	0,03	11,67	0,00	3,50
	Summe	29,61	8,18	36,62	11,67	7,02	3,50
W.b.3.S	Winter	16,85	0,41	23,13	2,00	6,27	1,59
	Sommer	0,02	3,74	0,00	14,09	-0,02	10,36
	Summe	16,87	4,14	23,13	16,09	6,25	11,95
W.b.3.O/W	Winter	26,77	0,07	33,32	0,35	6,55	0,28
	Sommer	0,00	10,95	0,00	18,59	0,00	7,63
	Summe	26,77	11,03	33,32	18,94	6,55	7,91
W.b.3.N	Winter	33,61	0,00	40,67	0,00	7,07	0,00
	Sommer	0,21	3,80	0,18	5,14	-0,03	1,33
	Summe	33,82	3,80	40,86	5,14	7,03	1,33

²³⁷ Quelle: Vom Verfasser.

Tabelle 50: Heiz- und Kühlbedarf für Wien mit Fenster- Fassadenanteil von 100%²³⁸

Standort: Wien; Fassadenanteil: 100%; Variablen: Fensterart und Ausrichtung							
Variante		Simulation mit Dämmloaden		Simulation ohne Dämmloaden		Verbesserung durch Dämmloaden	
		Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]	Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]	Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]
W.c.1.S	Winter	19,43	17,91	65,56	17,29	46,13	-0,62
	Sommer	0,07	20,43	0,04	46,86	-0,04	26,44
	Summe	19,50	38,34	65,60	64,16	46,09	25,82
W.c.1.O/W	Winter	35,43	4,60	87,65	4,81	52,23	0,22
	Sommer	0,07	40,94	0,13	56,11	0,06	15,17
	Summe	35,49	45,54	87,78	60,93	52,28	15,39
W.c.1.N	Winter	50,82	0,00	106,14	0,00	55,32	0,00
	Sommer	0,93	15,39	1,73	16,54	0,81	1,16
	Summe	51,74	15,39	107,87	16,54	56,13	1,16
W.c.2.S	Winter	12,09	17,64	21,14	21,72	9,06	4,09
	Sommer	0,00	24,54	0,00	52,47	0,00	27,93
	Summe	12,09	42,18	21,14	74,19	9,06	32,01
W.c.2.O/W	Winter	22,29	5,74	33,60	7,89	11,32	2,15
	Sommer	0,00	39,97	0,00	57,25	0,00	17,28
	Summe	22,29	45,71	33,60	65,13	11,32	19,43
W.c.2.N	Winter	31,60	0,00	43,18	0,09	11,59	0,08
	Sommer	0,00	18,24	0,00	22,36	0,00	4,12
	Summe	31,60	18,24	43,18	22,45	11,59	4,21
W.c.3.S	Winter	16,85	5,77	26,12	8,69	9,27	2,92
	Sommer	0,00	10,37	0,00	28,15	0,00	17,78
	Summe	16,85	16,14	26,12	36,84	9,27	20,70
W.c.3.O/W	Winter	28,53	1,53	39,20	2,50	10,67	0,97
	Sommer	0,00	22,54	0,00	34,45	0,00	11,90
	Summe	28,53	24,07	39,20	36,94	10,67	12,87
W.c.3.N	Winter	37,39	0,00	48,84	0,00	11,45	0,00
	Sommer	0,12	9,02	0,13	10,78	0,01	1,77
	Summe	37,51	9,02	48,97	10,78	11,46	1,77

²³⁸ Quelle: Vom Verfasser.

Tabelle 51: Heiz- und Kühlbedarf für Innsbruck mit Fenster- Fassadenanteil von 20%²³⁹

Standort: Innsbruck; Fassadenanteil: 20%; Variablen: Fensterart und Ausrichtung							
Variante		Simulation mit Dämmloaden		Simulation ohne Dämmloaden		Verbesserung durch Dämmloaden	
		Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]	Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]	Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]
I.a.1.S	Winter	17,24	0,38	32,91	0,23	15,66	-0,14
	Sommer	0,88	0,19	0,65	2,53	-0,23	2,33
	Summe	18,12	0,57	33,55	2,76	15,43	2,19
I.a.1.O/W	Winter	26,95	0,02	43,53	0,00	16,58	-0,02
	Sommer	0,29	2,53	0,51	5,34	0,23	2,81
	Summe	27,24	2,56	44,04	5,34	16,80	2,78
I.a.1.N	Winter	34,10	0,00	51,77	0,00	17,67	0,00
	Sommer	1,84	0,05	2,24	0,12	0,40	0,07
	Summe	35,94	0,05	54,01	0,12	18,08	0,07
I.a.2.S	Winter	14,73	0,07	17,48	0,14	2,75	0,06
	Sommer	0,31	0,39	0,12	3,78	-0,19	3,38
	Summe	15,05	0,46	17,60	3,91	2,56	3,45
I.a.2.O/W	Winter	21,98	0,00	24,91	0,00	2,93	0,00
	Sommer	0,01	2,58	0,00	5,81	-0,01	3,24
	Summe	21,99	2,58	24,91	5,81	2,91	3,24
I.a.2.N	Winter	27,46	0,00	30,93	0,00	3,47	0,00
	Sommer	0,82	0,19	0,65	0,68	-0,16	0,48
	Summe	28,28	0,19	31,59	0,68	3,31	0,48
I.a.3.S	Winter	19,44	0,00	22,10	0,00	2,66	0,00
	Sommer	0,73	0,01	0,47	0,88	-0,26	0,87
	Summe	20,16	0,01	22,56	0,88	2,40	0,87
I.a.3.O/W	Winter	25,12	0,00	28,33	0,00	3,21	0,00
	Sommer	0,45	0,88	0,32	2,28	-0,13	1,41
	Summe	25,57	0,88	28,66	2,28	3,08	1,41
I.a.3.N	Winter	29,39	0,00	32,96	0,00	3,56	0,00
	Sommer	1,25	0,00	1,27	0,00	0,02	0,00
	Summe	30,64	0,00	34,23	0,00	3,59	0,00

²³⁹ Quelle: Vom Verfasser.

Tabelle 52: Heiz- und Kühlbedarf für Innsbruck mit Fenster- Fassadenanteil von 50%²⁴⁰

Standort: Innsbruck; Fassadenanteil: 50%; Variablen: Fensterart und Ausrichtung							
Variante		Simulation mit Dämmloaden		Simulation ohne Dämmloaden		Verbesserung durch Dämmloaden	
		Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]	Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]	Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]
I.b.1.S	Winter	17,48	4,81	44,68	3,22	27,21	-1,58
	Sommer	1,33	0,66	0,68	9,23	-0,64	8,57
	Summe	18,80	5,47	45,37	12,45	26,56	6,98
I.b.1.O/W	Winter	30,60	1,29	61,10	0,64	30,50	-0,65
	Sommer	0,51	6,13	0,61	14,48	0,09	8,35
	Summe	31,11	7,41	61,70	15,11	30,59	7,70
I.b.1.N	Winter	42,00	0,00	74,94	0,00	32,94	0,00
	Sommer	2,55	0,95	3,04	1,84	0,49	0,90
	Summe	44,54	0,95	77,98	1,84	33,44	0,90
I.b.2.S	Winter	11,23	3,37	16,72	3,99	5,49	0,62
	Sommer	0,03	2,54	0,00	13,58	-0,03	11,05
	Summe	11,27	5,90	16,72	17,57	5,46	11,67
I.b.2.O/W	Winter	20,65	0,93	26,79	0,88	6,14	-0,04
	Sommer	0,00	8,85	0,00	17,07	0,00	8,22
	Summe	20,65	9,78	26,79	17,95	6,14	8,17
I.b.2.N	Winter	29,11	0,00	35,71	0,00	6,61	0,00
	Sommer	0,52	2,60	0,30	4,56	-0,22	1,96
	Summe	29,62	2,60	36,02	4,56	6,39	1,96
I.b.3.S	Winter	16,50	0,72	21,79	0,80	5,28	0,08
	Sommer	0,41	0,49	0,23	4,86	-0,18	4,37
	Summe	16,91	1,21	22,02	5,66	5,10	4,44
I.b.3.O/W	Winter	25,77	0,15	31,70	0,07	5,93	-0,07
	Sommer	0,02	4,25	0,02	8,23	0,00	3,99
	Summe	25,79	4,39	31,72	8,31	5,93	3,92
I.b.3.N	Winter	32,69	0,00	39,47	0,00	6,78	0,00
	Sommer	1,06	0,54	1,12	0,95	0,06	0,42
	Summe	33,75	0,54	40,59	0,95	6,84	0,42

²⁴⁰ Quelle: Vom Verfasser.

Tabelle 53: Heiz- und Kühlbedarf für Innsbruck mit Fenster- Fassadenanteil von 100%²⁴¹

Standort: Innsbruck; Fassadenanteil: 100%; Variablen: Fensterart und Ausrichtung							
Variante		Simulation mit Dämmloaden		Simulation ohne Dämmloaden		Verbesserung durch Dämmloaden	
		Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]	Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]	Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]
I.c.1.S	Winter	20,26	16,55	64,22	12,30	43,96	-4,25
	Sommer	1,15	7,10	1,27	20,61	0,12	13,51
	Summe	21,41	23,65	65,49	32,91	44,08	9,27
I.c.1.O/W	Winter	35,69	4,54	84,93	3,18	49,24	-1,36
	Sommer	0,66	19,75	1,29	27,81	0,63	8,06
	Summe	36,34	24,29	86,22	31,00	49,88	6,71
I.c.1.N	Winter	51,39	0,00	103,91	0,00	52,53	0,00
	Sommer	2,87	5,21	4,46	5,28	1,60	0,08
	Summe	54,25	5,21	108,38	5,28	54,12	0,08
I.c.2.S	Winter	11,02	14,10	19,37	14,60	8,34	0,50
	Sommer	0,00	10,92	0,00	28,23	0,00	17,30
	Summe	11,03	25,02	19,37	42,83	8,34	17,81
I.c.2.O/W	Winter	20,88	4,09	30,97	4,26	10,09	0,17
	Sommer	0,00	21,76	0,00	32,71	0,00	10,94
	Summe	20,88	25,85	30,97	36,97	10,09	11,12
I.c.2.N	Winter	31,33	0,00	42,22	0,00	10,89	0,00
	Sommer	0,29	8,43	0,19	10,80	-0,09	2,37
	Summe	31,62	8,43	42,41	10,80	10,80	2,37
I.c.3.S	Winter	16,35	5,30	24,82	5,20	8,47	-0,09
	Sommer	0,20	3,12	0,13	12,38	-0,07	9,26
	Summe	16,55	8,42	24,95	17,58	8,41	9,17
I.c.3.O/W	Winter	27,36	1,42	37,22	1,21	9,86	-0,21
	Sommer	0,01	10,62	0,01	17,38	0,00	6,76
	Summe	27,36	12,05	37,23	18,60	9,87	6,55
I.c.3.N	Winter	36,94	0,00	47,90	0,00	10,96	0,00
	Sommer	0,94	2,90	1,13	3,52	0,19	0,62
	Summe	37,89	2,90	49,04	3,52	11,15	0,62

²⁴¹ Quelle: Vom Verfasser.

Tabelle 54: Heiz- und Kühlbedarf für Heiligenblut a.G. mit Fenster- Fassadenanteil von 20%²⁴²

Standort: Heiligenblut a. G.; Fassadenanteil: 20%; Variablen: Fensterart und Ausrichtung							
Variante		Simulation mit Dämmloaden		Simulation ohne Dämmloaden		Verbesserung durch Dämmloaden	
		Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]	Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]	Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]
H.a.1.S	Winter	37,49	0,26	62,56	0,14	25,08	-0,12
	Sommer	4,88	0,00	6,07	0,02	1,19	0,02
	Summe	42,37	0,26	68,64	0,17	26,27	-0,09
H.a.1.O/W	Winter	41,54	0,00	66,97	0,00	25,43	0,00
	Sommer	3,33	0,16	5,45	0,81	2,13	0,65
	Summe	44,87	0,16	72,43	0,81	27,56	0,65
H.a.1.N	Winter	46,71	0,00	72,22	0,00	25,51	0,00
	Sommer	6,82	0,00	9,69	0,00	2,87	0,00
	Summe	53,53	0,00	81,91	0,00	28,38	0,00
H.a.2.S	Winter	32,35	0,05	38,35	0,08	6,00	0,03
	Sommer	2,56	0,00	1,96	0,12	-0,60	0,12
	Summe	34,91	0,05	40,31	0,20	5,41	0,14
H.a.2.O/W	Winter	35,51	0,00	41,57	0,00	6,06	0,00
	Sommer	1,92	0,08	1,85	1,04	-0,08	0,96
	Summe	37,43	0,08	43,42	1,04	5,99	0,96
H.a.2.N	Winter	39,37	0,00	45,46	0,00	6,09	0,00
	Sommer	4,19	0,00	4,06	0,00	-0,12	0,00
	Summe	43,56	0,00	49,53	0,00	5,97	0,00
H.a.3.S	Winter	36,16	0,00	41,22	0,00	5,06	0,00
	Sommer	4,79	0,00	4,12	0,00	-0,67	0,00
	Summe	40,95	0,00	45,34	0,00	4,40	0,00
H.a.3.O/W	Winter	38,66	0,00	43,79	0,00	5,14	0,00
	Sommer	3,65	0,00	3,61	0,04	-0,03	0,04
	Summe	42,30	0,00	47,41	0,04	5,10	0,04
H.a.3.N	Winter	41,51	0,00	46,68	0,00	5,18	0,00
	Sommer	5,89	0,00	6,21	0,00	0,32	0,00
	Summe	47,40	0,00	52,90	0,00	5,50	0,00

²⁴² Quelle: Vom Verfasser.

