

**TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN**

**VIENNA  
UNIVERSITY OF  
TECHNOLOGY**

# **DIPLOMARBEIT**

**Master's Thesis**

## **Anwendung von Vakuumdämmungen im Hochbau**

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

**Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Andreas Kolbitsch**

und als verantwortlich mitwirkenden Assistenten

**Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn. Sinan Korjenic**

am

**Institut für Hochbau und Technologie  
Zentrum für Hochbaukonstruktionen und Bauwerkserhaltung**

eingereicht an der Technischen Universität Wien  
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

**Gerhard Grünkranz**

**9726013**

Adalbert Stifter-Gasse 1  
A – 2345 Brunn am Gebirge

Brunn am Gebirge, im Februar 2007

.....  
(Gerhard Grünkranz)

## **Vorwort**

An dieser Stelle möchte ich mich bei Herrn Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Andreas Kolbitsch und Herrn Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn. Sinan Korjenic für die Betreuung meiner Diplomarbeit bedanken.

Mein besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mir mein Studium ermöglicht und mich stets unterstützt haben. Ihnen ist diese Arbeit gewidmet.

## **Kurzfassung**

Vakuum-Isolationspaneele sind mehrkomponentige Hochleistungsdämmstoffe, die sich durch eine im Vergleich zu herkömmlichen Dämmstoffen um Faktor 5 bis 10 geringere Wärmeleitfähigkeit auszeichnen – somit können durch die Anwendung von Vakuumdämmungen die erforderlichen Dämmstoffdicken deutlich reduziert werden.

Im ersten Teil dieser Arbeit werden die Grundlagen der Vakuumdämmung erläutert. Neben dem Aufbau und der Herstellung werden die physikalischen Grundlagen der Wirkungsweise der Vakuumdämmung beschrieben; ebenso wird auf das Alterungsverhalten, den thermischen Randeffekt sowie die Verarbeitbarkeit eingegangen.

Im zweiten Teil wird die Anwendung als Außendämmung für massive Wände aus Mauerwerk oder Beton analysiert; nach einer Beschreibung geeigneter mechanischer Montagesysteme werden die Wärmedurchgangskoeffizienten ausgewählter Wandaufbauten unter Berücksichtigung der Wärmebrückenwirkung der Befestigungsmittel mittels der Methode der Finiten Elemente berechnet. Ebenso erfolgt eine feuchtetechnische Beurteilung der Wandsysteme.

Im dritten Teil der Arbeit wird die Anwendung als Wärmebrückendämmung in der Sanierung betrachtet. Am Beispiel einer Fensterleibung mit unterschiedlichen Einbaulagen des Fensters und unterschiedlichen Wanddämmungen wird der thermische Leitwert dieses Wärmebrückenbereichs ohne Leibungsdämmung, mit einer konventionellen Leibungsdämmung und mit einer Leibungsdämmung aus Vakuum-Isolationspaneelen berechnet.

## **Abstract**

Vacuum Isolation Panels are high performance insulating elements with a thermal conductivity 5 to 10 times lower than those of conventional insulating materials. Therefore the use of Vacuum Isolation Panels can significantly reduce the necessary thickness of thermal insulation.

The first part of this master thesis deals with the principals of Vacuum Isolation Panels. Besides the construction and the production of the panels, the physical basics of the thermal performance are described, as well as the aging mechanism, the thermal bridge effect of the edges and the workability.

In the second part the use of Vacuum Isolation Panels as external heat insulation for solid walls of masonry or concrete is analyzed. After a description of suitable mechanical fixing systems, the U-values of selected wall constructions under consideration of the thermal bridge effects of the fixing systems are calculated by using the Finite Element Method.

The third part of this master thesis deals with the use of Vacuum Isolation Panels as insulation elements for thermal bridges in the renovation. With an example of a reveal with various mounting positions of the window and different thermal insulations of the wall, the thermal conductance of this thermal bridge is calculated without reveal insulation, with a reveal insulation of conventional insulating material and with a reveal insulation of Vacuum Isolation Panels.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Vakuumdämmung</b>	<b>2</b>
2.1	Begriffsbestimmung und geschichtliche Entwicklung	2
2.2	Wärmetransport in Dämmstoffen	4
2.3	Aufbau und Herstellung	7
2.3.1	Kernmaterial	9
2.3.2	Hüllfolie	12
2.3.3	Getter und Trocknungsmittel	15
2.3.4	Kontrollsystem	16
2.3.5	Schutzumhüllung	17
2.4	Alterungsverhalten	18
2.4.1	Einflussfaktoren	18
2.4.2	Quantitative Erfassung	21
2.5	Thermischer Randeffect	22
2.6	Wasserdampfdiffusion	25
2.7	Verarbeitung	26
2.8	Lieferformen	27
<b>3</b>	<b>Anwendung als Außendämmung für massive Wände</b>	<b>28</b>
3.1	Zielsetzung	28
3.2	Befestigungstechnik	29
3.2.1	Schienensystem	29
3.2.2	Lattung	32
3.2.3	Dübelung von Verbundplatten	33
3.3	Wärmetechnische Untersuchungen	35
3.3.1	Untersuchte Wandkonstruktionen und Materialien	35
3.3.2	Wärmetechnische Grundlagen und Berechnungsverfahren	39
3.3.3	Wärmetechnische Rechenwerte	41
3.3.4	Ergebnisse	42
3.4	Feuchtetechnische Untersuchungen	46
3.4.1	Feuchtetechnische Grundlagen und Rechenwerte	46
3.4.2	Kondensation an der inneren Bauteiloberfläche	47
3.4.3	Kondensation im Inneren des Bauteils	49



<b>4</b>	<b>Anwendung als Leibungsdämmung in der Sanierung</b>	<b>50</b>
4.1	Zielsetzung	50
4.2	Befestigung der Leibungsdämmung	50
4.3	Untersuchte Varianten	52
4.4	Theoretische Grundlagen und Berechnungsverfahren	53
4.5	Wärmetechnische Rechenwerte	54
4.6	Ergebnisse	55
	<b>Symbolverzeichnis</b>	<b>57</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>58</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>59</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>60</b>
<b>Anhang A Systemzeichnungen und Berechnungsergebnisse</b>		
A.1	Systemzeichnungen Wandaufbauten	A- 1
A.2	Berechnung der Wärmedurchgangskoeffizienten der Wandsysteme	A- 7
A.3	Nachweise der Kondensation im Bauteilinneren	A-43
A.4	Systemzeichnungen Fensterleibungen	A-48
A.5	Berechnung der thermischen Leitwerte der Fensterleibungen	A-56
<b>Anhang B Produktinformationen</b>		
B.1	„Allgemeine Verarbeitungs- und Anwendungshinweise für va-Q-vip“	[27]
B.2	„Anwendungshinweise für Vakuumdämmplatten va-Q-vip im Baubereich“	[28]
B.3	Datenblatt „POREX THERM Vacupor <sup>®</sup> NT“	[18]
B.4	Datenblatt „va-Q-tec: va-Q-vip“	[19]
B.5	Datenblatt „ZZ Wancor Vacucomp“	[23]
B.6	Datenblatt „Wienerberger POROTHERM 25-38 Objekt Plan“	[35]
B.7	Datenblatt „Puren Purenit“	[37]
B.8	Datenblatt „Baumit SchlagDübel NT U“	[40]
B.9	Datenblatt „Baumit FassadenDämmplatte EPS-F“	[42]
B.10	Datenblatt „Baumit MPI 20“	[43]
B.11	Datenblatt „Baumit KlebeSpachtel“	[44]
B.12	Datenblatt „Baumit SilikatPutz“	[45]
B.13	Datenblatt „Wienerberger Mauerziegel AÖF voll“	[53]
B.14	Datenblatt „ISOVER Vorsatzschalen-Dämmplatte VSDP“	[54]
B.15	Preisliste „THERMO-SYSTEMS Standardpaneele (va-Q-vip)“	[52]

# 1 Einleitung

Seit einigen Jahren werden immer höhere Anforderungen an den Wärmeschutz von Bauteilen gestellt; Ziel dabei ist primär die Einsparung von Heizenergie. Diese Anforderungen spiegeln sich in den aktuellen Bauordnungen, Wohnbauförderungen und Normen wieder. Die Ursache ist in einem gestiegenen Umweltbewusstsein zu suchen – Schadstoffemissionen sollen reduziert und nicht erneuerbare Energieressourcen sollen geschont werden. Angesichts der hohen Energiepreise ist ein sparsamer Umgang mit Heizenergie aber auch aus wirtschaftlicher Sicht interessant.

Der Forderung nach besonders niedrigen U-Werten der Außenbauteile zur Minimierung der Transmissionswärmeverluste kann zumeist nur durch den Einsatz von großen Dämmstoffdicken nachgekommen werden – so sind Zusatzdämmungen bis zu 20 cm und mehr heute durchwegs üblich. Diese Dämmstoffdicken können jedoch eine massive Einbuße an Wohnnutzfläche bedeuten; der Wunsch nach geringeren Dämmstoffdicken seitens Bauherren bzw. Bauträgern ist somit durchaus verständlich.

Einen Ausweg aus dieser Zwickmühle können so genannte Hochleistungsdämmstoffe darstellen – also Dämmstoffe, die sich durch eine besonders geringe Wärmeleitfähigkeit auszeichnen. Mit solchen Dämmstoffen können Wandkonstruktionen ausgeführt werden, die bei einer geringeren Stärke den gleichen Wärmeschutz aufweisen wie dickere Konstruktionen mit konventionellen Dämmstoffen.

Ein besonderer Hochleistungsdämmstoff ist Vakuumdämmung; ein Dämmmaterial mit einer Wärmeleitfähigkeit, die um Faktor 5 bis 10 unter jener von herkömmlichen Dämmstoffen liegt. Die Verwendung dieses Materials kann sowohl im Neubau, aber auch in der Sanierung durchwegs interessant sein. Dabei darf jedoch nicht unberücksichtigt bleiben, dass der Einbau von Vakuumdämmungen aufgrund der speziellen Eigenschaften und der Empfindlichkeit des Materials besonders hohe Anforderungen an Planung und Ausführung stellt.

Im Zuge dieser Diplomarbeit sollen neben einer Beschreibung dieses relativ neuen Materials die Anwendungsmöglichkeiten von Vakuumdämmungen im Hochbau an konkreten Beispielen analysiert und besonders aus wärmetechnischer Sicht untersucht werden. Dabei wird sowohl der Einsatz als Zusatzdämmung für massive Wände aus Mauerwerk und Beton im Neubau betrachtet, als auch die Verwendung als Wärmebrückendämmung im Bereich der Fensterleibung in der Sanierung.

## 2 Vakuumdämmung

### 2.1 Begriffsbestimmung und geschichtliche Entwicklung

Im Folgenden soll der Begriff Vakuumdämmung näher erläutert bzw. im Sinne dieser Arbeit abgegrenzt werden.

Bei dem Begriff Vakuumdämmung handelt es sich um einen umgangssprachlich verwendeten Ausdruck, der in der Fachliteratur und in den Herstellerangaben eher selten gebraucht wird. Vielmehr werden – je nach beschriebenen System – die Fachbegriffe Vacuum Isolation Panel (VIP), im deutschen Sprachraum auch als Vakuum-Isolationspaneel bezeichnet, und Vacuum Insulating Sandwich (VIS), im deutschen Sprachraum auch Vakuum Isolationssandwich genannt, verwendet. Der Unterschied zwischen diesen beiden Systemen liegt in der statischen Tragfähigkeit der Elemente. Als Vakuum-Isolationspaneel (VIP) werden nicht tragende Dämmelemente mit einer Hülle aus Folie bezeichnet, während als Vakuum-Isolationssandwich (VIS) tragende Dämmelemente mit einer Hülle aus Edelstahlblech bezeichnet werden [1]. Da in dieser Arbeit die Anwendung von Vakuumdämmungen im Massivbau – also einer Bauweise, bei der die Lastabtragung über massive Wände und Decken erfolgt – behandelt werden soll, und somit eine statische Tragwirkung des Dämmelements nicht erforderlich ist, wird im Folgenden ausschließlich auf das System Vakuum-Isolationspaneel (VIP) eingegangen.

Vakuum-Isolationspaneel sind Wärmedämmelemente, die in der Literatur und von den Herstellern gerne als Hochleistungswärmedämmstoffe bezeichnet werden. Es stellt sich daher grundsätzlich die Frage, was ein Vakuum-Isolationspaneel zu einem Hochleistungsdämmstoff macht. Dazu muss jedoch vorerst geklärt werden, wie der Begriff Wärmedämmstoff definiert werden kann. Als Dämmstoffe werden naturgemäß Stoffe bezeichnet, die zur Verbesserung des Wärme- oder Schallschutzes von Bauteilen geeignet sind [2]. Somit ist die primäre Anforderung, die an einen Wärmedämmstoff gestellt wird, seine Eigenschaft der Wärmedämmung. Als Maß für die Wärmedämmung eines Stoffes wird im Bauwesen generell die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  in W/mK benutzt, welche definiert ist als jene Wärmemenge, die durch eine Fläche von 1 m<sup>2</sup> bei einer Temperaturdifferenz von 1 K und einer Schichtstärke von 1 m in 1 s hindurchfließt [3]. Die Wärmeleitfähigkeit ist ein Stoffkonstante und somit ein baustoffspezifischer Kennwert, der unabhängig von der Dicke des Stoffes und seiner Einbausituation ist. Je kleiner die Wärmeleitfähigkeit eines Stoffes ist, desto besser ist seine wärmedämmende Wirkung; es ist daher offensichtlich, dass ein Wärmedämmstoff eine möglichst kleine Wärmeleitfähigkeit aufweisen soll. In [4] werden Dämmstoffe als Stoffe definiert, die eine geringe Rohdichte und eine Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda < 0,1$  W/mK aufweisen. Betrachtet man die wärmetechnischen Eigenschaften von üblichen, häufig im Bauwesen eingesetzten Dämmstoffen, so stellt man fest, dass die Wärmeleitfähigkeit dieser Stoffe im Bereich von  $\lambda = 0,090$  W/mK (Holzwolle-Leichtbauplatten) bis  $\lambda = 0,025$  W/mK (Polyurethan-Hartschaum) liegt [5]. Vakuum-Isolationspaneel hingegen werden ihrer Bezeichnung als Hochleistungsdämmstoffe dadurch gerecht, indem sie im Vergleich zu diesen konventionellen Dämmstoffen eine um Faktor 5 bis 10 geringere Wärmeleitfähigkeit aufweisen [6].

Abbildung 1 zeigt Vakuum-Isolationspaneele verschiedener Hersteller in mehreren Formaten.



*Abbildung 1: Vakuum-Isolationspaneele verschiedener Hersteller, aus [12]*

Vakuum-Isolationspaneele sind mehrkomponentige Dämmelemente. Sie bestehen aus einem porösen Kern, der in der Vakuumkammer in eine gasdichte Hüllfolie eingeschweißt wird. Diese Evakuierung ist die Ursache für die äußerst geringe Wärmeleitfähigkeit der Paneele. Das Prinzip, das dieser Technologie zu Grunde liegt, wurde im Jahr 1890 von dem englischen Physiker James Dewar entdeckt, der die ersten doppelwandigen Glasgefäße mit evakuiertem Zwischenraum – die nach ihm benannten Dewargefäße – herstellte. Die deutsche Firma Thermos GmbH begründete 1904 die industrielle Fertigung solcher Gefäße und wurde somit Namensgeber für die jedermann bekannte Thermoskanne. In den 70-er Jahren des 20. Jahrhunderts gelang dann die Entwicklung der ersten flachen evakuierten Isolationselemente in Form der Vakuum-Isolationspaneele. Im Gegensatz zur Thermoskanne oder zu den so genannten Kryogefäßen bestanden die Hüllen dieser Paneele nicht aus Glas bzw. Edelstahl, sondern aus mehrschichtigen Hochbarrierefolien, in die verschiedene Kernmaterialien unter Vakuum eingeschweißt wurden. Anwendung fanden die Isolationselemente zuerst beim Einsatz in Kühl- und Gefriergeräten. Erst durch die Optimierung von Hüllfolien und Kernmaterialien konnten in neuerer Zeit Vakuum-Isolationspaneele entwickelt werden, die im Stande sind, das erforderliche Vakuum über einen längeren Zeitraum – etwa 30 bis 50 Jahre – aufrecht zu erhalten. Damit wurde auch der Einsatz von evakuierten Dämmelementen im Bauwesen interessant bzw. überhaupt erst möglich [13].

Vakuum-Isolationspaneele werden heute in mehren Bereichen der Technik eingesetzt. Neben ihrem ursprünglichen Einsatz in Kühl- und Gefriergeräten finden sie Anwendung bei der Isolierung von Tanks und Containern, als Verpackungsmaterial für Lebensmittel oder pharmazeutische Produkte, aber auch im Bauwesen. Die für den jeweiligen Verwendungszweck angebotenen Paneele unterscheiden sich aufgrund ihres Aufbaus grundsätzlich in ihrer Lebensdauer; so weisen z.B. Paneele für Verpackungen oder Kühlgeräte eine wärmetechnische Lebensdauer von etwa 15 Jahren [57] auf, während Paneele für den Baubereich laut Herstellerangaben eine Lebensdauer bis zu 50 Jahren erreichen können. Daher soll an dieser Stelle eine weitere Einschränkung für die betrachteten Dämmelemente getroffen werden; in dieser Arbeit sollen nur jene Vakuum-Isolationspaneele behandelt werden, die aufgrund ihrer höheren Lebensdauer im Bauwesen Anwendung finden können und für diesen Einsatzbereich auch von den Herstellern angeboten werden.

## 2.2 Wärmetransport in Dämmstoffen

Um den Grund dafür zu verstehen, warum sich die Wärmeleitfähigkeit von Vakuum-Isolationspaneelen so signifikant von der Wärmeleitfähigkeit konventioneller Dämmstoffe unterscheidet, ist es vorerst erforderlich, sich mit dem Wärmetransport in Stoffen, insbesondere in Dämmstoffen, näher zu befassen. Obwohl die physikalischen Ursachen und Mechanismen, die dem Wärmetransport – das heißt der Wärmebewegung in Richtung eines Temperaturgefälles – zugrunde liegen, seit langem bekannt sind, sollen die für das Verständnis wichtigsten Grundlagen kurz dargestellt werden.

Der Wärmetransport erfolgt grundsätzlich über die physikalischen Phänomene

- Wärmeleitung,
- Konvektion und Wärmeübergang sowie
- Wärmestrahlung [4].

Unter Wärmeleitung versteht man einen an Materie gebundenen Energietransport; der Wärmeaustausch findet dabei zwischen benachbarten Molekülen statt [4].

In Flüssigkeiten und Gasen kann der Wärmetransport zusätzlich zur Wärmeleitung auch durch Konvektion, also durch die Fortbewegung der Moleküle in dem zur Verfügung stehenden Raum erfolgen. Von Wärmeübergang spricht man, wenn ein Wärmeaustausch zwischen einer Flüssigkeit oder einem Gas und einem angrenzenden Festkörper stattfindet [4].

Als Wärmestrahlung wird die von einem Körper emittierte elektromagnetische Strahlung bezeichnet. Die Intensität und die spektrale Energieverteilung der Strahlung hängen von der Temperatur und der Oberflächenbeschaffenheit des Körpers ab, wobei die Temperatur die entscheidende Größe ist. Da die Ausbreitung der Strahlung nicht an Materie gebunden ist, ist sie auch im Vakuum möglich [4].

In Wärmedämmstoffen setzt sich der Wärmetransport aus den Anteilen

- Wärmeleitung im Festkörpergerüst ( $\lambda_{\text{solid}}$ ),
- Wärmeleitung im eingeschlossenen Gas ( $\lambda_{\text{gas}}$ ),
- Konvektion im eingeschlossenen Gas ( $\lambda_{\text{con}}$ ) und
- Wärmestrahlung ( $\lambda_{\text{rad}}$ ) zusammen [6].

Hierbei ist anzumerken, dass der Anteil der Konvektion in den Poren bzw. Zellen poröser Dämmstoffe aufgrund der geringen Porengrößen deutlich gegen Null geht und somit vernachlässigt werden kann. Somit wird die Wärmeleitfähigkeit eines porösen Dämmstoffes von der Wärmeleitung im festen Medium, der Wärmeleitung im gasförmigen Medium und der Wärmestrahlung zwischen den Porenwandungen bestimmt [1].

Ohne Berücksichtigung der Konvektion kann die resultierende Wärmeleitfähigkeit von Dämmstoffen vereinfachend über die Beziehung

$$\lambda = \lambda_{\text{solid}} + \lambda_{\text{gas}} + \lambda_{\text{rad}} \quad (1)$$

beschrieben werden [6].

In Abbildung 2 sind die einzelnen Anteile des Wärmetransports in konventionellen Dämmstoffen mit Zellstruktur in Abhängigkeit von der Dichte des Dämmstoffes dargestellt. Der Anteil der Konvektion ist dabei aus dem vorher beschriebenen Grund außer Acht gelassen.