Tabelle 55: Heiz- und Kühlbedarf für Heiligenblut a.G. mit Fenster- Fassadenanteil von 50%²⁴³

Standort: Heiligenblut a. G.; Fassadenanteil: 50%; Variablen: Fensterart und Ausrichtung							
Variante		Simulation mit Dämmloaden		Simulation ohne Dämmloaden		Verbesserung durch Dämmloaden	
		Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]	Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]	Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]
H.b.1.S	Winter	41,68	2,50	87,98	1,77	46,30	-0,73
	Sommer	5,29	0,09	7,45	1,78	2,16	1,69
	Summe	46,97	2,59	95,43	3,55	48,46	0,95
H.b.1.O/W	Winter	47,52	0,49	94,82	0,27	47,30	-0,22
	Sommer	3,40	1,76	6,95	5,49	3,54	3,72
	Summe	50,92	2,25	101,77	5,76	50,85	3,51
H.b.1.N	Winter	56,04	0,00	103,89	0,00	47,85	0,00
	Sommer	7,84	0,00	12,70	0,08	4,86	0,07
	Summe	63,87	0,00	116,59	0,08	52,72	0,07
H.b.2.S	Winter	31,14	1,53	42,28	1,50	11,14	-0,03
	Sommer	0,72	0,11	0,81	4,69	0,10	4,58
	Summe	31,86	1,64	43,09	6,19	11,24	4,55
H.b.2.O/W	Winter	35,59	0,23	46,98	0,18	11,39	-0,04
	Sommer	0,62	2,87	0,90	7,64	0,28	4,77
	Summe	36,21	3,09	47,88	7,82	11,67	4,73
H.b.2.N	Winter	42,04	0,00	53,61	0,00	11,56	0,00
	Sommer	2,76	0,06	3,00	0,58	0,24	0,52
	Summe	44,80	0,06	56,61	0,58	11,81	0,52
H.b.3.S	Winter	37,09	0,45	46,68	0,44	9,59	-0,01
	Sommer	3,15	0,00	2,95	0,40	-0,20	0,40
	Summe	40,24	0,45	49,63	0,84	9,39	0,39
H.b.3.O/W	Winter	40,97	0,00	50,74	0,00	9,77	0,00
	Sommer	2,12	0,61	2,63	2,28	0,51	1,66
	Summe	43,09	0,61	53,37	2,28	10,28	1,66
H.b.3.N	Winter	46,07	0,00	55,93	0,00	9,86	0,00
	Sommer	4,94	0,00	5,71	0,00	0,77	0,00
	Summe	51,01	0,00	61,64	0,00	10,64	0,00

²⁴³ Quelle: Vom Verfasser.

Tabelle 56: Heiz- und Kühlbedarf für Heiligenblut a.G. mit Fenster- Fassadenanteil von 100%²⁴⁴

Standort: Heiligenblut a. G.; Fassadenanteil: 100%; Variablen: Fensterart und Ausrichtung							
Variante		Simulation mit Dämmloaden		Simulation ohne Dämmloaden		Verbesserung durch Dämmloaden	
		Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]	Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]	Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]
H.c.1.S	Winter	49,85	8,49	121,73	6,05	71,88	-2,43
	Sommer	4,76	2,16	11,12	7,84	6,37	5,67
	Summe	54,61	10,65	132,86	13,89	78,25	3,24
H.c.1.O/W	Winter	57,00	2,79	130,80	1,91	73,80	-0,88
	Sommer	3,65	9,97	10,78	14,20	7,13	4,24
	Summe	60,65	12,76	141,57	16,11	80,93	3,35
H.c.1.N	Winter	67,94	0,00	143,09	0,00	75,16	0,00
	Sommer	8,33	0,83	17,75	0,95	9,42	0,12
	Summe	76,27	0,83	160,84	0,95	84,57	0,12
H.c.2.S	Winter	32,78	6,67	49,92	5,97	17,14	-0,70
	Sommer	0,22	4,25	0,56	14,17	0,34	9,93
	Summe	33,01	10,92	50,48	20,14	17,47	9,23
H.c.2.O/W	Winter	37,89	2,19	55,64	1,86	17,76	-0,32
	Sommer	0,24	11,75	0,71	18,72	0,46	6,97
	Summe	38,13	13,94	56,35	20,58	18,22	6,64
H.c.2.N	Winter	45,74	0,00	64,17	0,00	18,43	0,00
	Sommer	1,82	2,10	2,59	3,63	0,77	1,53
	Summe	47,56	2,10	66,76	3,63	19,20	1,53
H.c.3.S	Winter	39,95	2,68	55,04	2,46	15,10	-0,22
	Sommer	1,91	0,28	2,65	3,81	0,74	3,53
	Summe	41,86	2,96	57,69	6,27	15,83	3,31
H.c.3.O/W	Winter	44,90	0,66	60,36	0,55	15,46	-0,11
	Sommer	1,56	4,22	2,59	7,92	1,03	3,70
	Summe	46,46	4,88	62,95	8,47	16,49	3,59
H.c.3.N	Winter	51,97	0,00	67,74	0,00	15,77	0,00
	Sommer	4,35	0,16	5,88	0,33	1,53	0,17
	Summe	56,32	0,16	73,62	0,33	17,29	0,17

²⁴⁴ Quelle: Vom Verfasser.

8.2.7.2 Heizwärmebedarfsverringern durch Anbringung eines Dämmloadens

Beim Vergleich der Heizwärmebedarfsverringern fällt auf, dass das Potenzial eines Dämmloadens im alpinen Klima wesentlich größer ist. Dies kommt durch die niedrigeren Temperaturen. Da sich der Dämmloaden nur bei einer mittleren Tagestemperatur von unter 10°C in der Nacht schließt, wird dieser in Heiligenblut öfter geschlossen als in Innsbruck und Wien.

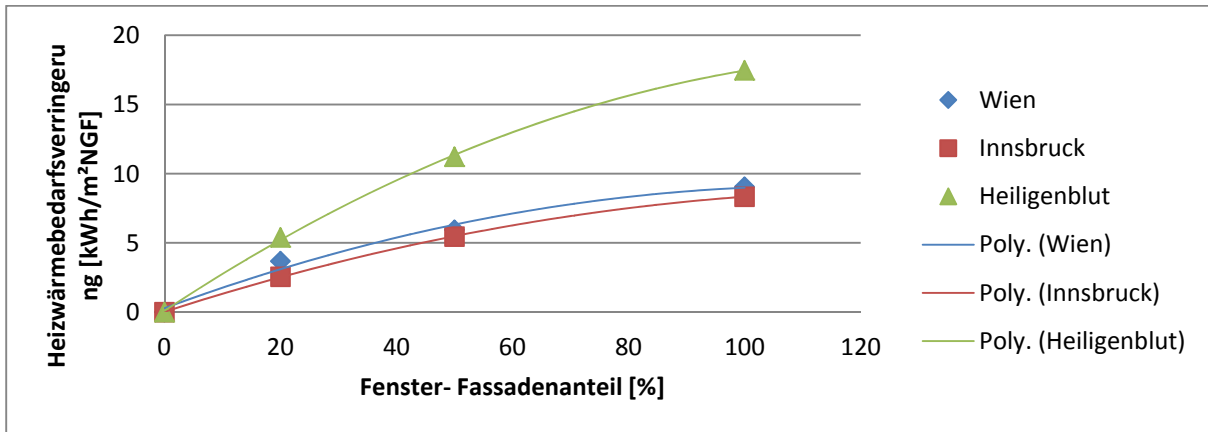


Abbildung 117: Heizwärmebedarfsverringern bei Südausrichtung²⁴⁵

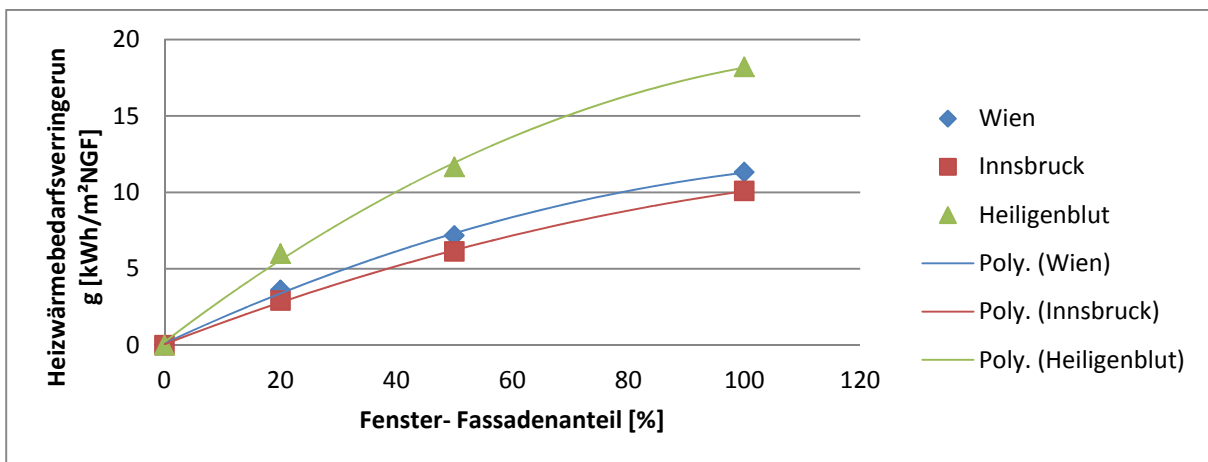


Abbildung 118: Heizwärmebedarfsverringern bei Ost- Westausrichtung²⁴⁵

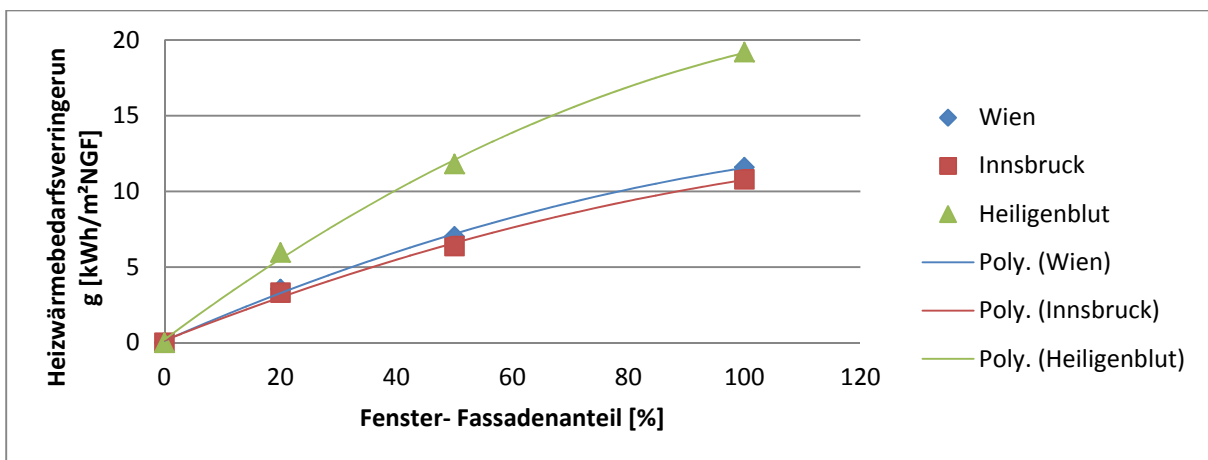


Abbildung 119: Heizwärmebedarfsverringern bei Nordausrichtung²⁴⁵

²⁴⁵ Quelle: Vom Verfasser.

8.2.7.3 Kühlbedarfsbedarfsverringering durch Anbringung eines Dämmfadens

Die Verschattungsfunktion des Dämmfadens wird bei einer mittleren Tagestemperatur von über 10°C ausgelöst. In Heiligenblut wird diese weniger oft gebraucht. Wien und Innsbruck haben ähnliche Tagestemperaturen, unterscheiden sich jedoch in der sommerlichen Strahlungsmenge, die auf das Fenster trifft. Durch diesen Unterschied kommt die höhere Effektivität der Verschattungsfunktion in Wien zustande.

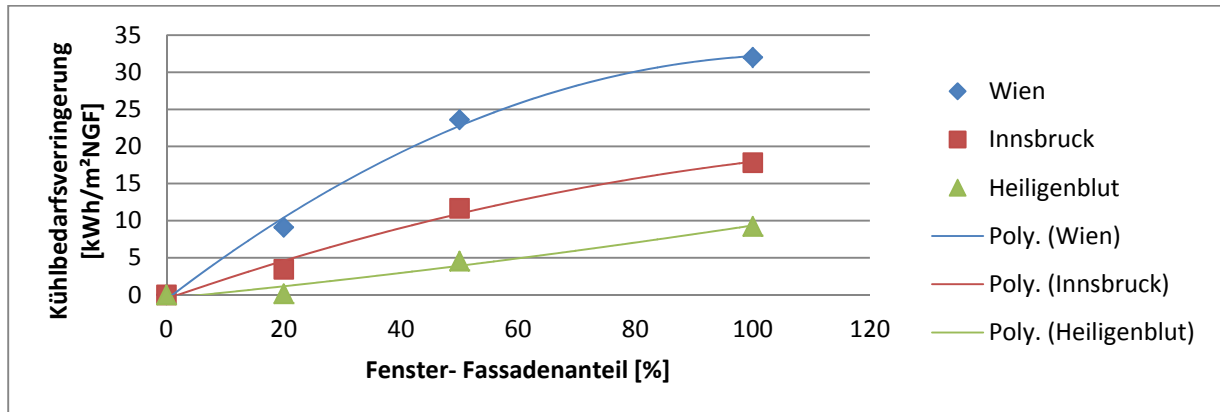


Abbildung 120: Kühlbedarfsverringering bei Südausrichtung²⁴⁶

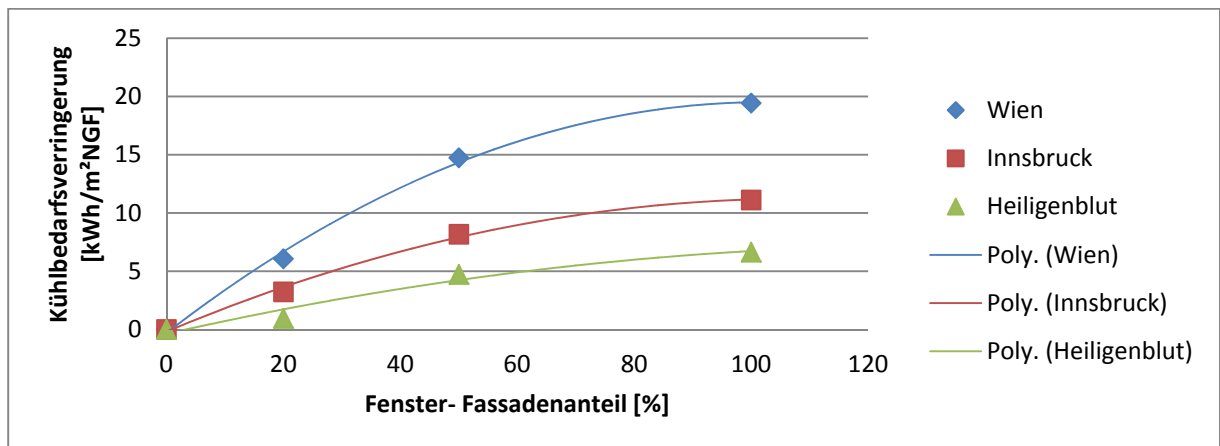


Abbildung 121: Kühlbedarfsverringering bei Ost- Westausrichtung²⁴⁶

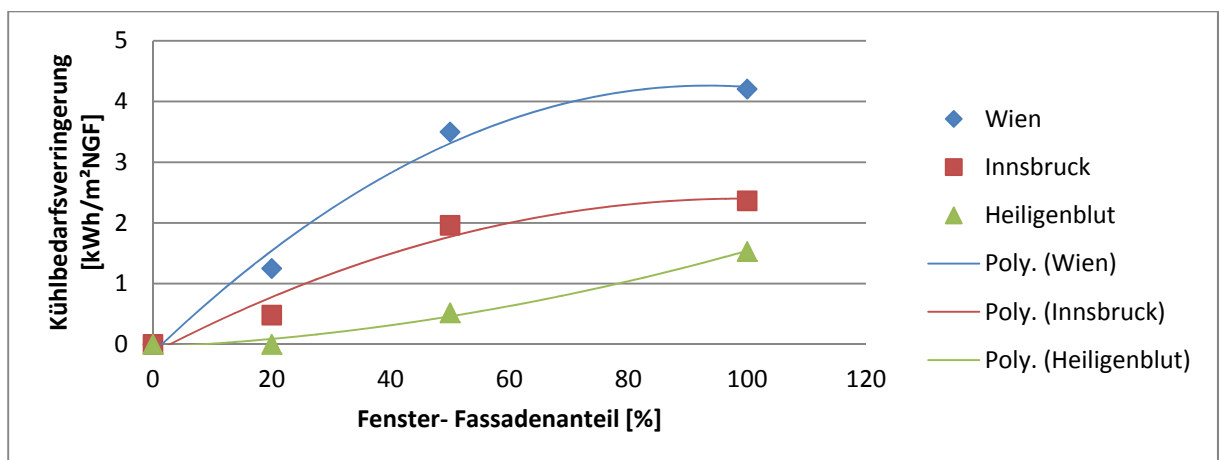


Abbildung 122: Kühlbedarfsverringering bei Nordausrichtung²⁴⁶

²⁴⁶ Quelle: Vom Verfasser.

8.2.7.4 Monatsmittelwerte für Heiz- und Kühlbedarf von W.2.a.S

Tabelle 57: Monatsmittelwerte für W.a.2.S. mit Dämmloaden²⁴⁷

Monatsmittelwerte für W.a.2.S. mit Dämmloaden				
Monatssummen, bzw. Mittelwerte	Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]	Raumtemperatur [°C]	Außen-temperatur [°C]
Jan	4,68	0,00	20,09	-0,35
Feb	2,60	0,00	20,31	0,81
Mar	0,58	0,00	20,95	5,40
Apr	0,01	0,00	22,07	10,78
Mai	0,00	0,00	22,54	15,85
Jun	0,00	0,58	25,07	18,68
Jul	0,00	1,28	25,82	21,17
Aug	0,00	1,03	25,68	20,65
Sep	0,00	0,28	24,48	15,47
Okt	0,34	0,05	22,62	10,66
Nov	2,38	0,00	20,23	5,47
Dez	4,90	0,00	20,08	0,64
Summe Winter	15,50	0,05	20,91	4,77
Summe Sommer	0,00	3,16	24,72	18,37
Summe	15,50	3,21	22,50	10,49

Tabelle 58: Monatsmittelwerte für W.a.2.S. ohne Dämmloaden²⁴⁷

Monatsmittelwerte für W.a.2.S. ohne Dämmloaden				
Monatssummen, bzw. Mittelwerte	Wärmebedarf [kWh/m ²]	Kühlbedarf [kWh/m ²]	Raumtemperatur [°C]	Außen-temperatur [°C]
Jan	5,70	0,00	20,08	-0,35
Feb	3,36	0,00	20,25	0,81
Mar	0,99	0,00	20,86	5,40
Apr	0,00	0,28	24,21	10,78
Mai	0,00	1,05	25,36	15,85
Jun	0,00	2,08	25,83	18,68
Jul	0,00	3,20	25,94	21,17
Aug	0,00	3,26	25,92	20,65
Sep	0,00	1,66	25,34	15,47
Okt	0,40	0,76	23,51	10,66
Nov	2,89	0,00	20,21	5,47
Dez	5,84	0,00	20,07	0,64
Summe Winter	19,18	1,05	21,32	4,77
Summe Sommer	0,00	11,26	25,68	18,37
Summe	19,18	12,31	23,14	10,49

²⁴⁷ Quelle: Vom Verfasser.

Bei Betrachtung der Monatsmittelwerte für Wien bei einem Fassadenanteil von 20% fällt beim Heizwärmebedarf auf, dass die Heizwärmebedarfsverringerung in der Übergangszeit nicht so hoch ist, wie in den Wintermonaten. Dies kommt nicht nur durch den höheren Temperaturunterschied zwischen Innen- und Außenraum, sondern wird durch die verschiedene Anzahl an Nachtschließungen des Dämmloadens noch verstärkt.

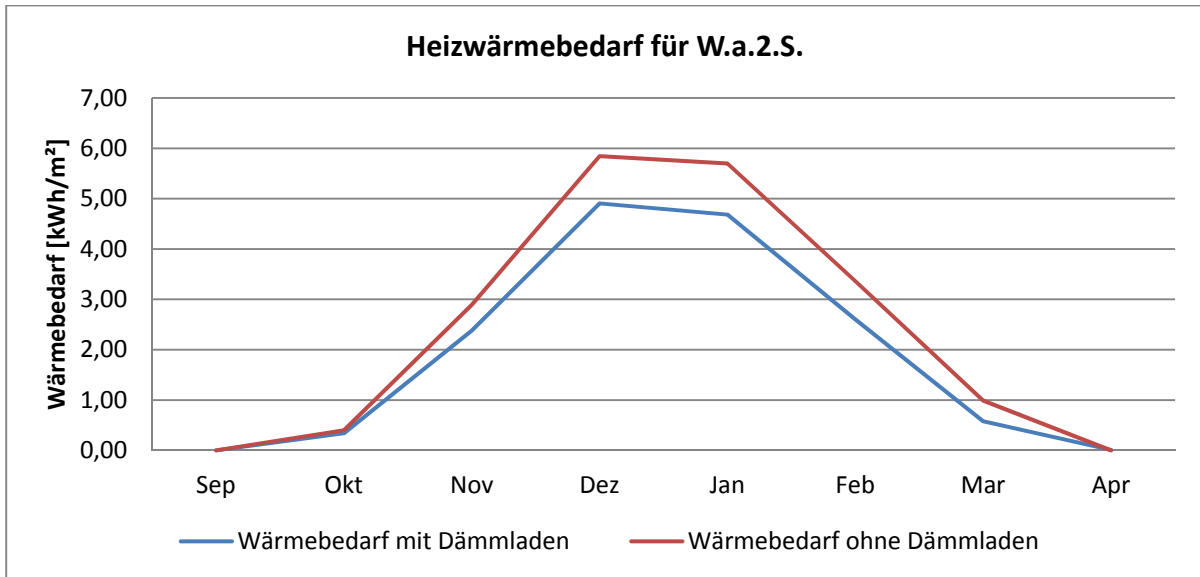


Abbildung 123: Heizwärmebedarf für W.a.2.S.²⁴⁸

Die Ersparnis an Kühlenergie durch den Dämmloaden als Verschattungselement ist im Hochsommer am größten, weil dieser durch die hochstehende Sonne die höchste Verschattung liefern kann.

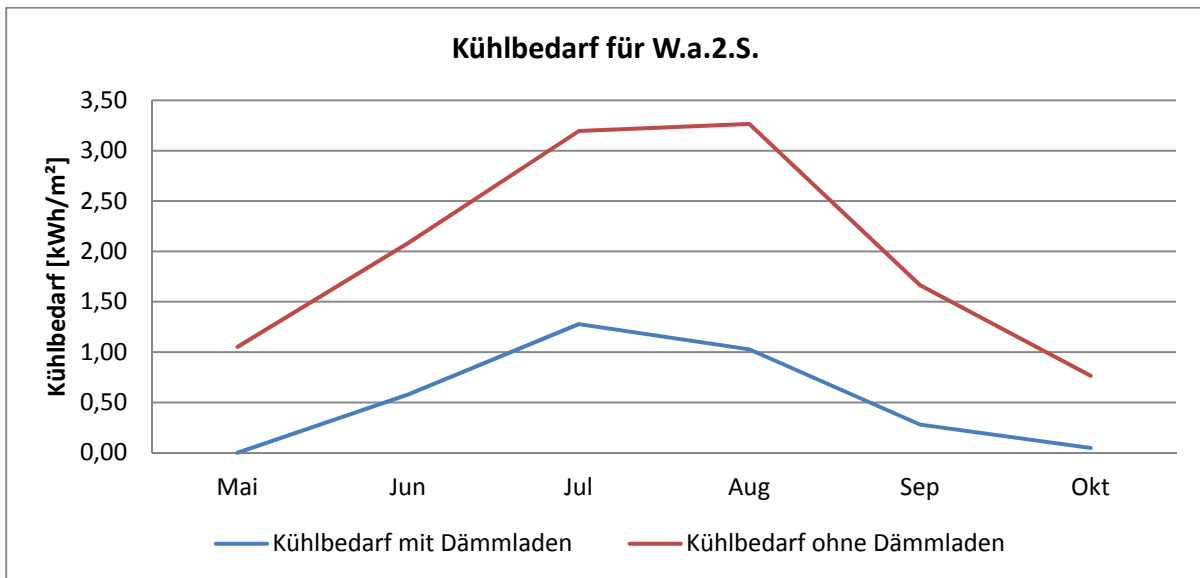


Abbildung 124: Kühlbedarf für W.a.2.S.²⁴⁸

²⁴⁸ Quelle: Vom Verfasser.

8.2.7.5 Stundenwerte für W.2.a.S am Tag mit dem höchsten Kühlbedarf des Jahres

Tabelle 59: Stundenbilanz-Werte für den Tag mit höchstem Kühlbedarf des Jahres (22. Jul)²⁴⁹

Stundenbilanz Tag mit höchstem Kühlbedarf des Jahres (22. Jul)								
Simulation W.a.2.S mit Dämm-laden					Simulation W.a.2.S ohne Dämm-laden			
Uhrzeit	Außen-temperatur [°C]	Wärme-gewinne [W/m ²]	Wärme-bedarf [W/m ²]	Kühl-bedarf [W/m ²]	Außen-temperatur [°C]	Wärme-gewinne [W/m ²]	Wärme-bedarf [W/m ²]	Kühl-bedarf [W/m ²]
00:00	25	0,00	0,00	2,56	25	0,00	0,00	3,74
01:00	24	0,00	0,00	2,11	24	0,00	0,00	3,22
02:00	23	0,00	0,00	1,60	23	0,00	0,00	2,64
03:00	23	0,00	0,00	1,18	23	0,00	0,00	2,16
04:00	22	0,00	0,00	0,87	22	0,00	0,00	1,80
05:00	23	0,13	0,00	0,71	23	0,18	0,00	1,61
06:00	24	2,21	0,00	1,56	24	2,77	0,00	2,60
07:00	26	3,06	0,00	2,41	26	3,66	0,00	3,47
08:00	27	3,51	0,00	3,18	27	4,14	0,00	4,24
09:00	29	5,69	0,00	4,63	29	9,38	0,00	6,84
10:00	30	8,56	0,00	6,47	30	19,08	0,00	11,50
11:00	31	11,46	0,00	8,50	31	28,06	0,00	16,55
12:00	31	10,01	0,00	8,84	31	15,34	0,00	13,70
13:00	31	10,58	0,00	9,38	31	15,47	0,00	13,65
14:00	31	10,35	0,00	9,60	31	15,04	0,00	13,64
15:00	30	9,34	0,00	9,44	30	13,36	0,00	13,18
16:00	30	7,56	0,00	8,82	30	10,56	0,00	12,12
17:00	29	5,65	0,00	7,92	29	7,10	0,00	10,54
18:00	28	3,62	0,00	6,83	28	4,56	0,00	9,06
19:00	27	1,41	0,00	5,52	27	1,93	0,00	7,43
20:00	26	0,05	0,00	4,39	26	0,07	0,00	5,98
21:00	25	0,00	0,00	3,65	25	0,00	0,00	5,09
22:00	23	0,00	0,00	2,92	23	0,00	0,00	4,26
23:00	22	0,00	0,00	2,23	22	0,00	0,00	3,48

²⁴⁹ Quelle: Vom Verfasser.