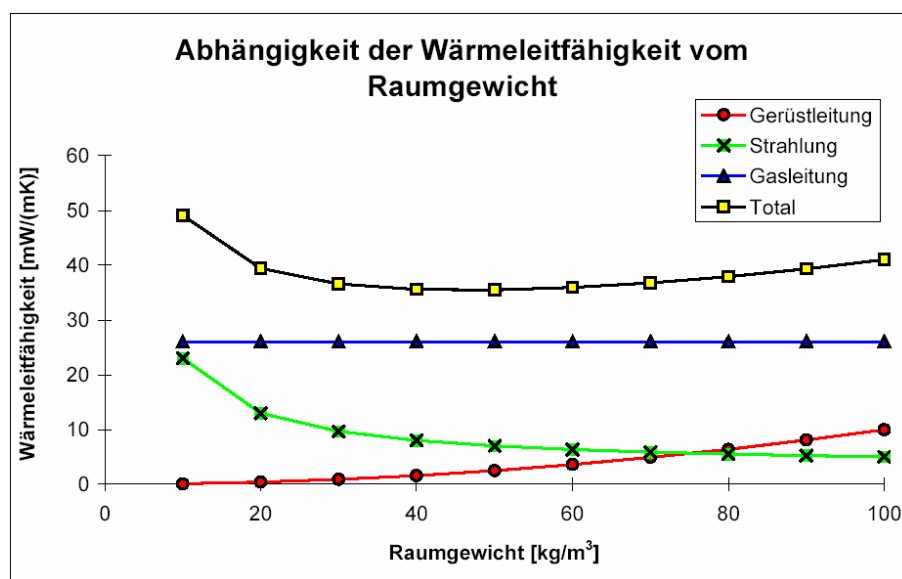


Abbildung 2: Wärmetransportanteile in Dämmmaterialien mit Zellstruktur, aus [6]

Deutlich zu erkennen ist in Abbildung 2, dass in konventionellen Dämmstoffen der Anteil der Gasleitung unabhängig von der Dichte des Dämmstoffes bei etwa 25 mW/mK, also der Wärmeleitfähigkeit von Luft unter Normaldruck, liegt. Die Summe aus Wärmeleitung im Feststoffgerüst und Wärmestrahlung liegt dagegen in Abhängigkeit vom eingesetzten Grundmaterial, der Zellgröße und der Zellstruktur im besten Fall bei nur etwa 3 – 10 mW/mK [6].

Es somit offensichtlich, dass eine Reduktion der Wärmeleitung im Porengas einen äußerst wirkungsvollen Ansatzpunkt für die Minimierung der Wärmeleitfähigkeit von Dämmstoffen darstellt. Diese Reduktion kann prinzipiell über zwei Faktoren erreicht werden, nämlich der

- Reduktion der Porengröße und der
- Reduktion des Druckes im Porengas [7].

In Abbildung 3 ist die Wärmeleitfähigkeit von Luft in Abhängigkeit von der Porengröße und vom Gasdruck dargestellt.

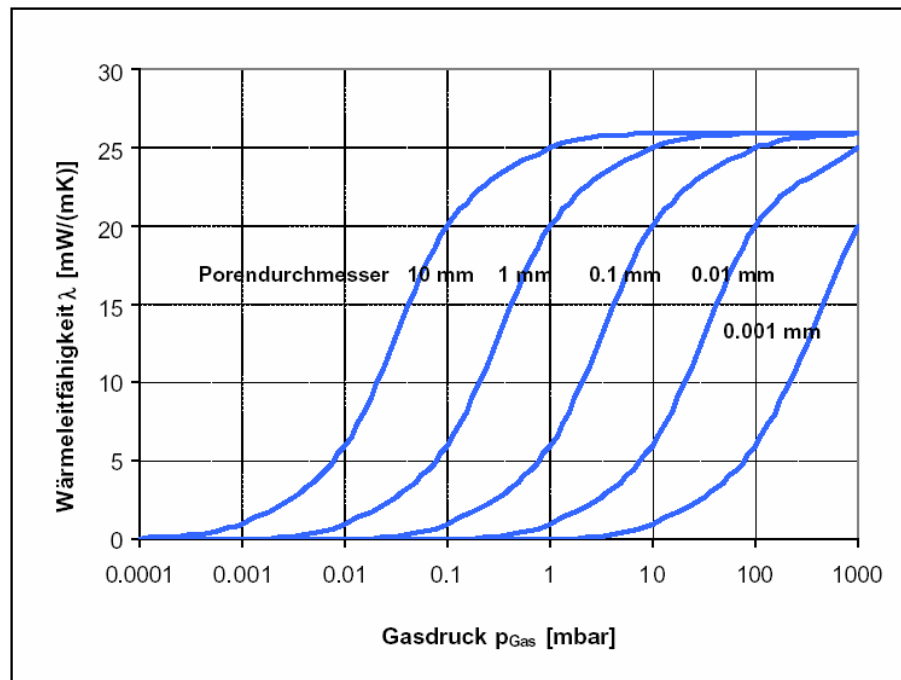


Abbildung 3: Wärmeleitfähigkeit von Luft in Funktion von Porengröße und Druck, aus [7]

Bei konstantem Gasdruck nimmt die Wärmeleitfähigkeit der Luft mit kleiner werdender Porengröße deutlich ab. Ebenso sinkt die Wärmeleitfähigkeit bei gleich bleibender Porengröße mit der Abnahme des Gasdruckes. Die physikalische Erklärung dieser Tatsache ist in der mittleren freien Weglänge der Gasmoleküle in den Poren zu suchen. Unter der mittleren freien Weglänge versteht man die durchschnittliche Weglänge, die ein Gasmolekül ohne Wechselwirkung mit anderen Gasmolekülen, also ohne Energieänderung des Moleküls, zurücklegt. Die mittlere freie Weglänge ist indirekt proportional zu der Teilchenanzahldichte, das heißt zur absoluten Anzahl der Teilchen in einem System. Je größer die Anzahl der Gasmoleküle in einem begrenzten Volumen ist, desto kleiner ist die mittlere freie Weglänge. Der Gasdruck steht wiederum in direktem Verhältnis zur Anzahl der Gasmoleküle pro Volumeneinheit – je mehr Gasmoleküle sich in einem Volumen befinden, desto höher ist der Gasdruck. Somit steht der Gasdruck in Zusammenhang mit der mittleren freien Weglänge; das heißt, die mittlere freie Weglänge der Gasmoleküle ist druckabhängig. Je geringer der Gasdruck ist, desto größer ist die mittlere freie Weglänge der Gasmoleküle, da in einer Volumeneinheit weniger Gasmoleküle vorhanden sind.

Ist nun die Porengröße kleiner als die mittlere freie Weglänge der Gasmoleküle in den Poren, finden zwischen den Molekülen praktisch keine Stöße mehr statt. Vielmehr stoßen die Moleküle, ohne Wärme zu übertragen, elastisch gegen die Porenwände und die Wärmeleitung im Gas wird dadurch deutlich reduziert [7]. Für die Unterbindung der Wärmeleitung im Porengas ist somit das Verhältnis zwischen Porengröße und freier Weglänge der Gasmoleküle maßgebend. Zur Steuerung dieses Verhältnisses stehen aus technologischer Sicht, wie schon beschrieben, die Parameter Porengröße und Gasdruck zu Verfügung.

Betrachtet man nur den Parameter Porengröße, so ist festzuhalten, dass es heute technisch nicht möglich ist, Materialien herzustellen, deren Porengröße kleiner als die mittlere freie Weglänge von Gasmolekülen in Luft bei Normaldruck (etwa 1 bar) ist. Versucht man andererseits nur den Parameter Luftdruck zur Steuerung heranzuziehen, müssten bei der Porengröße heute üblicher Dämmstoffe so tiefe Drücke erreicht werden, dass zu deren Aufrechterhaltung ein extrem dichtes Edelstahlblech als Hülle notwendig wäre [7].

Eine Kombination der beiden Möglichkeiten – nämlich der Reduktion der Porengröße und der Reduktion des Druckes im Porengas – stellt zum heutigen Zeitpunkt die beste Methode dar, um die Wärmeleitung im Porengas und somit die Wärmeleitfähigkeit eines Dämmstoffes wirkungsvoll zu senken [7]. Dieser Ansatz wird bei der Herstellung von Vakuum-Isolationspaneelen verfolgt, bei der mikroporöses Kernmaterial bei einem Druck von 0,1 bis 20 mbar in hoch gasdichte Hüllfolien eingeschweißt wird [8].

### 2.3 Aufbau und Herstellung

Vakuum-Isolationspaneele sind werkseitig hergestellte Dämmelemente, die aus mehreren Komponenten aufgebaut sind. Die Hauptbestandteile sind das Kernmaterial und die Hüllfolie. Zusätzlich können Vakuum-Isolationspaneele mit Gettermaterial und Trocknungsmitteln ausgestattet oder mit Sensorscheiben zur Überprüfung des Innendrucks versehen werden. Auch eine Beschichtung bzw. Umhüllung des Paneels mit Gummigranulat oder Polystyrol-Hartschaum zum Schutz vor mechanischen Beschädigungen ist möglich.

In Abbildung 4 ist der prinzipielle Aufbau eines Vakuum-Isolationspaneels dargestellt.

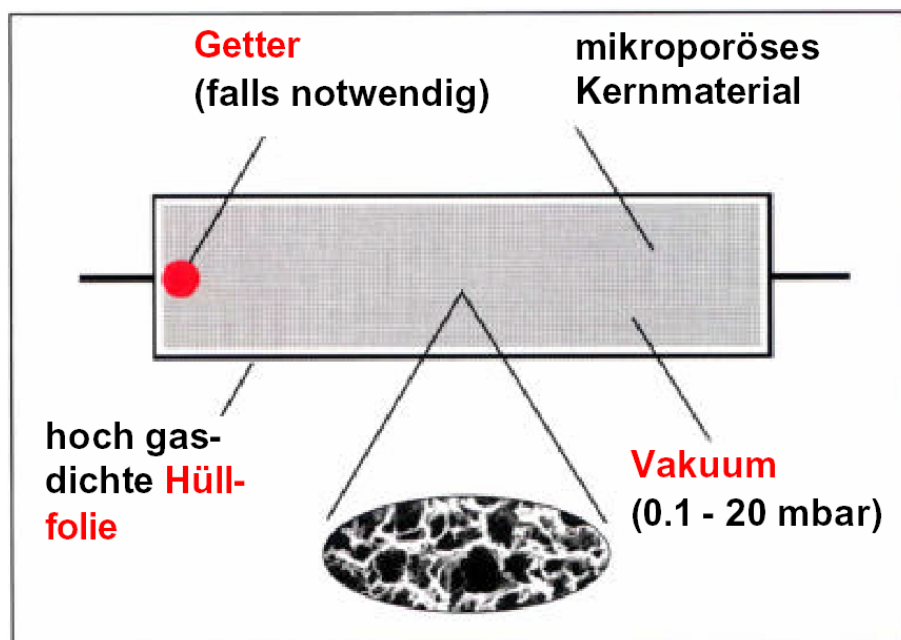


Abbildung 4: Aufbau eines Vakuum-Isolationspaneels, aus [8]



Abbildung 5 zeigt einen Schnitt durch ein Vakuum-Isolationspaneel mit einem Stützkern aus gepresster Kieselsäure. Das auch als Kernbeutel bezeichnete Vlies zwischen Kern und Hüllfolie sorgt für mechanische Stabilität und schützt die Schweißnähte der Folie vor Verschmutzungen durch das Pulver des Kernmaterials.