Tabelle 60: Stundenbilanz-Werte für den Tag mit höchstem Kühlbedarf des Jahres (22. Juli)²⁵⁰

Stundenbilanz Tag mit höchstem Kühlbedarf des Jahres (22. Jul)								
Urzeit	Simulation W.a.2.S mit Dämmloaden				Simulation W.a.2.S ohne Dämmloaden			
	Abmin- derungs- faktor Fc [/]	Global- strahlung auf Fenster [W/m ²]	Fenster- temp. Innen [°C]	Wärme- fluss Fenster Innen [W/m ²]	Abmin- derungs- faktor Fc [/]	Global- strahlung auf Fenster [W/m ²]	Fenster- temp. Innen [°C]	Wärme- fluss Fenster Innen [W/m ²]
00:00	1,00	0	25,96	-1,25	1,00	0	26,02	-1,31
01:00	1,00	0	25,81	-2,62	1,00	0	25,86	-2,68
02:00	1,00	0	25,69	-3,65	1,00	0	25,74	-3,70
03:00	1,00	0	25,62	-4,27	1,00	0	25,66	-4,32
04:00	0,31	3	25,60	-4,39	0,06	2	25,65	-4,37
05:00	0,20	44	26,05	-0,45	0,00	36	26,20	0,44
06:00	0,25	66	26,33	2,01	0,11	49	26,49	2,97
07:00	0,39	113	26,58	4,13	0,28	69	26,74	5,17
08:00	0,56	276	27,24	9,93	0,28	120	28,04	16,47
09:00	0,64	428	27,94	15,86	0,20	153	30,06	33,64
10:00	0,66	557	28,69	22,17	0,16	191	32,00	49,80
11:00	0,40	267	28,59	21,16	0,07	161	29,76	29,89
12:00	0,37	269	28,77	22,58	0,07	170	29,83	30,60
13:00	0,36	260	28,73	22,06	0,06	167	29,74	29,75
14:00	0,33	228	28,53	20,22	0,04	152	29,41	26,82
15:00	0,30	181	28,16	16,98	0,02	127	28,85	21,92
16:00	0,20	115	27,71	13,11	0,00	92	28,09	15,42
17:00	0,21	73	27,24	9,00	0,00	58	27,50	10,47
18:00	0,31	33	26,70	4,43	0,06	23	26,88	5,20
19:00	0,31	1	26,31	1,17	0,06	1	26,39	1,11
20:00	1,00	0	26,14	-0,25	1,00	0	26,20	-0,33
21:00	1,00	0	25,94	-1,92	1,00	0	26,00	-2,00
22:00	1,00	0	25,76	-3,53	1,00	0	25,81	-3,60
23:00	1,00	0	25,58	-5,08	1,00	0	25,63	-5,15

²⁵⁰ Quelle: Vom Verfasser.

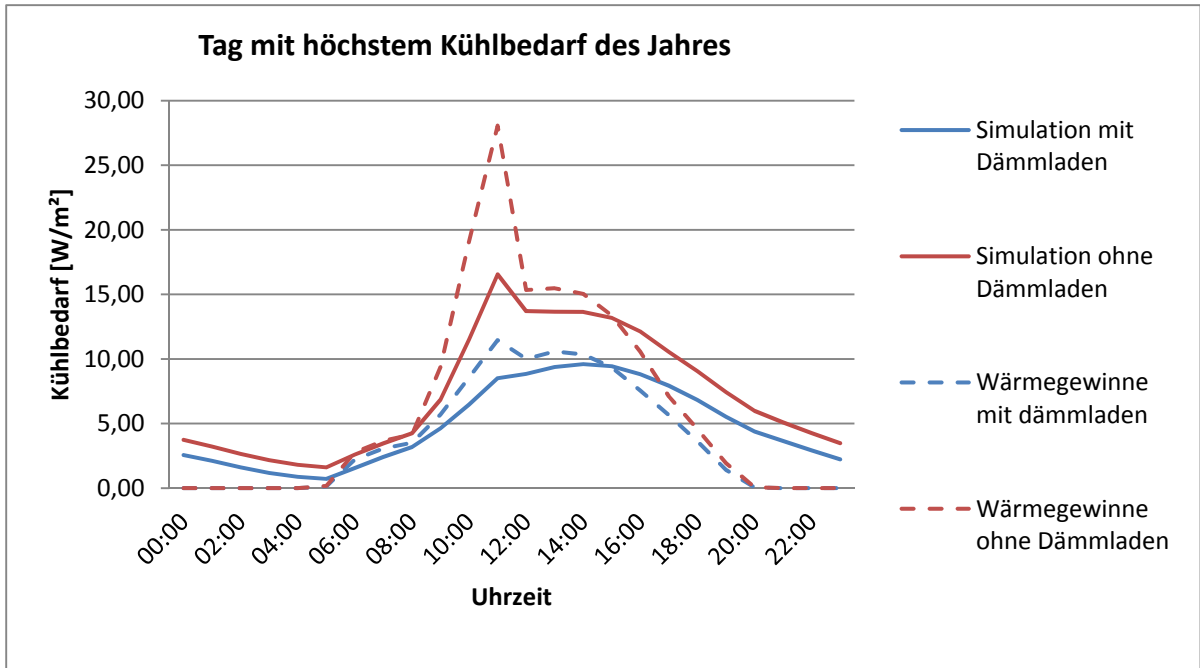


Abbildung 125: Stundenwerte für den Kühlbedarf am Tag mit dem höchsten Kühlbedarf des Jahres²⁵¹

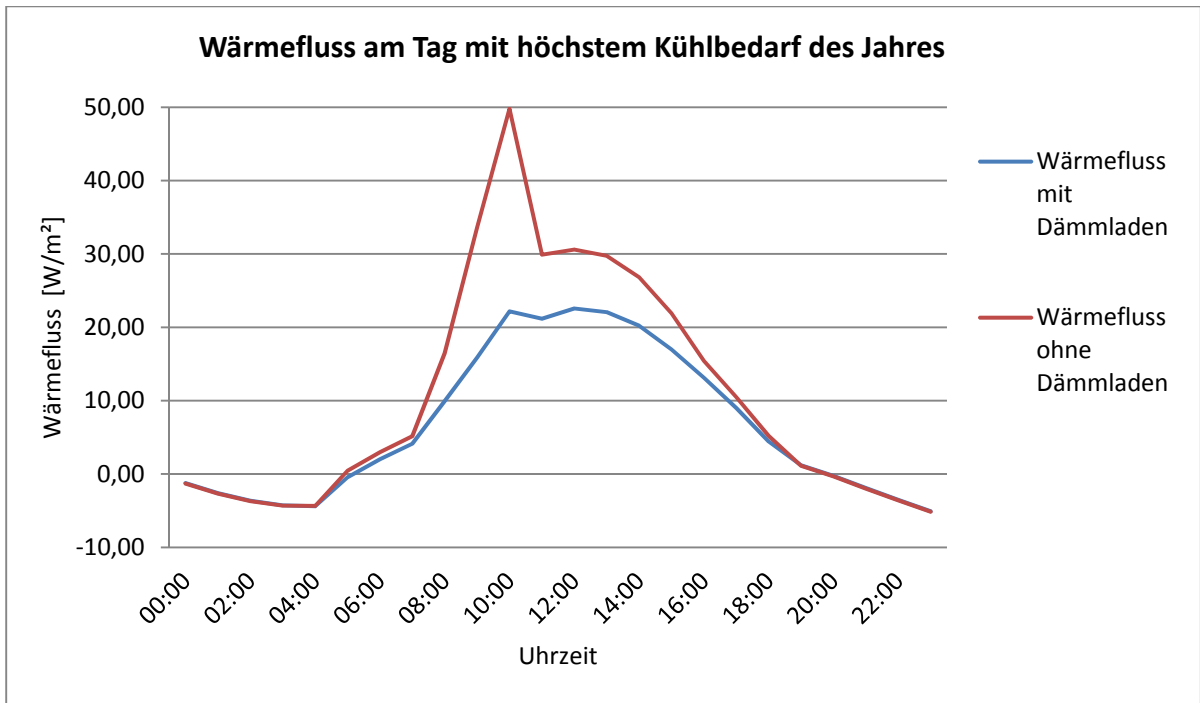


Abbildung 126: Wärmefluss durch das Fenster am Tag mit dem höchsten Kühlbedarf des Jahres²⁵¹

²⁵¹ Quelle: Vom Verfasser.

8.2.7.6 Stundenwerte für W.2.a.S am Tag mit dem höchsten Heizbedarf des Jahres

Tabelle 61: Stundenbilanz-Werte für den Tag mit höchstem Heizbedarf des Jahres (15. Jan)²⁵²

Stundenbilanz Tag mit höchstem Heizbedarf des Jahres (15. Jan)								
Simulation W.a.2.S mit Dämm-laden					Simulation W.a.2.S ohne Dämm-laden			
Uhrzeit	Außen-temperatur [°C]	Wärme-gewinne [W/m ²]	Wärme-bedarf [W/m ²]	Kühl-bedarf [W/m ²]	Außen-temperatur [°C]	Wärme-gewinne [W/m ²]	Wärme-bedarf [W/m ²]	Kühl-bedarf [W/m ²]
00:00	-7	0,00	11,49	0,00	-7	0,00	14,04	0,00
01:00	-7	0,00	11,59	0,00	-7	0,00	14,19	0,00
02:00	-8	0,00	11,73	0,00	-8	0,00	14,36	0,00
03:00	-8	0,00	11,88	0,00	-8	0,00	14,58	0,00
04:00	-8	0,00	12,01	0,00	-8	0,00	14,74	0,00
05:00	-8	0,00	12,12	0,00	-8	0,00	14,89	0,00
06:00	-8	0,00	12,21	0,00	-8	0,00	15,02	0,00
07:00	-8	0,00	12,29	0,00	-8	0,00	15,12	0,00
08:00	-8	0,00	12,36	0,00	-8	0,00	15,22	0,00
09:00	-8	0,65	13,83	0,00	-8	0,65	15,02	0,00
10:00	-8	1,66	13,59	0,00	-8	1,66	14,58	0,00
11:00	-8	2,47	13,25	0,00	-8	2,47	14,11	0,00
12:00	-8	2,82	13,03	0,00	-8	2,82	13,81	0,00
13:00	-8	2,92	12,92	0,00	-8	2,92	13,65	0,00
14:00	-8	2,36	13,08	0,00	-8	2,36	13,76	0,00
15:00	-8	1,66	13,40	0,00	-8	1,66	14,05	0,00
16:00	-8	0,75	13,86	0,00	-8	0,75	14,48	0,00
17:00	-8	0,00	12,73	0,00	-8	0,00	14,95	0,00
18:00	-8	0,00	12,68	0,00	-8	0,00	15,10	0,00
19:00	-8	0,00	12,63	0,00	-8	0,00	15,12	0,00
20:00	-8	0,00	12,63	0,00	-8	0,00	15,19	0,00
21:00	-7	0,00	12,59	0,00	-7	0,00	15,17	0,00
22:00	-7	0,00	12,52	0,00	-7	0,00	15,10	0,00
23:00	-7	0,00	12,48	0,00	-7	0,00	15,07	0,00

²⁵² Quelle: Vom Verfasser.

Tabelle 62: Stundenbilanz-Werte für den Tag mit höchstem Heizbedarf des Jahres (15. Jan)²⁵³

Stundenbilanz Tag mit höchstem Heizbedarf des Jahres (15. Jan)								
Simulation W.a.2.S mit Dämmloaden					Simulation W.a.2.S ohne Dämmloaden			
Urzeit	Abmin- derungs- faktor Fc [/]	Global- strahlung auf Fenster [W/m ²]	Fenster- temp. Innen [°C]	Wärme- fluss Fenster Innen [W/m ²]	Abmin- derungs- faktor Fc [/]	Global- strahlung auf Fenster [W/m ²]	Fenster- temp. Innen [°C]	Wärme- fluss Fenster Innen [W/m ²]
00:00	1,00	0	17,70	-19,19	1,00	0	15,81	-35,96
01:00	1,00	0	17,67	-19,40	1,00	0	15,75	-36,45
02:00	1,00	0	17,64	-19,65	1,00	0	15,69	-37,03
03:00	1,00	0	17,62	-19,83	1,00	0	15,64	-37,44
04:00	1,00	0	17,60	-19,97	1,00	0	15,60	-37,77
05:00	1,00	0	17,59	-20,08	1,00	0	15,57	-38,02
06:00	1,00	0	17,58	-20,15	1,00	0	15,54	-38,18
07:00	1,00	0	17,57	-20,22	1,00	0	15,52	-38,35
08:00	0,05	11	15,71	-37,28	0,05	11	15,66	-37,18
09:00	0,05	28	15,93	-35,26	0,05	28	15,89	-35,18
10:00	0,05	42	16,12	-33,60	0,05	42	16,08	-33,53
11:00	0,05	48	16,21	-32,77	0,05	48	16,18	-32,71
12:00	0,05	49	16,25	-32,44	0,05	49	16,22	-32,38
13:00	0,05	40	16,16	-33,28	0,05	40	16,13	-33,23
14:00	0,05	28	16,01	-34,52	0,05	28	15,98	-34,47
15:00	0,05	13	15,81	-36,18	0,05	13	15,79	-36,13
16:00	1,00	0	17,58	-19,92	1,00	0	15,60	-37,69
17:00	1,00	0	17,58	-19,96	1,00	0	15,59	-37,76
18:00	1,00	0	17,59	-19,85	1,00	0	15,61	-37,51
19:00	1,00	0	17,59	-19,85	1,00	0	15,61	-37,49
20:00	1,00	0	17,60	-19,73	1,00	0	15,63	-37,23
21:00	1,00	0	17,62	-19,52	1,00	0	15,69	-36,73
22:00	1,00	0	17,64	-19,41	1,00	0	15,71	-36,48
23:00	1,00	0	17,65	-19,30	1,00	0	15,74	-36,23

²⁵³ Quelle: Vom Verfasser.

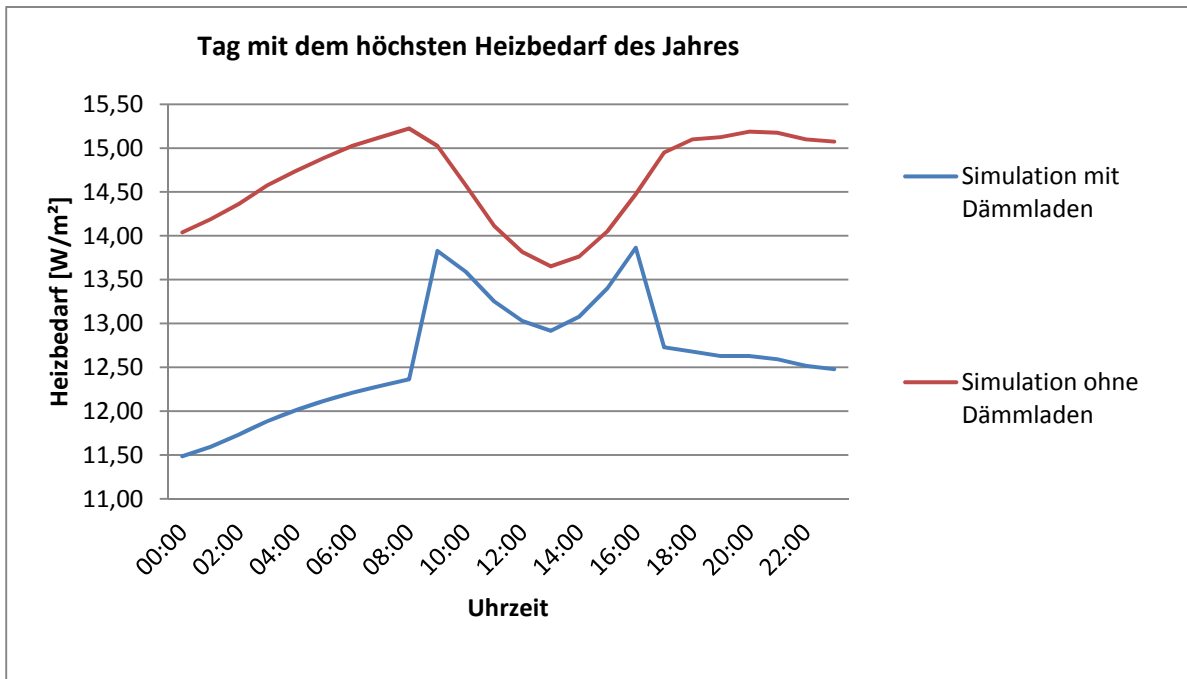


Abbildung 127: Stundenwerte für den Heizbedarf am Tag mit dem höchsten Heizbedarf des Jahres²⁵⁴

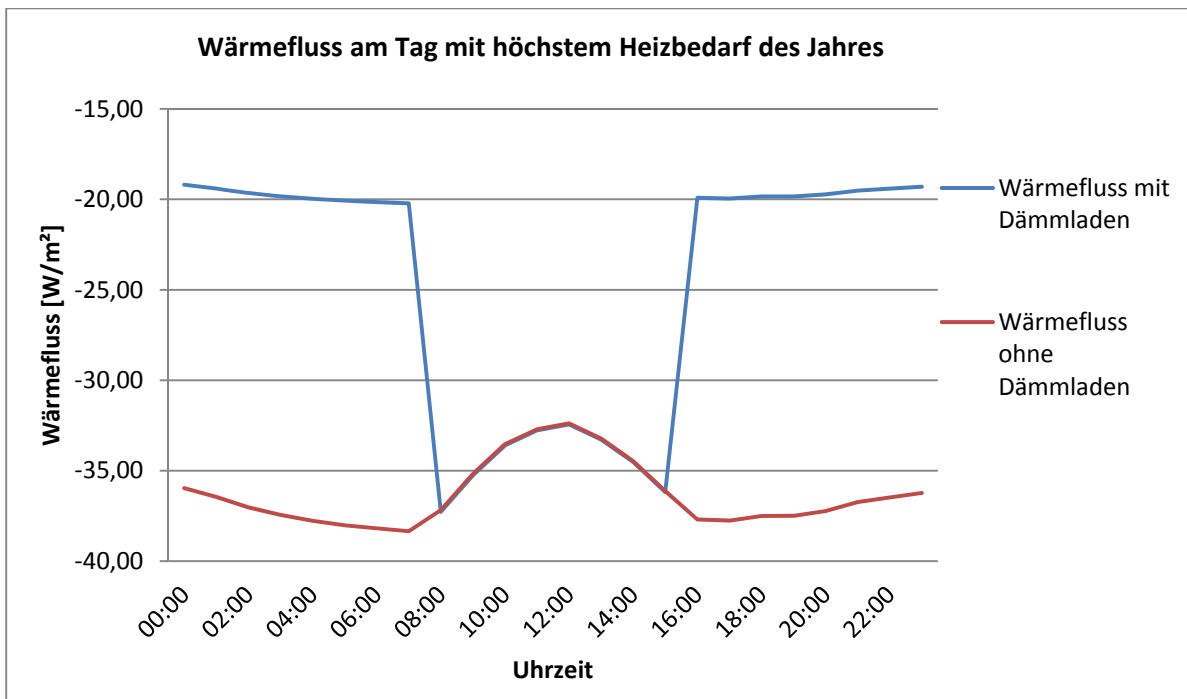


Abbildung 128: Wärmefluss durch das Fenster am Tag mit dem höchsten Heizbedarf des Jahres²⁵⁴

²⁵⁴ Quelle: Vom Verfasser.

8.2.7.7 Vorteile eines Dämmladens gegenüber einem Passivhausfenster im Sanierungsfall

Der Einsatz eines Dämmladens wird besonders im Sanierungsfall interessant. Der relevanteste Ort für einen solchen Vergleich ist Wien, da dort am meisten Fassadensanierungen durchgeführt werden. Deswegen wird dieser Vergleich für Wien durchgeführt. Es stellt sich die Frage, ob man bei einer Sanierung die Bestandsfenster eher durch ein Passivhausfenster austauscht oder ob man die Bestandsfenster durch die Anbringung von Dämmladern erhalten kann und dadurch denselben Effekt erzielen kann. Die folgenden Grafiken zeigen den Heizwärmebedarf für beide Sanierungsfälle.

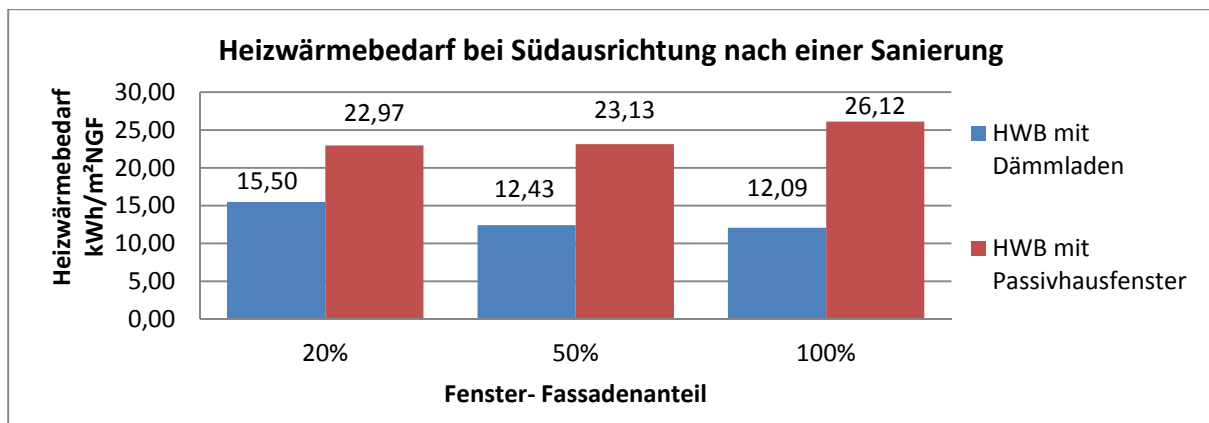


Abbildung 129: Heizwärmebedarf bei Südausrichtung nach einer Sanierung²⁵⁵

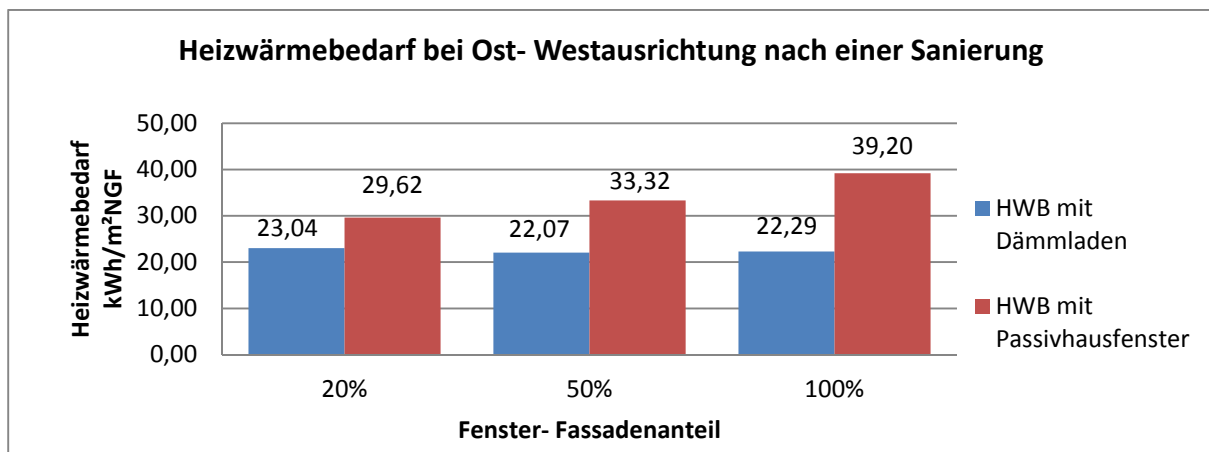


Abbildung 130: Heizwärmebedarf bei Ost- Westausrichtung nach einer Sanierung²⁵⁵

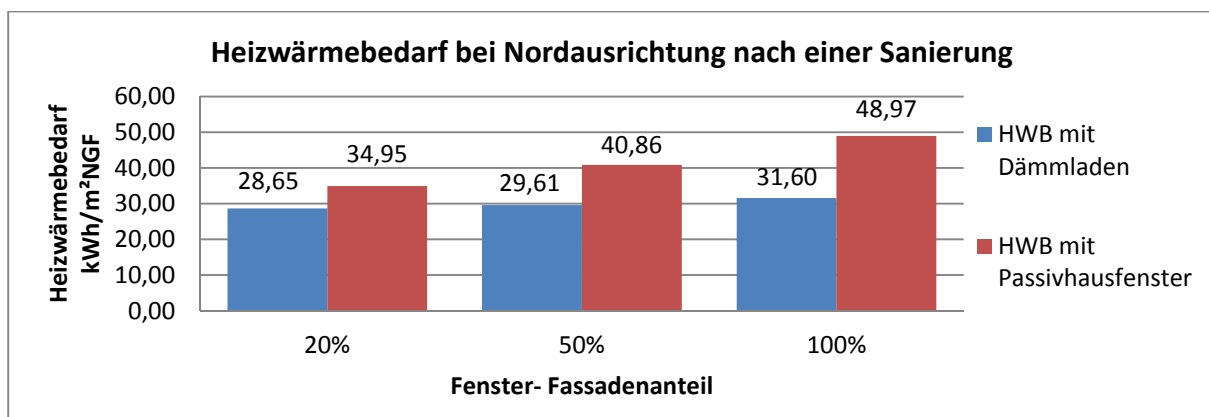


Abbildung 131: Heizwärmebedarf bei Nordausrichtung nach einer Sanierung²⁵⁵

²⁵⁵ Quelle: Vom Verfasser.

Im Hinblick auf den Kühlbedarf schneidet die Sanierungsvariante mit einem Dämmladen schlechter ab. Der Bessere U-Wert und der niedrigere g-Wert des Passivhausfensters sind eindeutig effektiver als nur eine zusätzliche Verschattung. Zu erwähnen ist aber, dass dies nur bei einem Fassadenanteil von mehr als 50% der Fall ist. Ein großes Potenzial besteht darin den Dämmladen auch bei Tag zu schließen, wenn der Bewohner nicht in der Wohnung ist, wie z.B. während der Arbeitszeit. Eine solche Steuerungsvariante könnte einen Dämmladen auch in Bezug auf den Kühlbedarf besser als das Passivhausfenster machen.