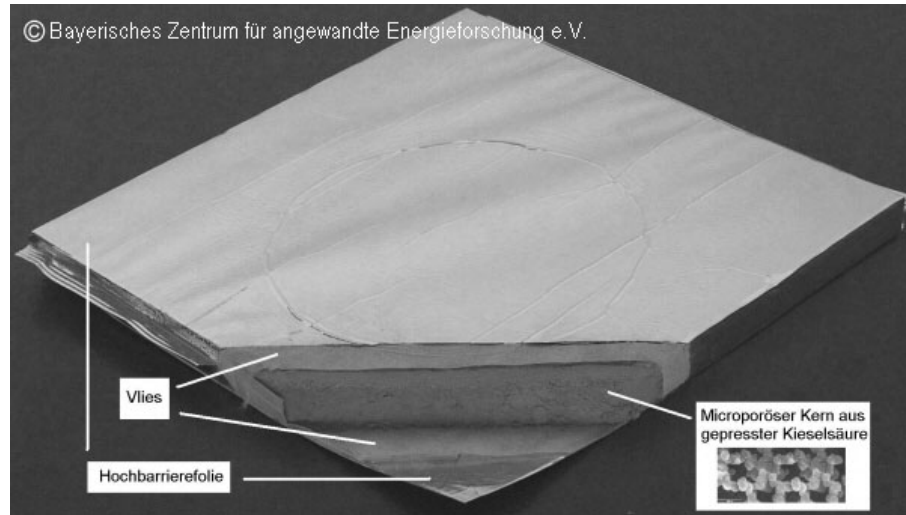


Abbildung 5: Schnitt durch ein Vakuum-Isolationspaneel, aus [13]

Die Herstellung eines Vakuum-Isolationspaneels stellt einen technisch relativ einfachen Vorgang dar und ist mit der Vakuumsverpackungstechnik in der Lebensmittelindustrie vergleichbar. Allerdings werden bei der Produktion von Vakuums-Isolationspaneelen höhere Anforderungen an das Vakuum und somit an die Leistungsfähigkeit der Vakuumpumpe gestellt. Ein weiterer Unterschied liegt naturgemäß in der Größe des zu verpackenden Materials, wobei anzumerken ist, dass die maximal mögliche Liefergröße von Vakuum-Isolationspaneelen von der Größe der zur Verfügung stehenden Vakuumkammer abhängt [7]. Das Verpacken des Kernmaterials in die Hüllfolie kann grundsätzlich auf zwei verschiedene Arten erfolgen. Bei der ersten Methode wird von der Folienrolle ein so genannter 3-Rand-Siegelbeutel nach Maß vorgefertigt, in den das Kernmaterial eingeschoben wird. Nach dem Einlegen des Pakets in die Vakuumkammer erfolgt das Abpumpen der Luft. Ist das erforderliche Vakuum erreicht, wird die offene Seite direkt in der Vakuumkammer mit Hilfe eines Schweißbalkens versiegelt [9]. Ein nach dieser Methode gefertigtes Paneel ist in Abbildung 6 dargestellt. Die Siegelnähte müssen nach dem Verschweißen umgeklebt werden.



Abbildung 6: Vakuum-Isolationspaneel im 3-Rand-Siegelbeutel, aus [11]

Bei der zweiten Methode erfolgt das Umhüllen des Kernmaterials durch eine straff um den Kern gezogene Folie. Für das Versiegeln der Seitenbereiche – natürlich ebenfalls unter Vakuum – und das Umfalten der Siegelnähte stehen spezielle Techniken zur Verfügung [9]. Ein solches Paneel zeigt Abbildung 7.



Abbildung 7: Vakuums-Isolationspaneel in straff um den Stützkern gezogener Folie, aus [11]

### 2.3.1 Kernmaterial

Einen der zwei grundlegenden Bestandteile eines Vakuums-Isolationspaneels stellt der Stützkern des Paneels dar. Bevor näher auf die eingesetzten Materialien eingegangen werden kann, stellt sich grundsätzlich die Frage, welche Eigenschaften das Kernmaterial aufweisen muss.

An das Kernmaterial werden aus produktionstechnischen, mechanischen und wärmetechnischen Gründen Anforderungen in Bezug auf die

- Offenzelligkeit,
- Druckfestigkeit,
- Porengröße und
- Infrarotdurchlässigkeit gestellt [7].

Die aus produktionstechnischer Sicht – aber auch in Hinblick auf die Alterungsbeständigkeit – wichtigste Eigenschaft, die das Kernmaterial aufweisen muss, ist seine Offenzelligkeit. Um die Evakuierung sicherzustellen, muss das Material eine vollkommen offenzellige Struktur aufweisen, das heißt, es dürfen praktisch keine geschlossenen Poren im Material vorhanden sein. Diese Anforderung an das Kernmaterial wird aus zwei Gründen gestellt. Einerseits würde die Evakuierung eines Materials, das diese Eigenschaft nicht aufweist, zu lange dauern und somit die Wirtschaftlichkeit der Produktion negativ beeinflussen. Auf der anderen Seite würde das in den geschlossenen Poren festgehaltene Restgas im Lauf der Zeit freigesetzt werden und zu einem langsamen Druckanstieg im Paneel und somit zu einem Anstieg der Wärmeleitfähigkeit führen [7].

Neben der Offenzelligkeit stellt auch die Druckfestigkeit eine bedeutende Eigenschaft des Kernmaterials dar. Nach der Evakuierung liegt der Druck im Paneel bei wenigen mbar und somit praktisch bei Null. Der äußere Druck auf das Paneel – also der Atmosphärendruck oder Luftdruck – liegt bei etwa 1 bar, das bedeutet eine Druckspannung von  $0,1 \text{ N/mm}^2$ . Da die Hüllfolie nicht in der Lage ist, sich an der Ableitung dieser Last zu beteiligen, muss die gesamte Druckspannung vom Kern aufgenommen werden. Weiters müssen bei der Produktion der Paneele Stauchungen und Pressungen zufolge der Evakuierung schon beim Zuschneiden des Stützkerns durch entsprechende Übermaße berücksichtigt werden [7].

Die wichtigste Eigenschaft eines Wärmedämmstoffes stellt naturgemäß seine Wärmeleitfähigkeit dar. Wie schon in Abschnitt 2.2 beschrieben, spielt die Porengröße beim Wärmetransport in Dämmstoffen eine maßgebende Rolle. Je kleiner die Porengröße ist, desto geringer ist der Anteil der Wärmeleitung im Porengas; folglich wird bei Hochleistungsdämmstoffen die Forderung nach möglichst geringen Porengrößen gestellt. Neben der Wärmeleitung im Porengas und der Wärmeleitung über das Feststoffgerüst ist bei Dämmstoffen jedoch auch die Durchlässigkeit gegenüber Wärmestrahlung von großer Bedeutung. Gerade bei Hochleistungsdämmstoffen kann diese Strahlendurchlässigkeit großen Einfluss auf die resultierende Wärmeleitfähigkeit haben [7]. Da die als Wärmestrahlung bezeichnete elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von etwa  $8 - 300 \mu\text{m}$  [3], also im Infrarotbereich liegt, kann das Kernmaterial zur Herabsetzung der Infrarotdurchlässigkeit und damit zur Minimierung der Wärmestrahlung mit Infrarotblockern wie z.B. Siliziumkarbid [7] oder Titandioxid [9] versetzt werden. Diese Infrarotblocker werden auch als Trübungsmittel oder Reflektoren bezeichnet.

Als Ausgangsmaterialien zur Herstellung des Stützkernes stehen heute grundsätzlich

- thermisch behandelte und verpresste Glasfasern,
- offenporige Schaumplatten auf Basis von Polystyrol oder Polyurethan und
- feinkörnige, gepresste Pulver auf Basis von Kieselsäure zur Verfügung [2].

Alle diese Materialien weisen die geforderten Eigenschaften der Offenzelligkeit und der ausreichenden Festigkeit gegenüber dem atmosphärischen Druck auf; sie unterscheiden sich jedoch deutlich in ihrer

- Porengröße und der
- Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit vom Gasdruck

und somit in ihrer

- wärmetechnischen Lebensdauer und der
- Möglichkeit der Anwendung im Bauwesen.

Der Unterschied in der Porengröße wirkt sich signifikant auf die Wärmeleitfähigkeit des Kernmaterials bei steigendem Druck im Paneel aus. In Abbildung 8 ist die Wärmeleitfähigkeit der verschiedenen Kernmaterialien in Abhängigkeit vom Gasdruck dargestellt. Diese Darstellung wird auch als Kennlinie des Kernmaterials bezeichnet [7].

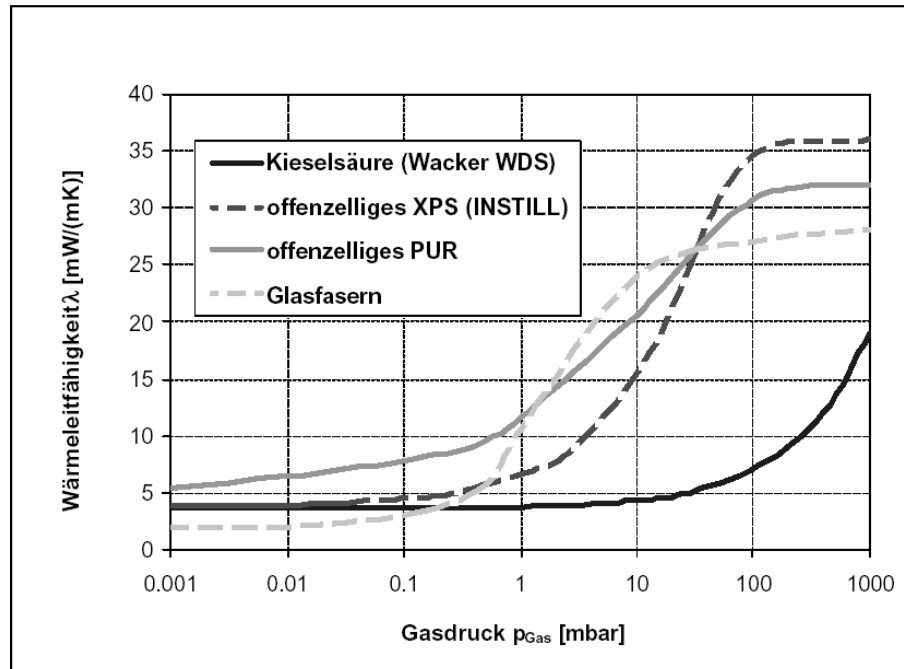


Abbildung 8: Wärmeleitfähigkeit der Kernmaterialien in Abhängigkeit vom Gasdruck, aus [7]

Wie in Abbildung 8 zu erkennen ist, weisen alle dargestellten Kernmaterialien bei einem Gasdruck von 0,001 mbar eine sehr geringe Wärmeleitfähigkeit von maximal 0,005 W/mK auf. Während die Wärmeleitfähigkeit von Kernmaterial auf Basis von Kieselsäure bis zu einem Gasdruck von etwa 10 mbar konstant bleibt, ist bei den anderen Materialien bereits unterhalb von 1 mbar ein deutlicher Anstieg der Wärmeleitfähigkeit zu verzeichnen. Selbst bei einem Druckanstieg auf 1000 mbar – also dem Atmosphärendruck – weist Kernmaterial auf Basis von Kieselsäure noch eine Wärmeleitfähigkeit von 0,019 W/mK und somit im Vergleich zu herkömmlichen Dämmstoffen einen relativ guten Wert auf. Dieser Umstand ist besonders im Bezug auf die Alterungsbeständigkeit entscheidend, da bei Vakuum-Isolationspaneelen immer davon ausgegangen werden muss, dass es im Lauf der Zeit zu einem Anstieg des Innendruckes kommt.