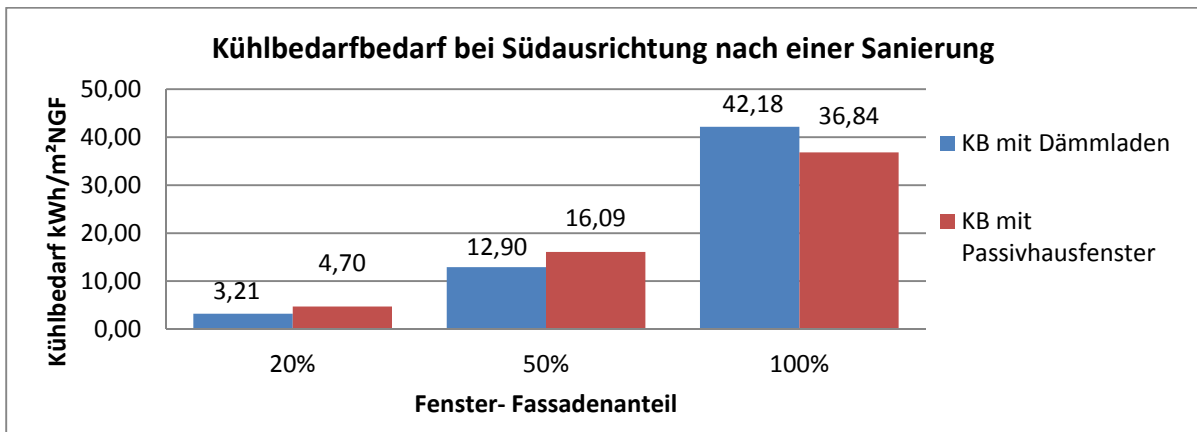


Abbildung 132: Kühlbedarf bei Südausrichtung nach einer Sanierung²⁵⁶

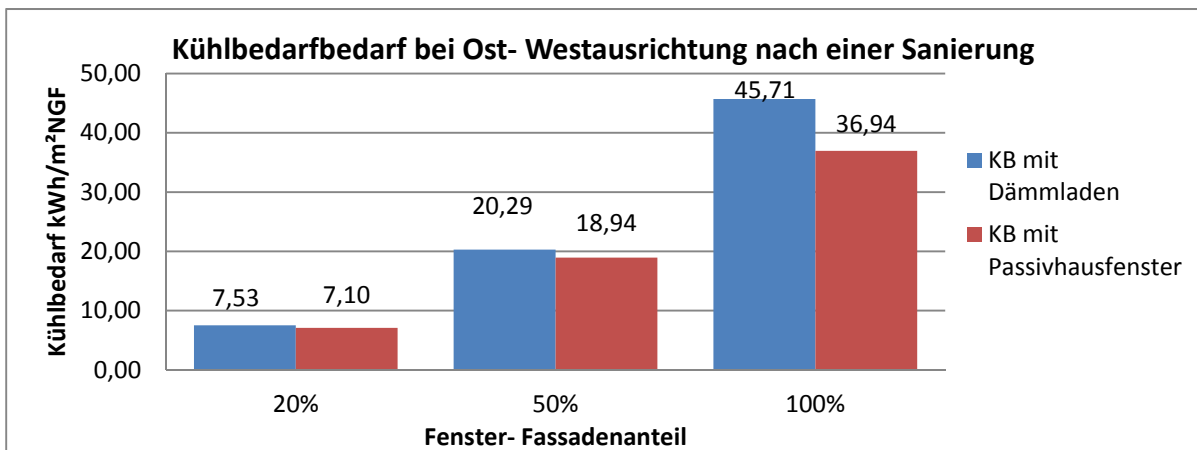


Abbildung 133: Kühlbedarf bei Ost- Westausrichtung nach einer Sanierung²⁵⁶

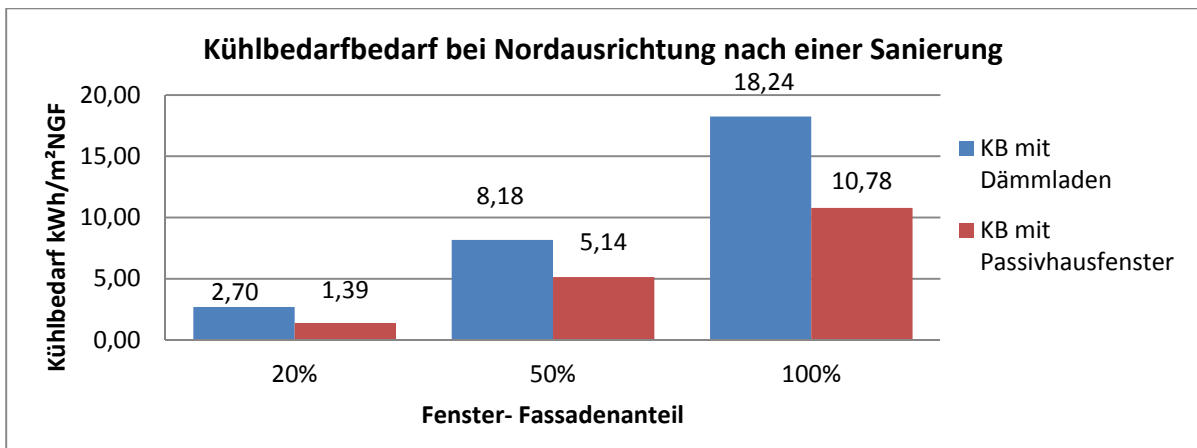


Abbildung 134: Kühlbedarf bei Nordausrichtung nach einer Sanierung²⁵⁶

²⁵⁶ Quelle: Vom Verfasser.

Auch wenn der Kühlbedarf der Dämmladenvariante teilweise höher ist als der der Passivhausfenstervariante, ist die Energiebilanz in allen Ausrichtungs- und Fassadenanteilvarianten besser. Das Beste Simulationsergebnis wurde in Innsbruck erreicht. Eine Wohnung die in Innsbruck mit 50% Fenster- Fassadenanteil nach Süden ausgerichtet ist und mit Dämmladen saniert wurde, verbraucht nämlich nur **15,51 kWh/m²NGF**.

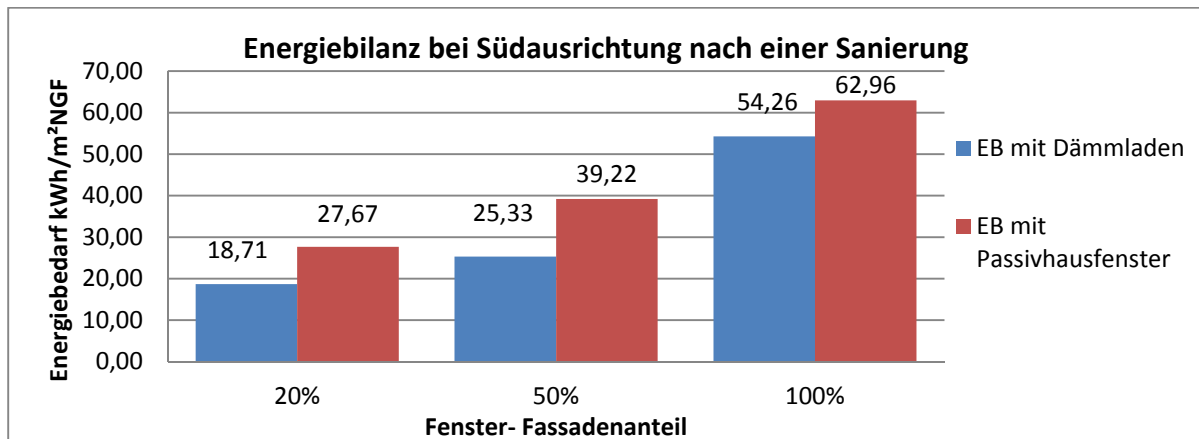


Abbildung 135: Energiebilanz bei Südausrichtung nach einer Sanierung²⁵⁷

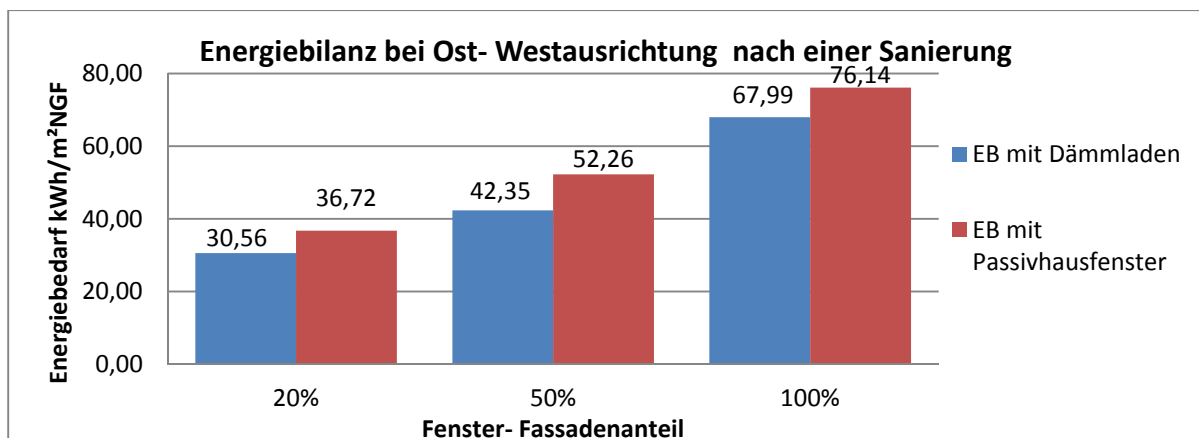


Abbildung 136: Energiebilanz bei Ost- Westausrichtung nach einer Sanierung²⁵⁷

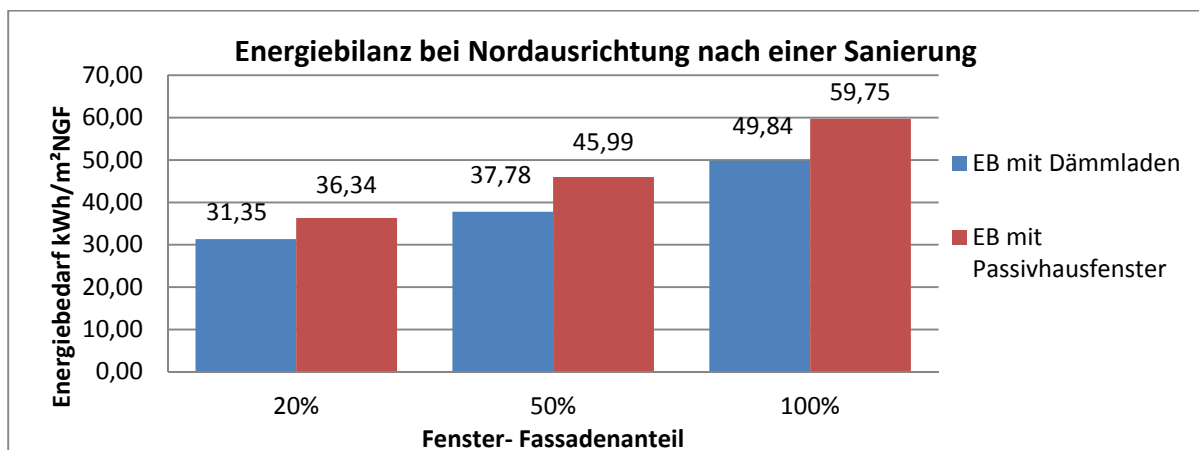


Abbildung 137: Energiebilanz bei Nordausrichtung nach einer Sanierung²⁵⁷

²⁵⁷ Quelle: Vom Verfasser.

9 Zusammenfassung und Ausblick

Ist ein solches Dämmladensystem patentierbar?

Es gibt bereits mannigfaltige Erfindungen, die den Bereich der Dämmläden gut abdecken. Also ist eine Patentanmeldung mit einem solchen System nicht sinnvoll, da maximal die Detaillösungen einen Neuheitswert enthalten.

Ist die Anbringung eines Dämmladens bewilligungspflichtig?

Im Falle der Stadt Wien wären Dämmläden auf jeden Fall bewilligungsfreie Bauvorhaben. Also ist kein Behördengang auf der MA37 notwendig. Die Anbringung des Ladens muss jedoch von der MA19 freigegeben werden wie ein üblicher Fenstertausch.

Sind Abgaben zu leisten?

Durch das Auskragen von klappbaren Elementen ist, im Falle des Hineinragens in den Luftraum, von der Stadt Wien (also nicht in Innenhöfen) eine jährliche Abgabe zu leisten. Da der erste Meter 14,5 € und jeder weitere 2,5 € kosten, empfiehlt es sich gleich die gesamte Fassade damit auszustatten. Bei Schiebeläden, die nicht mehr als 15 cm ausstehen, wird dies nicht notwendig werden, da sie dann als Zierelemente geführt werden. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Anbringung eines Dämmladens dieselben Behördengänge benötigt wie die eines Rollladens.

Sind Dämmläden förderungswürdig?

Dämmläden sind nur im Zuge einer Fassadensanierung förderbar, die einige andere Genehmigungen und den Austausch alter Bestandsfenster zur Folge hat. Diese Förderung ist nur in Kombination mit einem Energieausweis zu erhalten und temporäre Dämmungen sind in diesen noch nicht gängig.

Kann ein Dämmladen als energieproduzierendes Element genutzt werden?

Durch den idealen Aufstellwinkel können im Gegensatz zur herkömmlichen fassadenintegrierten Photovoltaik 30% an Effizienzsteigerung erreicht werden. Eine Nachführung durch Steuerung des Aufstellwinkels kann nochmals bis zu 10% Effizienzsteigerung bedeuten. Auf einer 200 m² Fassade (Fensteranteil 50%) können 50 m² Photovoltaik auf Dämmläden verbaut werden. Diese produziert mit Südausrichtung rund 8000 kWh/a, was einem durchschnittlichen Stromverbrauch von 8 Personen ohne Heiz- und Warmwasserverbrauch entspricht.

Wie verändert sich der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bestandfensters durch einen Dämmladen?

Je nach Qualität des innenliegenden Fensters kann eine Verbesserung des Wärmedurchgangskoeffizienten zwischen 50% und 80% erreicht werden. Die Anbringung eines Dämmladens ist durchaus eine Alternative zu einem Fenstertausch, da die U-Werte der Dämmladen-Fensterkombination besser sind als die eines Passivhausfensters. Die Simulation bestätigt dies.

Wie sieht die Ökobilanzierung eines Dämmfadens aus?

Da die Ökobilanzierung für das Bauteil selber nur die Herstellungsphase darstellt, ist diese nicht wirklich aussagekräftig. Der Unterschied zu einem herkömmlichen Fenster besteht nur im Plattenmaterial. Das wahre Einsparungspotenzial von Energie, CO₂-Ausstoß und auch im monetären Sinne erschließt sich erst in der Erfassung der Energieeinsparung durch das zusätzliche Fassadenelement.

Bilanziert ein Bestandsfenster mit Dämmfadens besser als ein Passivhausfenster?

Es kann gesagt werden, dass eine Wohnung mit Bestandsfenster - Dämmfadens Kombination in Wien immer um rund 10 kWh/m² besser bilanziert, als eine mit Passivhausfenster. Optimierungen durch bessere Steuerung des Dämmfadens ist durchaus möglich.

Wie sehr würde ein solches Bauteil den Energiebedarf in Österreich senken?

Bei den simulierten Varianten, die aus einer Kombination aus Bestandsfenster und Dämmfadens bestehen, kann eine Verbesserung von durchschnittlich 30% erreicht werden. Die Varianten, in denen Bestandsfenster mit 20% bis 50% Fassadenanteil und einem U-Wert von 1,1 W/m²K verbessert werden, sind die am Häufigsten auftretenden. 30% von 331 PJ, die jährlich in Österreich an Heiz- und Kühlenergie verbraucht werden, ergeben 99,3 PJ Ersparnis pro Jahr. Die Energieersparnis macht 9% des österreichischen Gesamtendenergiebedarfes (1.096 PJ) aus und wäre somit die Hälfte des Klimazieles für 2020. Zu erwähnen bleibt, dass die simulierte Variante noch Potential nach oben hat. Durch Optimierung der Steuerung und Verbesserung der erreichten U-Werte ist noch viel möglich.