Thermisch behandelte und verpresste Glasfasern in Form von Mikrovliesen können prinzipiell als Kernmaterial für Vakuum-Isolationspaneele eingesetzt werden. Die Porengröße des Materials liegt etwa im Bereich von 40 – 70  $\mu\text{m}$  [13]. Laut [2] müssen Kerne aus Fasermaterial aufgrund ihrer relativ groben Porenstruktur in Edelstahlgehäuse eingeschweißt werden, damit die erforderlichen geringen Gasdrücke auf Dauer gehalten werden können. Nach Wissensstand des Verfassers werden Paneele mit Glasfaserkern heute von den Herstellern hauptsächlich für Verpackungszwecke angeboten und werden aufgrund ihrer geringen Lebensdauer nicht für die Verwendung im Baubereich empfohlen.

Für die Anwendung im Bauwesen stehen heute Paneele mit Kernen aus offenporigen Schäumen und Paneele mit Kernen aus gepressten Pulvern im Vordergrund des Interesses; daher sollen im Folgenden diese beiden Kernmaterialien näher beschrieben werden. Vorab ist jedoch festzuhalten, dass sich auch diese beiden Kernmaterialien wesentlich in ihren Eigenschaften und somit auch in ihren Einsatzmöglichkeiten im Baubereich unterscheiden.

Stützkern aus offenporigen Polyester- bzw. Polyurethanschäumen weisen eine Porengröße im Bereich von etwa 20 – 100  $\mu\text{m}$  [2] auf. Paneele mit diesem Kernmaterial erreichen aufgrund der relativ großen Porengröße nur eine geringe wärmetechnische Lebensdauer. Sie finden heute im Bauwesen in untergeordneten Bauteilen wie z.B. Brüstungselementen oder Haustürfüllungen Anwendung [2].

Die Porengröße von Stützkernen aus mikroporösem Pulver aus pyrogen erzeugten Silikaten (Kieselsäure) liegt dagegen unter 0,5  $\mu\text{m}$  bzw. 500 nm [2]. Aufgrund der kleinen Porengröße, der nur langsamen Zunahme der Wärmeleitfähigkeit bei steigendem Gasdruck und der im Vergleich zu den anderen Kernmaterialien relativ geringen Wärmeleitfähigkeit bei Normaldruck zeichnen sich Paneele mit diesem Kernmaterial durch ein besonders günstiges Alterungsverhalten aus und können eine Lebensdauer von mehreren Jahrzehnten erreichen. Da von den Herstellern überwiegend diese Paneele für den Einsatz im Baubereich empfohlen werden, sind sie nach Meinung des Verfassers für die Dämmung von massiven Wand- oder Deckenkonstruktionen am besten geeignet. Auch bei den in verschiedenen Veröffentlichungen beschriebenen Gebäuden, die mit Vakuumdämmung geplant und ausgeführt worden sind, haben zumeist diese Paneele Anwendung gefunden.

### 2.3.2 Hüllfolie

Neben dem Stützkern ist die Hüllfolie die zweite wesentliche, eigentlich sogar die wichtigste Komponente eines Vakuum-Isolationspaneels. Die Beschaffenheit der Hüllfolie, genauso aber auch die Dichtigkeit der Schweißnähte, hat entscheidenden Einfluss auf den Funktionserhalt und somit auf die Qualität des Paneels. Neben der Wirkung als Gasbarriere spielt die Hüllfolie aber auch eine Rolle beim Wärmebrücken-Randeffekt der Paneele, das heißt bei der Wärmebrücke, die sich in der Stoßfuge zweier Paneele bildet. Auf diesen Randeffekt wird jedoch genauer in Abschnitt 2.5 eingegangen; ebenso wird die Eigenschaft der Gas- und Wasserdampfdichtheit der Folie, die wesentlichen Einfluss auf das wärmetechnische Alterungsverhalten hat, näher in Abschnitt 2.4 behandelt. An dieser Stelle sollen vorerst die grundsätzliche Problematik der Hüllfolie und die eingesetzten Materialien im Vordergrund stehen.

Prinzipiell wird jede Folie im Lauf der Zeit für Gasmoleküle oder eine gewisse Menge an Feuchtigkeit durchlässig [2]. Gasmoleküle dringen einerseits in den so genannten Pinholes – das sind mikroskopische Fehlstellen – durch die Folie hindurch. Andererseits dringen die Gasmoleküle auch durch die Schweißnähte der Hüllfolie in das Paneel ein. Welcher dieser beiden Wege des Gastransports in das Paneel maßgebend ist, hängt von der Ausführungsqualität der Schweißnähte und dem Verhältnis zwischen Paneeloberfläche und Paneelumfang ab [7]. Hierbei ist anzumerken, dass

auch der Stützkern selbst Gase freisetzen kann, wie z.B. angelagerte Feuchtigkeit in Form von Wasserdampf oder bei organischen Kernmaterialien auch Kohlenwasserstoffverbindungen [6].

Die Durchlässigkeit einer Folie wird maßgeblich von der Art und der Qualität des Materials bestimmt. An die Hüllfolien werden daher besonders hohe Anforderungen in Bezug auf die

- Sauerstoffsperre,
- Wasserdampfsperre und
- mechanische Festigkeit gestellt [2].

Als Folienmaterial, das diesen Anforderungen gerecht wird, kommen grundsätzlich

- Kunststoffe,
- durch Bedampfen metallbeschichtete Kunststoffe,
- durch Laminieren hergestellte Verbundstoffe aus Metallfolien und Kunststoffen und
- verschweißte Metallfolien in Betracht [2].

Bei den heute eingesetzten Folien handelt es sich im Allgemeinen um Mehrschichtsysteme aus Metall und Kunststoff, wobei die einzelnen Schichten verschiedene Funktionen zu erfüllen haben. Der in der Regel zwischen den Kunststoffschichten eingebetteten Metallschicht – zumeist Aluminium – kommt dabei die Aufgabe der gas- und wasserdampfdichten Barrierschicht zu. Die Kunststofffolien aus Nylon oder Polyethylenterephthalat (PET) übernehmen dagegen die Schutz- und Trägerfunktion; jene aus Polyethylen (PE) oder Polypropylen (PP) dienen als Schweißschicht [7].

Aluminium ist aus mehreren Gründen das bevorzugte Metall bei der Herstellung der Hüllfolien. Einerseits weist Aluminium eine große Dehnbarkeit auf, andererseits zeichnet sich das Metall durch relativ geringe Kosten aus. Die Dicke der Aluminiumschicht beträgt zwischen 50 nm bei metallisierten Kunststofffolien und 10 µm bei Metallfolien. Einen Nachteil beim Einsatz von Aluminiumfolien stellt jedoch deren hohe Wärmeleitfähigkeit dar, die im Bereich von 200 W/mK liegt und zu einem erheblichen Wärmetransport im Randbereich der Paneele führen kann. Diese Wärmebrückenwirkung im Stoßfugenbereich wird auch als Randeffect bezeichnet und kann die Wärmedämmung der Paneele deutlich herabsetzen. Besonders nachteilig wirkt sich der Randeffect bei kleinen Paneelen aus, da der Anteil der Stoßfugen pro Flächeneinheit höher ist als bei größeren Paneelen. Zur Vermeidung des Randeffects werden heute metallisierte Verbundfolien eingesetzt, die sich trotz einer sehr hohen Barrierewirkung gegenüber Gas und Wasserdampf durch eine sehr geringe Wärmeleitfähigkeit auszeichnen [2].

Heute finden als Hüllfolie Mehrschichtsysteme wie

- Aluminium-Verbundfolien,
- metallbedampfte Folien und
- Folien mit SiO<sub>x</sub>-Beschichtung Verwendung [7].

Die speziell für den Einsatz in Vakuum-Isolationspaneelen entwickelten Aluminium-Verbundfolien weisen bei einer durchschnittlichen Dicke der Aluminiumschicht von 6 – 7 µm eine sehr hohe Dichtigkeit auf. Obwohl die Dicke der Aluminiumschicht sehr gering ist, weisen kleine Paneele mit dieser Art von Hüllfolie einen ausgeprägten Randeffect auf [7].

Die Dicke der aufgedampften Aluminiumschicht bei metallbedampften Folien liegt im Bereich zwischen 50 nm [13] und 200 nm [7] und ist somit deutlich dünner als jene bei Aluminium-Verbundfolien. Dadurch wird zwar der Randeffect reduziert; jedoch weist dieser Folientyp eine etwas geringere Gasdichtheit im Vergleich zu Verbundfolien auf [7].

Folien mit SiO<sub>x</sub>-Beschichtung stellen eine neuere Technologie dar und sind nach Stand der Technik ähnlich dicht wie metallbedampfte Folien. Da die Wärmeleitfähigkeit von SiO<sub>x</sub> bei jener von Glas liegt und somit etwa 200-mal geringer als die von Aluminium ist, weist dieser Folientyp überhaupt keine Wärmebrückeneffekte auf [7].

Abbildung 9 zeigt ein typisches Beispiel für den Aufbau einer mehrschichtigen Hüllfolie eines Vakuum-Isolationspaneels. Der Verbund besteht aus drei verschiedenen, sich in ihren Eigenschaften ergänzenden, metallisierten Folien und einer Siegelfolie [9].