10 Anhang

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Energieverlust durch Fenster im Vergleich zum weltweiten Endenergieverbrauch.....	4
Abbildung 2: Historisierender Fensterladen	5
Abbildung 3: Mérode – Triptychon: Robert Campin 1429	6
Abbildung 4: Reste des Fensters von Baltersan	6
Abbildung 5: Skizze des Fensterladens von Baltersan	6
Abbildung 6: Vegan House von Block Architects in Vietnam 2015.....	7
Abbildung 7: Fensterladen mit Lamellen. Verona (Verona, Italien)	8
Abbildung 8: Ausstellbarer Fensterladen mit vollflächiger Rahmenfüllung. Limone sul Garda (Brescia, Italien)	8
Abbildung 9: Fensterladenvariationen. Riva del Garda (Trento, Italien)	8
Abbildung 10: Ausstellbarer Fensterladen aus Holz, Rahmenkonstruktion mit Lamellen, mit Stangenschloss verschließbar. (Toskana, Italien) 9	
Abbildung 11: Falt-Schiebeladen aus Holz, farbig lackiert. (Spanien)	9
Abbildung 12: Feingliedriger Fensterladen als Holz- Rahmenkonstruktion mit Korbbogen, Rahmen für Fensterflügel passgenau in die Sandsteinleibung gesetzt. (Madeira, Portugal)	9
Abbildung 13: Beispiel eines Klappladens, Kairouan, Tunesien.....	10
Abbildung 14: Fensterfront , Tunesien.....	10
Abbildung 15: Indischer Fensterladen	11
Abbildung 16: Beispiel für Karibische Klapppläden	11
Abbildung 17: Vierteiliger Klappladen im Südwesten der Türkei	11
Abbildung 18: Klapppläden	12
Abbildung 19: Klapppläden 1687	12
Abbildung 20: Klapppläden 1784	12
Abbildung 21: Vergrößerung.....	13
Abbildung 22: : Meierhof in Hönig (Kanton Zürich)	13
Abbildung 23: Haus im Lötschetal.....	13
Abbildung 24: Haus in Brienz (1609)	13
Abbildung 25: Fenster mit Schiebelädchen (1664)	14
Abbildung 26: Haus von J. Voegeli und J. Kundert zu Rueti.....	14
Abbildung 27: Haus von Hofstetten (Kanton Zürich 1808).....	15
Abbildung 28: Haus in Meilen am Zürcher See (1618).....	15
Abbildung 29: Haus an der Gotthardstraße	15
Abbildung 30: Fensterschnitt Manneberger Mühle	16
Abbildung 31: Manneberger Mühle bei Effretikon	16
Abbildung 32: Fensterschnitt	17
Abbildung 33: Rosswiesli im Fuchsloch bei Fischenthal	17
Abbildung 34: Systemschnitt der Brüstung.....	17
Abbildung 35: Fensterladen von Birmensdorf	18
Abbildung 36: Manneberger Mühle.....	18
Abbildung 37: Bauphysikalisch Anforderungen und Funktionen moderner Fenster.....	20
Abbildung 38: Verglasungseigenschaften	24
Abbildung 39: Zulässige Verfahren zur Ermittlung des U-Wertes	25
Abbildung 40: Bauphysikalisches Verhalten von verschiedenen Fensterarten	26
Abbildung 41: Zusammenhang der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Eigenschaften von Isolierglas.....	31
Abbildung 42: Wirkungsweise Sonnenschutz.....	36
Abbildung 43: Doppelbehag-Jalousie für Bildschirmarbeitsplätze	38
Abbildung 44: Vorgehensweise bei der Erarbeitung einer Klassifizierung für zu öffnende Fenster mit Feuerschutzeigenschaften	39
Abbildung 45: Klassifizierung der Luftdurchlässigkeit gemäß ÖNORM EN 12207	40
Abbildung 46: Funktionsskizze der Fensterlüftung	41
Abbildung 47: Klapplüftung (Rahmeneinbau).....	41
Abbildung 48: Geprüfte Schalldämm-Maße bei unterschiedlichen Einfallswinkeln	45
Abbildung 49: Bewertete Schalldämm-Maße von Ein- und Zweischeibenverglasungen.....	46
Abbildung 50: Diagramm zur Bestimmung des erforderlichen Schalldämm-Maßes von Außenbauteilen oder Fenstern, Außentüren u.dgl. zur Erfüllung des resultierenden Schalldämm-Maßes $R_{res,w}$ in Abhängigkeit vom Fensteranteil	49
Abbildung 51: Bildliche Darstellung der Vorgaben nach OIB-Richtlinie 4.....	51
Abbildung 52: Ertrag einer PV-Anlage in Mittel-Europa.....	52
Abbildung 53: Gängige Kombinationen Zellentypen - Zellenabstände: Leistung und Abschattung in Relation	53
Abbildung 54: Skizzen	66
Abbildung 55: Hauptanforderungen an eine Fensterkonstruktion.....	66

Abbildung 56: Dämmwerte für verschiedene temporäre Formen eines Wärmeschutzes in den Nachtstunden	67
Abbildung 57: Beispiel des thermocollect® Fassadensystems	67
Abbildung 58: Funktionskizze der zeitlichen Nutzung eines Dämmladens	68
Abbildung 59: Dämmende Klappläden	68
Abbildung 60: Dämmende Schiebeläden	68
Abbildung 61: Dämmende Schiebe- Faltläden	69
Abbildung 62: Dreidimensionale Darstellung eines Dämmladens bestehend aus einer Dämmplatte und thermisch getrennten Stahlprofilen	69
Abbildung 63: Systemskizze des berechneten Beispiels.....	70
Abbildung 64: Wärmedämmfähigkeit verschiedener Dämmladensysteme bei Einsatz von EPS als Dämmmittel und in Abhängigkeit vom innenliegenden Fenster	73
Abbildung 65: Wärmedämmfähigkeit verschiedener Dämmladensysteme bei Einsatz von Vakuumdämmplatten als Dämmmittel und in Abhängigkeit vom innenliegenden Fenster	73
Abbildung 66: Prozentuelle Verbesserung der Dämmleistung verschiedener Fenster durch Dämmkläden	74
Abbildung 67: Solare Gewinne in Abhängigkeit vom Wärmedurchgangskoeffizienten in Wien pro Jahr	76
Abbildung 68: Verhältnis zwischen Wärmetransmissionsverlusten und Wärmegewinnen der untersuchten Verglasungen für Wien	78
Abbildung 69: Energiebilanz-Werte für verschiedene Verglasungen in Wien	79
Abbildung 70: Energiebilanz-Werte für verschiedene Verglasungen und der Dämmladenvarianten und dessen Verbesserung durch einen Dämmladen in Wien	81
Abbildung 71: Mögliche Varianten der Dämmplattenausführung	82
Abbildung 72: Systemskizze eines vertikal, klappenden Dämmladens mit der Zusatzfunktion als Lichtlenkungssystem	83
Abbildung 73: Funktionskizze zur Steuerung von Lichteinfallswinkeln	83
Abbildung 74: Systemskizze EI60C Dämmladen	84
Abbildung 75: Ausführungsbeispiel eines Brandschutz-Dämmladens (M 1:5)	85
Abbildung 76: Dichtungsanzahl des Dämmladensystems (M 1:5).....	86
Abbildung 77: Vertikalschnitt durch einen Dämmladen mit Aluminiumprofilen (M 1:2).....	87
Abbildung 78: Vertikalschnitt durch einen Dämmladen mit Stahlprofilen (M 1:2)	88
Abbildung 79: Horizontalschnitt der Aluminium- und der Stahlvariante des Dämmladens (M 1:2).....	89
Abbildung 80: Belüftungsvarianten in geschlossenem oder leicht geöffnetem Zustand	89
Abbildung 81: Wirkung von Klappläden bei Schlagregen.....	90
Abbildung 82: Systemskizze des schalltechnischen Verhaltens von Dämmkläden im Straßenbereich	91
Abbildung 83: Mögliche Einbauvarianten von vertikalen Schiebe- Faltläden als Absturzicherung.....	92
Abbildung 84: Innenbeleuchtung eines Dämmladens	93
Abbildung 85: Darstellung und Funktionsweise einer Dämmladenintegrierten PV-Anlage	93
Abbildung 86: Monatsmittelwerte der Elektrizitätsproduktion von 2 Anlagenvarianten mit verschiedenen Aufstellwinkeln und Orientierungen	94
Abbildung 87: Funktionskizze von fassaden- und dämmladenintegrierter PV	95
Abbildung 88: Monatsmittelwerte der Elektrizitätsproduktion einer 50 m ² dämmladenintegrierten PV-Anlage mit 36° Neigungswinkel	96
Abbildung 89: Monatsmittelwerte der Elektrizitätsproduktion einer 100 m ² fassadenintegrierten PV-Anlage	96
Abbildung 90: Monatsmittelwerte der Elektrizitätsproduktion von 2 Anlagenvarianten mit verschiedenen Aufstellwinkeln, Orientierungen und Kollektorflächen.....	97
Abbildung 91: Standortbezogene Monatsmittelwerte der Elektrizitätsproduktion von 2 Anlagenvarianten mit verschiedenen Aufstellwinkeln und Kollektorflächen	97
Abbildung 92: Entwurfsskizze eines einbruchsicheren Dämmladens aus faserverstärktem Kunststoff gegossen	98
Abbildung 93: Entwurfsskizze eines einbruchsicheren Dämmladens mit Verstärkter Dämmplatte	98
Abbildung 94: Wasserdichte Fensterläden in historischem Bestand (© Friedrich Mühling).....	99
Abbildung 95: Wasserdichte Fensterläden (© Friedrich Mühling).....	99
Abbildung 96: Verstärkte Fensterläden aus Holz gegen Lawindrücke zum Schutz von Dachgaupen (©Siegfried Sauermoser)	99
Abbildung 97: Verstärkte Fensterläden aus Holz gegen Lawindrücke (©Siegfried Sauermoser) ²⁰⁴	99
Abbildung 98: Vertikalschnitt eines wasserdichten Dämmladens in Verbund mit einer vorgesetzten Prallwand (M 1:5).....	100
Abbildung 99: Horizontalschnitt eines wasserdichten Dämmladens in Verbund mit einer vorgesetzten Prallwand (M 1:5).....	101
Abbildung 100: Dreidimensionale Liniengrafik eines Dämmladens	104
Abbildung 101: Horizontalschnitt (M 1:20)	104
Abbildung 102: Ansicht (M 1:20)	105
Abbildung 103: Vertikalschnitt mit geschlossenem Abschluss (M 1:20)	106
Abbildung 104:Vertikalschnitt mit offenem Abschluss (M 1:20).....	107
Abbildung 105: Detailschnitt 1 (M 1:2)	108
Abbildung 106:Detailschnitt 2 (M 1:2)	109

Abbildung 107: Detailschnitt 3 (M 1:2)	110
Abbildung 108: Detailschnitt 4 (M 1:2)	111
Abbildung 109: Detailschnitt 5 (M 1:2)	112
Abbildung 110: Isothermenbild eines Fensters ($U_w=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$)	114
Abbildung 111: Isothermenbild eines Fensters mit Dämmladen (Stahlrahmen; EPS-Dämmplatte)	115
Abbildung 112: Isothermenbild eines Fensters mit Dämmladen (Stahlrahmen; Vakuum-Dämmplatte)	116
Abbildung 113: Ausgewählte Standorte für die Simulation	118
Abbildung 114: Grundriss und Schnitt des simulierten Raumes	122
Abbildung 115: Wand- und Deckenaufbauten des Simulationsmodells	123
Abbildung 116: Dämmladenpositionen im Simulationsmodell	124
Abbildung 117: Heizwärmebedarfsverringerng bei Südausrichtung	136
Abbildung 118: Heizwärmebedarfsverringerng bei Ost- Westausrichtung	136
Abbildung 119: Heizwärmebedarfsverringerng bei Nordausrichtung	136
Abbildung 120: Kühlbedarfsverringerng bei Südausrichtung	137
Abbildung 121: Kühlbedarfsverringerng bei Ost- Westausrichtung	137
Abbildung 122: Kühlbedarfsverringerng bei Nordausrichtung	137
Abbildung 123: Heizwärmebedarf für W.a.2.S.	139
Abbildung 124: Kühlbedarf für W.a.2.S.248	139
Abbildung 125: Stundenwerte für den Kühlbedarf am Tag mit dem höchsten Kühlbedarf des Jahres	142
Abbildung 126: Wärmefluss durch das Fenster am Tag mit dem höchsten Kühlbedarf des Jahres	142
Abbildung 127: Stundenwerte für den Heizbedarf am Tag mit dem höchsten Heizbedarf des Jahres	145
Abbildung 128: Wärmefluss durch das Fenster am Tag mit dem höchsten Heizbedarf des Jahres ²⁵⁴	145
Abbildung 129: Heizwärmebedarf bei Südausrichtung nach einer Sanierung	146
Abbildung 130: Heizwärmebedarf bei Ost- Westausrichtung nach einer Sanierung	146
Abbildung 131: Heizwärmebedarf bei Nordausrichtung nach einer Sanierung	146
Abbildung 132: Kühlbedarfbedarf bei Südausrichtung nach einer Sanierung	147
Abbildung 133: Kühlbedarfbedarf bei Ost- Westausrichtung nach einer Sanierung	147
Abbildung 134: Kühlbedarfbedarf bei Nordausrichtung nach einer Sanierung	147
Abbildung 135: Energiebilanz bei Südausrichtung nach einer Sanierung	148
Abbildung 136: Energiebilanz bei Ost- Westausrichtung nach einer Sanierung	148
Abbildung 137: Energiebilanz bei Nordausrichtung nach einer Sanierung	148