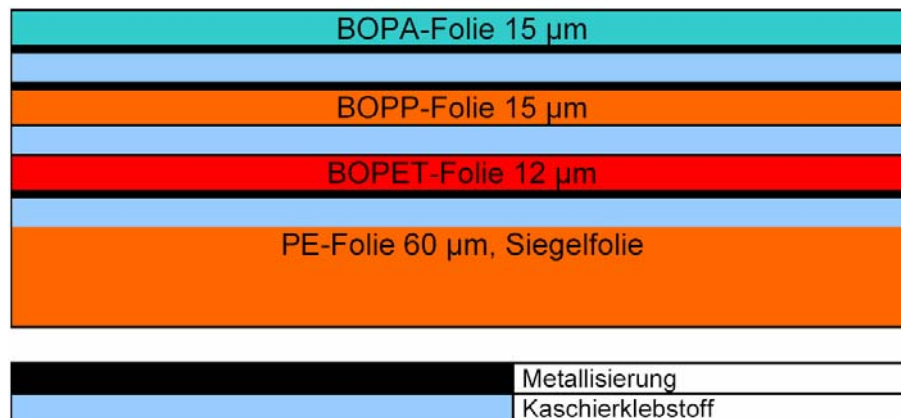


Abbildung 9: Typischer Aufbau eines VIP-Folienverbundes, aus [9]

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das System Vakuumdämmung immer unter der Berücksichtigung der Alterungsbeständigkeit und dem thermischen Randeffekt betrachtet werden muss. Je höhere Anforderungen das Kernmaterial aufgrund seiner Porengröße an das Vakuum stellt, desto höher Anforderung müssen naturgemäß an die Dichtigkeit der Hüllfolie gestellt werden. Je dichter die Folie sein soll, desto dicker muss in der Regel die Metallschicht sein – dies führt aber wiederum zu einer Verstärkung des Randeffekts [15]. Es stellt daher ein offensichtliches Ziel der Forschung dar, Hüllfolien zu entwickeln, die sowohl in Hinblick auf die Gasdichtheit, als auch in Hinblick auf die Minimierung des Randeffekts optimale Eigenschaften aufweisen. Laut [15] sind in diesem Bereich zukünftig noch große Fortschritte zu erwarten.

### 2.3.3 Getter und Trocknungsmittel

Die so genannten Getter und die Trocknungsmittel stellen eine mögliche weitere Komponente von Vakuum-Isolationspaneelen dar. Als Gettermaterial bezeichnet man Chemikalien, die in der Lage sind, Gase zu absorbieren. Stoffe, die Feuchte absorbieren können, werden zur Differenzierung als Trocknungsmittel bezeichnet. Durch den Einsatz von Gettermaterial und Trocknungsmittel kann ein Druckanstieg durch eindringende bzw. aus dem Kernmaterial ausdiffundierende Gase und durch Feuchtigkeit verzögert und somit die Lebensdauer eines Vakuum-Isolationspaneels erhöht werden. Als Gettermaterial kommen Stoffe wie Barium und Lithium zur Absorption von Stickstoff, Sauerstoff und Kohlendioxid zum Einsatz; Kalzium-, Barium- und Kobalt-Oxide sind Trocknungsmittel zur Absorption von Feuchte [2] [7]. Die als Getter bzw. Trocknungsmittel eingesetzten Chemikalien können entweder direkt der Hüllfolie zugesetzt werden [2], oder zusammen mit dem Kernmaterial in einem kleinen Container in das Vakuum-Isolationspaneel eingeschweißt werden [7]. Ein solcher Container mit Absorptionsmaterial ist in Abbildung 10 dargestellt.

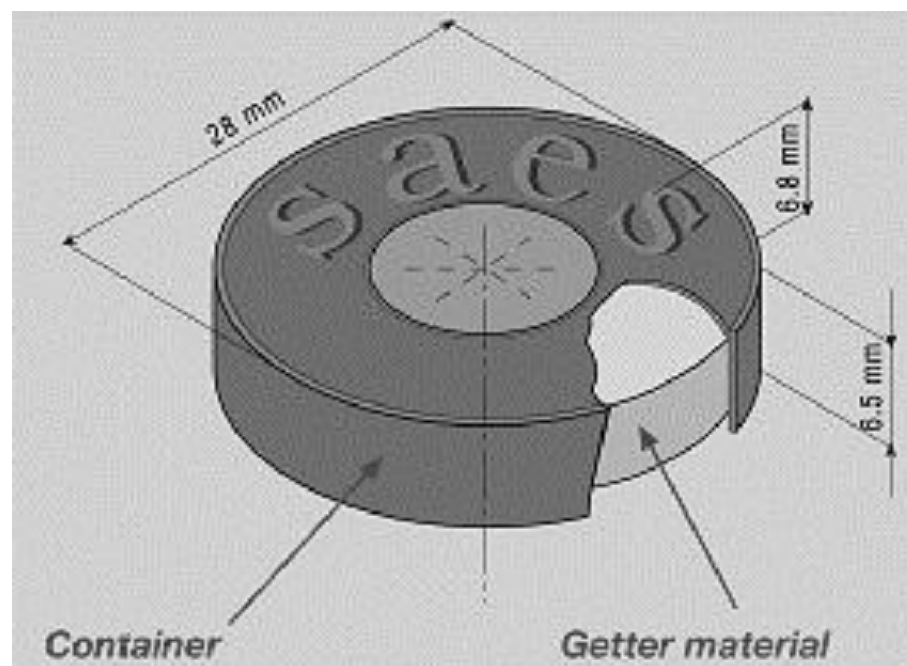


Abbildung 10: Gettermaterial in Container, aus [7]



### 2.3.4 Kontrollsystem

Ein von einem Hersteller von Vakuum-Isolationspaneelen patentiertes Kontrollsystem ermöglicht die Überprüfung des Innendrucks der Paneele während der Produktion und des Einbaus. Das System besteht aus einer im Paneel eingeschweißten Sensorscheibe und einem externen Sensorgerät. In Abbildung 11 ist das Kontrollsystem schematisch dargestellt.

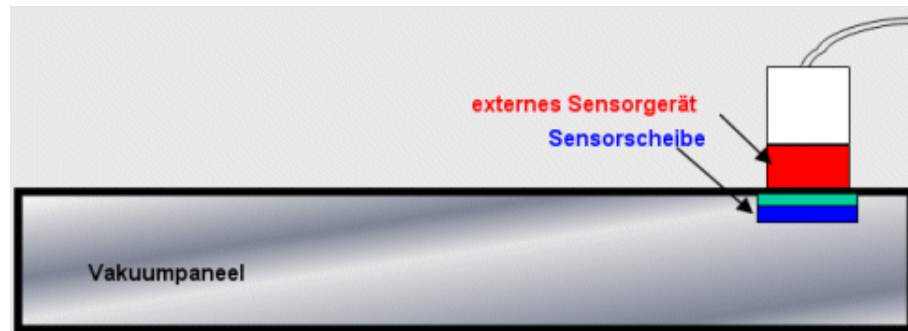


Abbildung 11: Kontrollsystem für Vakuum-Isolationspaneelen, aus [21]

Zur Messung des Gasdrucks im Paneel wird das externe Sensorgerät an die Sensorscheibe angehalten. Das Sensorgerät prägt eine Temperaturdifferenz auf und misst kurzfristig den Wärmefluss über die Hüllfolie und die Sensorschicht in die Sensorscheibe und errechnet über den Wärmefluss den Gasdruck im Paneel [21].

Grundvoraussetzung für die Anwendung dieses Kontrollsystems ist der direkte Kontakt zum Vakuum-Isolationspaneel. Paneele, die im eingebauten Zustand nicht mehr zugänglich sind, können daher nicht überprüft werden. Das System stellt jedoch eine Möglichkeit dar, die Paneele auf der Baustelle vor dem Einbau bzw. vor dem Aufbringen der nächsten Bauteilschicht zu kontrollieren und somit die Verwendung von fehlerhaften oder beschädigten Paneelen zu verhindern.

In Abbildung 12 sind die Sensorscheibe am Paneel und die Messung mit dem externen Sensorgerät dargestellt.



Abbildung 12: Sensorscheibe am Paneel und externes Sensorgerät, aus [21]

### 2.3.5 Schutzumhüllung

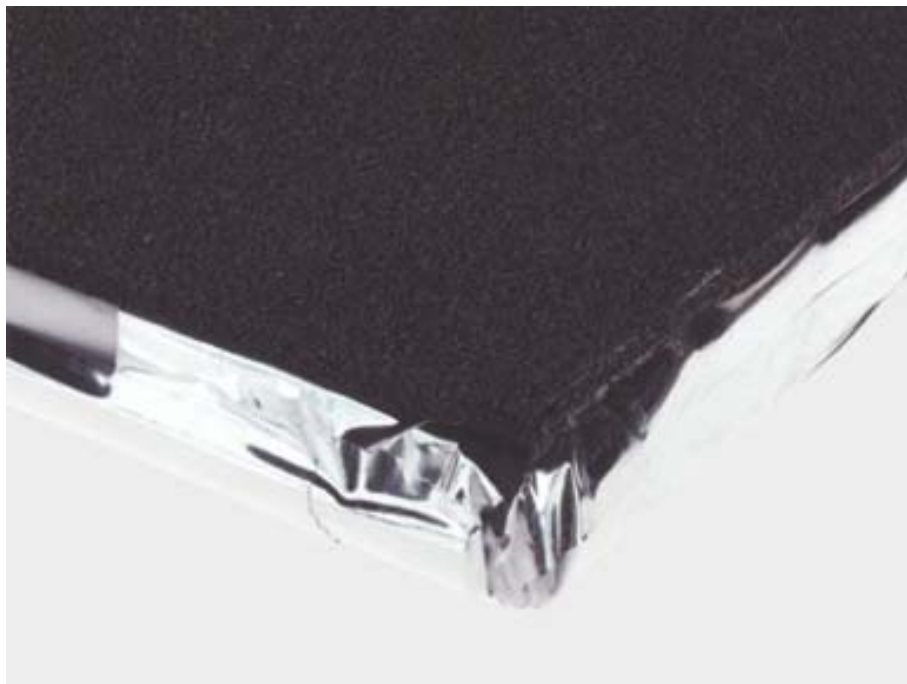
Eine aus baupraktischer Sicht interessante Komponente von Vakuum-Isolationspaneelen stellt eine optionale Umhüllung dar, durch die die Paneele vor mechanischen Beschädigungen beim Einbau geschützt werden sollen. Als Schutzumhüllung kommen Polystyrol-Hartschaum oder Gummigranulat zum Einsatz.

Abbildung 13 zeigt ein Paneel, das in eine Schutzschicht aus Polystyrol-Hartschaum eingeschäumt ist.



*Abbildung 13: Paneel mit Schutzumhüllung aus Polystyrol-Hartschaum, aus [22]*

Abbildung 14 zeigt ein Paneel mit einer aufkaschierten Matte aus Gummigranulat. Die Paneele können entweder nur auf einer Seite oder auch auf beiden Seiten mit der Matte ausgerüstet sein.