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Endenergieverbrauch Österreich (1970-2012)	2
Tabelle 2: Endenergieverbrauch Österreich (1970-2012) bezogen auf dem Gesamtverbrauch und den Sektoren Dienstleistung/ Private Haushalte.....	2
Tabelle 3: Energetischer Endverbrauch nach Verbrauchszweck 2012 in Österreich.....	3
Tabelle 4: Allgemeine Anforderungen an Fenster und Fenstertüren	21
Tabelle 5: Besondere Anforderungen an Fenster und Fenstertüren.....	22
Tabelle 6: Wechselwirkung zwischen Eigenschaften und Bauteilen	22
Tabelle 7: Richtwerte Wärmedurchgangskoeffizienten von Isolierglas	27
Tabelle 8: Richtwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten von Fensterrahmen	28
Tabelle 9: Richtwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten von Fenstern.....	28
Tabelle 10: Zusätzlicher Wärmedurchlasswiderstand für Fenster mit geschlossenen Abschlüssen.....	29
Tabelle 11: Zusätzlicher Wärmedurchlasswiderstand für Fenster mit geschlossenen Abschlüssen.....	30
Tabelle 12: Kenngrößen für Verglasungen.....	32
Tabelle 13: Abminderungsfaktor z für bewegliche Sonnenschutzeinrichtungen	34
Tabelle 14: Richtwerte für den Gesamtenergie-Durchlassgrad transparenter Bauteile.....	35
Tabelle 15: Luftwechselzahlen in Abhängigkeit von der Lüftungsart	41
Tabelle 16: Klassifizierung der Schlagregendichtheit	42
Tabelle 17: Geländekategorien gemäß ÖNORM EN 1991-1-4.....	43
Tabelle 18: Prüfdrücke zu Klassifizierung der Windkraft gemäß ÖNORM EN 12210.....	43
Tabelle 19: Klassifizierung der relativen frontalen Durchbiegung gemäß ÖNORM EN 12210.....	43
Tabelle 20: Beanspruchungsklassen gemäß ÖNORM EN 1991 1 4	43
Tabelle 21: Schalldämm-Maße in Abhängigkeit der Konstruktionsart des Fensters und der Verglasung nach DIN 4109	44
Tabelle 22: Richtwerte für den Schallschutz von Einfachfenstern mit Dreifach-Isolierglas gemäß ÖNORM B 3710; die Summe der Dicke der Scheibenzwischenräume beträgt 24 mm.....	46
Tabelle 23: Planungsrichtwerte für gebietsbezogene Schallimmissionen.....	47
Tabelle 24: Mindest erforderliche Schalldämmung von Außenbauteilen	48
Tabelle 25: Unterschiedliche Zellentypen für individuelle Effizienz und Transparenz je nach gewünschter Abschattung.....	52
Tabelle 26: Widerstandsklassen mit Täterbeschreibung.....	54
Tabelle 27: Klassifizierung von Lawinenschutzfenstern nach ÖNORM B 5301.....	55
Tabelle 28: Auflistung von Patenten, die sich auf Dämm-ladenkonstruktionen beziehen	56
Tabelle 29: Wärmedurchlasswiderstand von ruhenden Luftschichten mit Oberflächen mit hohem Emissionsgrad	71
Tabelle 30: Wärmedurchgangskoeffizienten Dämm-laden + Innenfenster	74
Tabelle 31: Bestandsfensterverglasungen lt. Studie: Mehr Energie sparen mit neuen Fenstern von VFF und BF Deutschland.....	75
Tabelle 32: Handelsübliche Verglasungen	75
Tabelle 33: Berechnung der solaren Gewinne verschiedener Fenster in Abhängigkeit der Ausrichtung	76
Tabelle 34: Wärmedurchgangskoeffizient, Gesamtenergie-durchlassgrade und Energiebilanz-Werte für historische Verglasungsarten in Wien	78
Tabelle 35: Wärmedurchgangskoeffizient, Gesamtenergie-durchlassgrade und Energiebilanz-Werte für moderne Verglasungsarten in Wien	79
Tabelle 36: Diagramm zur Ermittlung des Deckelfaktors D.....	80
Tabelle 37: Wärmedurchgangskoeffizient, Gesamtenergie-durchlassgrad und Energiebilanz-Wert für historische Verglasungen und dessen Verbesserung durch einen Dämm-laden in Wien.....	80
Tabelle 38: Wärmedurchgangskoeffizient, Gesamtenergie-durchlassgrad und Energiebilanz-Wert für moderne Verglasungen und dessen Verbesserung durch einen Dämm-laden in Wien.....	81
Tabelle 39: Monatsmittelwerte der Elektrizitätsproduktion einer PV-Anlage mit verschiedenen Aufstellwinkeln	94
Tabelle 40: Monatsmittelwerte der Elektrizitätsproduktion einer PV-Anlage mit verschiedenen Aufstellwinkeln im Vergleich zu einer mit fixem Aufstellwinkel in südlicher Richtung	95
Tabelle 41: Ökobilanzierung auf Rahmen- und Plattenmaterial aufgeteilt	102
Tabelle 42: Ökologische Bewertung von Dämm-läden in verschiedener Ausführung.....	103
Tabelle 43: Gemittelte Klimadaten für Wien - Hohe Warte	119
Tabelle 44: Gemittelte Klimadaten für Innsbruck	120
Tabelle 45: Gemittelte Klimadaten für Heiligenblut am Großglockner	121
Tabelle 46: Fenstervariablen der Simulation	125
Tabelle 47: Indexschlüssel für Simulationsvarianten	126
Tabelle 48: Heiz- und Kühlbedarf für Wien mit Fenster- Fassadenanteil von 20%.....	127
Tabelle 49: Heiz- und Kühlbedarf für Wien mit Fenster- Fassadenanteil von 50%.....	128
Tabelle 50: Heiz- und Kühlbedarf für Wien mit Fenster- Fassadenanteil von 100%.....	129
Tabelle 51: Heiz- und Kühlbedarf für Innsbruck mit Fenster- Fassadenanteil von 20%	130
Tabelle 52: Heiz- und Kühlbedarf für Innsbruck mit Fenster- Fassadenanteil von 50%	131
Tabelle 53: Heiz- und Kühlbedarf für Innsbruck mit Fenster- Fassadenanteil von 100%.....	132

Tabelle 54: Heiz- und Kühlbedarf für Heiligenblut a.G. mit Fenster- Fassadenanteil von 20%.....	133
Tabelle 55: Heiz- und Kühlbedarf für Heiligenblut a.G. mit Fenster- Fassadenanteil von 50%.....	134
Tabelle 56: Heiz- und Kühlbedarf für Heiligenblut a.G. mit Fenster- Fassadenanteil von 100%.....	135
Tabelle 57: Monatsmittelwerte für W.a.2.S. mit Dämm-laden	138
Tabelle 58: Monatsmittelwerte für W.a.2.S. ohne Dämm-laden	138
Tabelle 59: Stundenbilanz-Werte für den Tag mit höchstem Kühlbedarf des Jahres (22. Jul)	140
Tabelle 60: Stundenbilanz-Werte für den Tag mit höchstem Kühlbedarf des Jahres (22. Juli).....	141
Tabelle 61: Stundenbilanz-Werte für den Tag mit höchstem Heizbedarf des Jahres (15. Jan).....	143
Tabelle 62: Stundenbilanz-Werte für den Tag mit höchstem Heizbedarf des Jahres (15. Jan).....	144

Literaturnachweis

Fachbücher

Andrea und Winfried Hänel: Fensterläden : Funktion, Konstruktion und Gestaltung; München : DVA; 2005

Glabach, Ernst: Der schweizer Holzstyl: in seinen cantonalen und constructiven Verschiedenheiten vergleichend dargestellt mit Holzbauten Deutschlands. [1]; Darmstadt : Koehler; 1868

Glabach, Ernst: Der schweizer Holzstyl: in seinen cantonalen und constructiven Verschiedenheiten vergleichend dargestellt mit Holzbauten Deutschlands. [2]; Darmstadt : Koehler; 1883

Glabach, Ernst: Die Holz-Architektur der Schweiz; Zürich [u.a.] : Füssli; 1885

Pech, Pommer, Zeininger: Baukonstruktionen Band 11; Fenster; Vienna : Springer-Verlag/Wien; 2005

Christian Pöhn ; Anton Pech ; Thomas Bednar; Wolfgang Streicher; Bauphysik. [Hauptbd.]; Wien [u.a.] : Springer; 2004

Johannes Volland ; Michael Pils ; Timo Skora ; Wärmebrücken : erkennen, optimieren, berechnen, vermeiden; Köln : Müller; 2012

Norbert Bogusch ; Thomas Duzia; Basiswissen Bauphysik : [Grundlagen des Wärme- und Feuchteschutzes]; Stuttgart : Fraunhofer IRB Verl.; 2012

Baus, Siegele: Öffnungen: vom Entwurf bis zur Ausführung; München: DVA; 2006

Ulrich Sieberath, Christian Niemöller: Kommentar zur DIN EN 14351-1 : Fenster und Türen - Produktnorm, Leistungseigenschaften - Teil 1: Fenster und Außentüren ohne Eigenschaften bezüglich Feuerschutz und/oder Rauchdichtheit; 2010

Jürgen Suda, Florian Rudolf-Miklau: Bauen und Naturgefahren: Handbuch für konstruktiven Gebäudeschutz; Springer Vienna: Vienna; 2012

Martin Treberspurg: Neues Bauen mit der Sonne : Ansätze zu einer klimagerechten Architektur; Springer Vienna: Vienna; 2009

Normen und Rechtschriften

ÖNORM B 5300, 2007 11 01: Fenster - Anforderungen - Ergänzungen zur ÖNORM EN 14351-1

ÖNORM B 5301, 2003 05 01: Lawinenschutzfenster und -Türen – allgemeine Feststellung, Anforderungen und Klassifizierung

ÖNORM B 8110-1, 2011 11 01: Wärmeschutz im Hochbau - Teil 1: Deklaration des Wärmeschutzes von Niedrig- und Niedrigstenergiegebäuden - Heizwärmebedarf und Kühlbedarf

ÖNORM B 8110-2, 2003 07 01: Wärmeschutz im Hochbau - Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz

ÖNORM B 8110-3, 2012 03 15: Wärmeschutz im Hochbau - Teil 3: Vermeidung sommerlicher Überwärmung

ÖNORM B 8110-4, 2011 07 15: Wärmeschutz im Hochbau - Betriebswirtschaftliche Optimierung des Wärmeschutzes

ÖNORM B 8110-5, 2011 03 01: Wärmeschutz im Hochbau - Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile

ÖNORM B 8110-6, 2014 11 15: Wärmeschutz im Hochbau - Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren - Heizwärmebedarf und Kühlbedarf - Nationale Festlegungen und nationale Ergänzungen zur ÖNORM EN ISO 13790

ÖNORM B 8115-2, 2006 12 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz

ÖNORM B 8115-4, 2003 09 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau, Teil 4: Maßnahmen zur Erfüllung der schalltechnischen Anforderungen

ÖNORM EN 1026, 2000 10 01: Fenster und Türen - Luftdurchlässigkeit - Prüfverfahren

ÖNORM EN 1027, 2000 10 01: Fenster und Türen - Schlagregendichtheit - Prüfverfahren

ÖNORM EN 1627, 2011 08 01: Türen, Fenster, Vorhangfassaden, Gitterelemente und Abschlüsse - Einbruchhemmung – Anforderungen und Klassifizierung

ÖNORM EN 1634-1, 2014 02 15: Feuerwiderstandsprüfungen und Rauchschutzprüfungen für Türen, Tore, Abschlüsse, Fenster und Baubeschläge - Teil 1: Feuerwiderstandsprüfungen für Türen, Tore, Abschlüsse und Fenster

ÖNORM EN 1991-1-4, 2011 05 15: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten (konsolidierte Fassung)

ÖNORM EN 12210, 2002 12 01: Fenster und Türen – Widerstandsfähigkeit bei Windlast – Klassifizierung (EN 12210:1999 + AC:2002)

ÖNORM EN 12207, 2000 02 01: Fenster und Türen – Luftdurchlässigkeit – Klassifizierung

ÖNORM EN 12208, 2000 02 01: Fenster und Türen – Schlagregendichtheit – Klassifizierung (EN 12208:1999)

ÖNORM EN 13363-1, 2009 02 01: Sonnenschutzeinrichtungen in Kombination mit Verglasungen - Berechnung der Solarstrahlung und des Lichttransmissionsgrades - Teil 1: Vereinfachtes Verfahren (konsolidierte Fassung)

ÖNORM EN 13363-2, 2006 07 01: Sonnenschutzeinrichtungen in Kombination mit Verglasungen - Berechnung der Solarstrahlung und des Lichttransmissionsgrades - Teil 2: Detailliertes Berechnungsverfahren

ÖNORM EN 13501-2, 2010 02 15: Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen

ÖNORM EN 14351-1, 2010 06 01: Fenster und Türen - Produktnorm, Leistungseigenschaften - Teil 1: Fenster und Außentüren ohne Eigenschaften bezüglich Feuerschutz und/oder Rauchdichtheit

ÖNORM EN 14600, 2006 03 01: Tore, Türen und zu öffnende Fenster mit Feuer- und/oder Rauchschutzeigenschaften – Anforderungen und Klassifizierung

ÖNORM EN 15804, 2014 04 15: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte

ÖNORM EN ISO 6946, 2008 04 01;: Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchlasskoeffizient – Berechnungsverfahren

ÖNORM EN ISO 10077-1, 2010 05 15: Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen - Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten - Teil 1: Allgemeines (ISO 10077-1:2006 + Cor 1:2009) (konsolidierte Fassung)

ÖNORM EN ISO 10077-2, 2012 11 15: Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen - Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten - Teil 2: Numerisches Verfahren für Rahmen (ISO 10077-2:2012 + Cor 1:2012) (konsolidierte Fassung)

ÖNORM EN ISO 12567-1+AC, 2010 12 15: Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern und Türen - Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten mittels des Heizkastenverfahrens - Teil 1: Komplette Fenster und Türen (ISO 12567-1:2010 + Cor 1:2010) (konsolidierte Fassung)

ÖNORM EN ISO 12567-2; , 2006 03 01: Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern und Türen - Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten mittels des Heizkastenverfahrens - Teil 2: Dachflächenfenster und andere auskragende Fenster (ISO 12567-2:2005)

ÖNORM EN ISO 13790, 2008 10 01: Energieeffizienz von Gebäuden - Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung (ISO 13790:2008)

ÖNORM EN ISO 14438, 2002 11 01: Glas im Bauwesen - Bestimmung des Energiebilanz-Wertes - Berechnungsverfahren (ISO 14438:2002)

Österreichisches Institut für Bautechnik: OIB-Richtlinie 4; 2015

Kataloge

Technischer Daten Katalog Fa. RENSON

ERTEX SOLAR Katalog HIGHLIGHTS Gebäudeintegrierte Photovoltaik

Lieferprogramm Janisol Fenster 2015

Schüco Fenster AWS 70, 2015