*Abbildung 14: Paneel mit aufkaschierter Matte aus Gummigranulat, aus [23]*

## 2.4 Alterungsverhalten

Ein wesentlicher Aspekt bei der Betrachtung von Vakuumdämmungen ist das wärmetechnische Alterungsverhalten bzw. die Lebensdauer der Paneele. Wie schon erwähnt, ist keine Hüllfolie absolut dicht – im Lauf der Zeit können Gas- und Wassermoleküle durch die Folie selbst und durch die Schweißnähte in das Paneel eindiffundieren. Der dadurch stattfindende Druckanstieg bewirkt eine stetige Zunahme der Wärmeleitfähigkeit – diese Verschlechterung der wärmedämmenden Wirkung wird als Alterungsverhalten bezeichnet. Unter der Lebensdauer eines Vakuum-Isolationspaneels versteht man jene Zeit, nach der der Druck im Paneel so weit angestiegen ist, dass die bei der wärmeschutztechnischen Berechnung angesetzte Wärmeleitfähigkeit erreicht bzw. überschritten worden ist. Von Gebäuden – und somit von den eingesetzten Bauprodukten, also auch von Dämmstoffen – wird naturgemäß eine Nutzungsdauer von einigen Jahrzehnten erwartet und auch gefordert. Sollen Vakuum-Isolationspaneele im Bauwesen zum Einsatz kommen, ist deren Lebensdauer für den Planer ein entscheidendes Kriterium. Eine detaillierte Behandlung des Alterungsverhaltens von Vakuum-Isolationspaneelen kann aufgrund der Komplexität des Themas im Rahmen dieser Arbeit leider nicht erfolgen und stellt auch nicht deren Ziel dar. Dennoch sollen im Folgenden die dem Alterungsverhalten zu Grunde liegenden Prozesse und die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Lebensdauer der Paneele im Überblick erläutert werden. Weiters soll auch die rechnerische bzw. die messtechnische Ermittlung der Lebensdauer von Vakuum-Isolationspaneelen beschrieben werden und ein Anhaltspunkt für Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit gegeben werden.

### 2.4.1 Einflussfaktoren

Das Alterungsverhalten von Vakuum-Isolationspaneelen hängt grundsätzlich von den Faktoren

- eingesetztes Kernmaterial,
- anfängliches Vakuum im Paneel,
- Durchlässigkeit von Hüllfolie und Versiegelung,
- eingesetztes Gettermaterial und Trocknungsmittel,
- Ausgasung von Kernmaterial und Folie,
- Abmessungen des Paneels und den
- Anwendungsbedingungen ab [16].

Der Einfluss des Stützkerns auf das Alterungsverhalten des Paneels ist in der Veränderung der Wärmeleitfähigkeit des Kernmaterials bei steigendem Innendruck begründet. Wie in Abschnitt 2.3.1 erläutert, stellen Stützkern aus pyrogener Kieselsäure zum heutigen Zeitpunkt das am besten geeignete Material dar. Aufgrund der geringen Porengröße weist dieses Material bei steigendem Druck im Vergleich zu anderen Kernmaterialien eine relativ geringe Wärmeleitfähigkeit auf; somit zeichnen sich Paneele mit Kernen auf Basis von pyrogener Kieselsäure durch eine relativ lange Lebensdauer aus.

Auch das anfängliche Vakuum im Paneel wirkt sich direkt auf dessen Lebensdauer aus. Je gründlicher das Paneel evakuiert wird, das heißt je geringer der Druck bei der Herstellung ist, desto länger ist die Zeit bis zum Erreichen eines für die Wärmedämmung kritischen Innendrucks [16].

Besonders maßgebend für das Alterungsverhalten von Vakuum-Isolationspaneelen ist die Dichtheit der Hüllfolie und der Schweißnähte. Um die Dichtheit der Folie gegenüber Wasser- und Gasmolekülen quantitativ erfassen zu können, werden von den Herstellern der Folien zwei technische Kennwerte, nämlich die Wasserdampfdurchlässigkeitsrate und die Sauerstoffdurchlässigkeitsrate benutzt.

Die Wasserdampfdurchlässigkeitsrate, im englischen Sprachraum water vapor transport rate (WVTR) genannt, gibt in  $\text{g/m}^2/\text{d}$  an, wie viel Wasserdampf pro Tag durch  $1 \text{ m}^2$  Folie hindurch diffundieren kann. Sind nun die Oberfläche und das Innenvolumen eines Vakuum-Isolationspaneels bekannt, kann anhand der Wasserdampfdurchlässigkeitsrate der Hüllfolie unter Berücksichtigung der Absorptionseigenschaften des Kernmaterials der Wasserdampfpartialdruck und die im Paneel vorliegende Wassermenge in Abhängigkeit vom Alter des Paneels errechnet werden. Die Sauerstoffdurchlässigkeitsrate, im englischen Sprachraum oxygen transport rate (OTR), beschreibt in  $\text{cm}^3/\text{m}^2/\text{d}/\text{bar}$  die Durchlässigkeit einer Folie gegenüber Sauerstoff. Obwohl der Anteil von Sauerstoff an der Atmosphäre nur bei etwa 21% liegt, wird dieser Kennwert aufgrund der hohen Sauerstoffdurchlässigkeit vieler Kunststoffe und dem Einfluss von Sauerstoff auf die Zersetzung von Lebensmitteln vor allem in Hinblick auf den Einsatz der Folien im Verpackungsbereich angegeben. Bei Vakuum-Isolationspaneelen ist jedoch die Durchlässigkeit der Hüllfolie gegenüber Stickstoff von größerer Bedeutung, da Stickstoff den mengenmäßig größten Anteil an der Atmosphäre ausmacht. Dennoch kann die Sauerstoffdurchlässigkeitsrate als Beurteilungskriterium für den Einsatz der Folien bei der Herstellung von Vakuum-Isolationspaneelen herangezogen werden, da viele Kunststoffe gegenüber Stickstoff vier- bis fünfmal weniger durchlässig sind als gegenüber Sauerstoff, dafür aber die für die Druckerhöhung im Paneel verantwortliche Kraft aufgrund der höheren Konzentration des Stickstoffes viermal höher ist als bei Sauerstoff. Werden die Paneele jedoch in einer Umgebung aus Gasen und Dämpfen, die nicht atmosphärischen Ursprungs sind, eingesetzt, so ist zur Vorhersage der Lebensdauer die Bestimmung der Durchlässigkeit der Folie gegenüber diesen Gasen erforderlich [16].

Bei einfachen Kunststoffen wie Polyethylen oder Nylon liegt die Wasserdampfdurchlässigkeitsrate im Bereich von etwa  $1 - 300 \text{ g/m}^2/\text{d}$  und die Sauerstoffdurchlässigkeitsrate zwischen  $0,3$  und  $4000 \text{ cm}^3/\text{m}^2/\text{d}/\text{bar}$ . Da Kunststoffe in der Regel nicht gleichzeitig eine hohe Barrierewirkung gegenüber Wasserdampf und Sauerstoff aufweisen, werden bei der Herstellung von Vakuum-Isolationspaneelen, wie in Abschnitt 2.3.2 beschrieben, mehrkomponentige Folien aus Kunststoffen und Metall eingesetzt. Je nach Dicke und Zusammensetzung können bei diesen Folien Wasserdampfdurchlässigkeitsraten im Bereich von  $0,01$  bis  $0,2 \text{ g/m}^2/\text{d}$  und Sauerstoffdurchlässigkeitsraten zwischen  $0,005$  und  $0,5 \text{ cm}^3/\text{m}^2/\text{d}/\text{bar}$  erreicht werden [16].

Die in Abschnitt 2.3.3 beschriebenen Getter und Trocknungsmittel zur Absorption von Gasen und Feuchtigkeit können eine Verlängerung der Lebensdauer der Vakuum-Isolationspaneele bewirken. Diese positive Wirkung kann jedoch nur dann erzielt werden, wenn Getter und Trocknungsmittel

sorgfältig auf die Art und Menge der zu absorbierenden Gasmoleküle bzw. Feuchtigkeit abgestimmt sind. Dabei ist es erforderlich, das Kernmaterial, die Hüllfolie und die gewünschte Lebensdauer des Paneels in Betracht zu ziehen. Während Stützkern auf Basis organischer Schäume überhaupt kein Absorptionsvermögen aufweisen und daher Paneele mit diesem Kernmaterial unbedingt mit Getter und Trocknungsmittel ausgerüstet werden müssen, stellt die als Kernmaterial eingesetzte Kieselsäure ein natürliches Trocknungsmittel dar. Die Zugabe von Gettermaterialien ist jedoch erforderlich, wenn auf Kieselsäure basierende Vakuum-Isolationspaneele eine Lebensdauer von mehr als 20 Jahren erreichen sollen – also eine Lebensdauer, die von Paneelen im Baubereich auf jeden Fall gefordert wird. Hierbei ist anzumerken, dass der Einsatz von Getter die Herstellkosten der Paneele wesentlich erhöht und der Schwermetallgehalt dieser Stoffe in Hinblick auf Sicherheit und Umweltschutz problematisch sein kann [16].

Eine Ausgasung des Kernmaterials, das heißt die Freisetzung von Gasen unter Unterdruck kann durch den dadurch ausgelösten Druckanstieg zur wärmetechnischen Alterung der Paneele beitragen. Dabei sind die Art und die Menge des freigesetzten Gases sowie die Dauer der Ausgasung vom eingesetzten Material abhängig. Bei manchen Vakuum-Isolationspaneelen kann sogar der Fall eintreten, dass mehr Gas aus dem Kern freigesetzt wird, als durch die Hülle in das Paneel eindiffundiert. Stützkern auf Basis von Kieselsäure zeichnen sich auch in diesem Zusammenhang besonders aus, da bei diesem Material überhaupt keine Ausgasung stattfindet [16].

Auch die Abmessungen der Paneele stellen einen nicht zu vernachlässigenden Einflussfaktor auf das Alterungsverhalten dar. Maßgebend sind hierbei einerseits das Verhältnis zwischen der ungestörten Folienoberfläche und der Fläche der Schweißnähte und andererseits – viel entscheidender – die Dicke des Paneels. Vergleicht man zwei Paneele mit gleicher Länge und Breite, wobei aber ein Paneel die doppelte Dicke des anderen Paneels aufweist, stellt man fest, dass die Oberflächen der Paneele annähernd gleich groß sind, während das Innenvolumen des dickeren Paneels doppelt so groß ist wie jenes des dünneren Paneels. Aufgrund der praktisch gleichen Größe der Hüllfolie und der Schweißnahtflächen diffundiert in beide Paneele in der gleichen Zeit die gleiche Menge an Gasmolekülen ein – diese Gasmenge erzeugt jedoch im dickeren Paneel durch das doppelt so große Volumen nur den halben Gasdruck wie im dünneren Paneel. Somit weist das dickere Paneel eine doppelt so hohe Lebensdauer auf [16].

Nicht zuletzt beeinflussen die Bedingungen, unter denen die Vakuum-Isolationspaneele angewendet werden, das Alterungsverhalten der Paneele. Besonders wichtige Faktoren stellen dabei die Temperatur und die Feuchtigkeit dar. Hohe Temperaturen können aus zwei Gründen negative Auswirkungen auf Vakuum-Isolationspaneele haben. Einerseits gilt grundsätzlich, dass die Durchlässigkeit der Hüllfolie und Schweißnähte gegenüber Wasserdampf und Gasen mit steigender Temperatur zunimmt; andererseits kann die Verwendbarkeit an sich bei Paneelen mit Stützkernen aus organischen Schäumen durch hohe Temperaturen aufgrund von Schwund und Verformungen beeinträchtigt werden. So liegt die obere Einsatztemperatur für Polystyrolschäume beispielsweise bei 88°C und macht daher eine Anwendung im Bereich der Heißwassererzeugung oder in Vorrichtungen zur Ausgabe heißer Lebensmittel unmöglich [16]. Auch wenn auf den ersten Blick so hohe Temperaturen im Hochbau eher unwahrscheinlich sind, sollte dieser Umstand bei Einsatz von

Vakuum-Isolationspaneelen im Bereich der Fassade bedacht werden. Um durch die Sonneneinstrahlung verursachte Temperaturen von über 80°C zu vermeiden, sollten Fassaden möglichst hell ausgeführt werden [2]. Auch die Umgebungsfeuchtigkeit hat direkten Einfluss auf das Alterungsverhalten der Paneele. Je höher die Umgebungsfeuchtigkeit ist, desto mehr Feuchtigkeit wird in das Paneel transportiert [16].

#### 2.4.2 Quantitative Erfassung

Beim Einsatz von Vakuum-Isolationspaneelen im Hochbau ist es in Hinblick auf die geforderte Nutzungsdauer von großer Bedeutung, das Alterungsverhalten der Paneele quantitativ erfassen zu können. Für den Planer ist es unerlässlich, bei der Durchführung der wärmeschutztechnischen Berechnungen von gesicherten Werten der Wärmeleitfähigkeit ausgehen zu können bzw. zu wissen, wie lange das eingesetzte Vakuum-Isolationspaneel den angesetzten Rechenwert tatsächlich aufweisen kann. Nach heutigem Stand der Technik gelten Vakuum-Isolationspaneele mit Stützkernen aus nanoporösen Silikaten aus mehreren Gründen als am besten für den Einsatz im Baubereich geeignet – daher sollen in den folgenden Ausführung ausschließlich diese Paneele behandelt werden.

Bei der Betrachtung des Alterungsverhaltens von Vakuum-Isolationspaneelen stellt sich vorerst die grundsätzliche Frage, welche Lebensdauer von einem Dämmstoff erwartet werden kann bzw. nach welchem Zeitraum ein Dämmstoff den deklarierten Wert der Wärmeleitfähigkeit noch aufweisen muss. In den Europäischen Normen gilt der Zeitraum von 25 Jahren als Maß für die Angabe von Nenn- oder Bemessungswerten von Dämmstoffen mit wesentlichen Alterungseffekten [17].

Im Zuge einer Versuchsreihe der Abteilung Bauphysik der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungs-Anstalt EMPA im Rahmen des Forschungsprogramms „High Performance Thermal Insulation Systems (HiPTI)“ der Internationalen Energieagentur IEA wurde das Alterungsverhalten von Vakuum-Isolationspaneelen unter Laborbedingungen untersucht [17]. Dabei wurden statische oder zyklisch wechselnde Temperatur- und Feuchtebelastungsversuche an Paneelen mit unterschiedlichen Hüllfolien und unterschiedlicher Größe durchgeführt und als wichtigste Messgrößen der Feuchtegehalt und der Innendruck der Paneele in Funktion der Zeit bestimmt. Aus diesen Daten wurden dann Rechenmodelle zur Abschätzung der Lebensdauer der Paneele abgeleitet bzw. für eine Nutzungsdauer von 25 Jahren gesicherte Werte der Wärmeleitfähigkeit errechnet. Da es für Vakuum-Isolationspaneele keine normativen Grundlagen gibt und die Bestimmung produktspezifischer Eigenschaften noch nicht nach einheitlich definierten Verfahren erfolgt, wurden als vorläufige, gesicherte Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit der Paneele ohne Berücksichtigung des Randeffekts die Werte

- $\lambda_{\text{Kern}} = 0,006 \text{ W/mK}$  für Paneele mit einer Hülle aus mindestens 5µm Aluminiumfolie und
- $\lambda_{\text{Kern}} = 0,008 \text{ W/mK}$  für Paneele mit metallisierter Kunststoffhülle vorgeschlagen.

Diese Werte liegen für korrekt geplante und ausgeführte Konstruktionen und Paneelen mit Abmessungen größer als 25 cm Kantenlänge und 2 cm Dicke auf der sicheren Seite [17].

## 2.5 Thermischer Randeffekt

Neben dem Alterungsverhalten der Vakuum-Isolationspaneele stellt auch der so genannte thermische Randeffekt ein nicht zu vernachlässigendes bauphysikalisches Problem dar.

Die Stoßfugen zwischen den einzelnen Paneelen stellen durch die in Wärmestromrichtung liegende Hüllfolie stoffliche Wärmebrücken dar; das heißt, in den Stoßfugen findet ein höherer Wärmefluss statt als in der Mitte der Paneele. Ursache für diese Wärmebrückenwirkung ist die im Vergleich zum Kernmaterial höhere Wärmeleitfähigkeit der Hüllfolie, besonders wenn diese dickere Metallschichten aufweist.

Dieser Wärmebrückeneffekt muss auf jeden Fall in wärmeschutztechnischen Berechnungen berücksichtigt werden, da die effektive Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_{\text{eff}}$  eines Vakuum-Isolationspaneels durch den Randeffekt stets größer ist als die von den Herstellern oft angegebene Wärmeleitfähigkeit in Paneelmitte.

In Abbildung 15 ist schematisch der Wärmestrom im Bereich der Stoßfuge dargestellt.

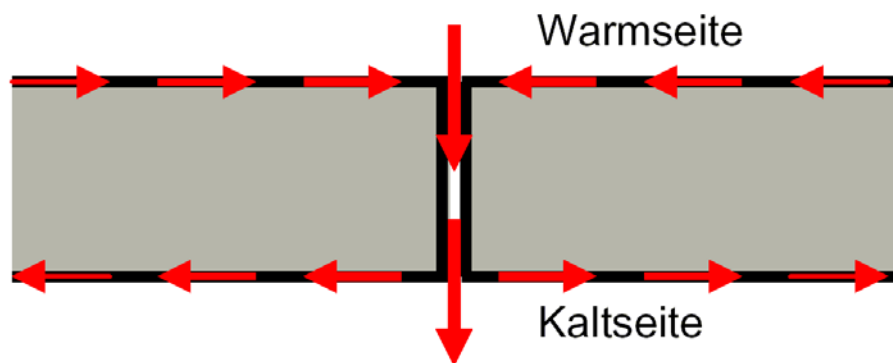


Abbildung 15: Wärmefluss im Bereich der Stoßfuge, aus [15]

Wie groß die Auswirkung des Randeffektes auf die Dämmwirkung der Vakuum-Isolationspaneele ist, hängt grundsätzlich von zwei Faktoren ab; nämlich der Größe der Paneele und der Wärmeleitfähigkeit der Hüllfolie. Je kleiner die Paneele sind, desto mehr Paneele müssen pro Flächeneinheit eingesetzt werden und desto größer ist die Länge der pro Flächeneinheit vorliegenden Stoßfugen. Somit wirkt sich der Einsatz größerer Paneele grundsätzlich wärmetechnisch günstig aus. Von großer Bedeutung ist auch die Wärmeleitfähigkeit der Hüllfolie. Wie schon in Abschnitt 2.3.2 beschrieben, kommen heute zumeist mehrschichtige Folien zum Einsatz, die aus einer Kombination aus Kunststoff und Aluminium bestehen. Aluminium ist – wie jedes Metall – ein guter Wärmeleiter und weist eine Wärmeleitfähigkeit von etwa 200 W/mK [2] auf. Je nach dem, ob es sich um eine Verbundfolie oder um eine metallisierte Folie handelt, unterscheiden sich die Folien in der Dicke der Aluminiumschicht. Je dicker die Aluminiumschicht ist, desto größer ist auch der Wärmetransport in der Schicht. Dem Vorteil, den die Verbundfolien in Bezug auf die Dichtheit gegenüber Gas- und Wassermolekülen aufweisen, steht demnach der stärkere thermische Randeffekt gegenüber.

In Abbildung 16 sind der Wärmestrom und die Isothermen in zwei Vakuum-Isolationspaneelen mit unterschiedlicher Hüllfolie dargestellt. Das Paneel auf dem linken Bild ist mit einer Hüllfolie mit einer Aluminiumschichtdicke von 8000 nm ausgestattet, während die Folie des Paneels auf dem rechten Bild eine Aluminiumschichtdicke von nur 80 nm aufweist. Der Wärmebrückeneffekt im Randbereich ist auf dem linken Bild deutlich zu erkennen [13].

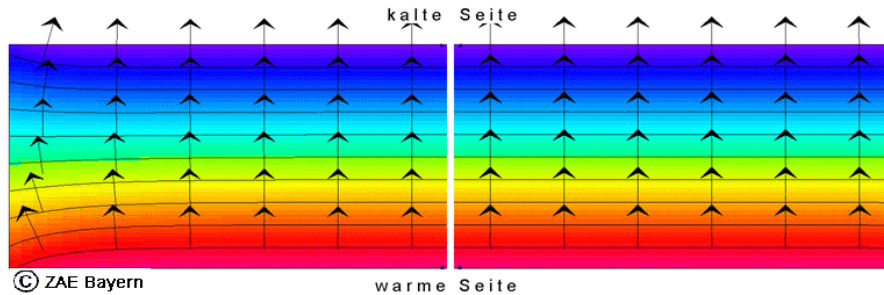


Abbildung 16: Wärmestrom in zwei Paneelen mit unterschiedlicher Hüllfolie, aus [13]

Sehr anschaulich ist in Abbildung 17 die Auswirkung von Hüllfolienmaterial und Paneelgröße auf den thermischen Randeffekt dargestellt. Ohne Berücksichtigung des Randeffekts weisen alle vier betrachteten Paneele im fabrikneuen Zustand eine Wärmeleitfähigkeit von 0,004 W/mK auf. Wird der Randeffekt in Rechnung gestellt, steigt die effektive Wärmeleitfähigkeit bei den Paneelen mit Aluminium-Verbundfolie um mehr als 100% auf einen Wert von über 0,010 W/mK an, während bei den Paneelen mit metallisierter Folie nur ein geringer Anstieg auf unter 0,005 W/mK zu verzeichnen ist. Die Größe der Paneele wirkt sich in dieser Darstellung nur gering aus, da das Verhältnis zwischen Paneelfläche und Umfang bei beiden untersuchten Formaten annähernd gleich ist.

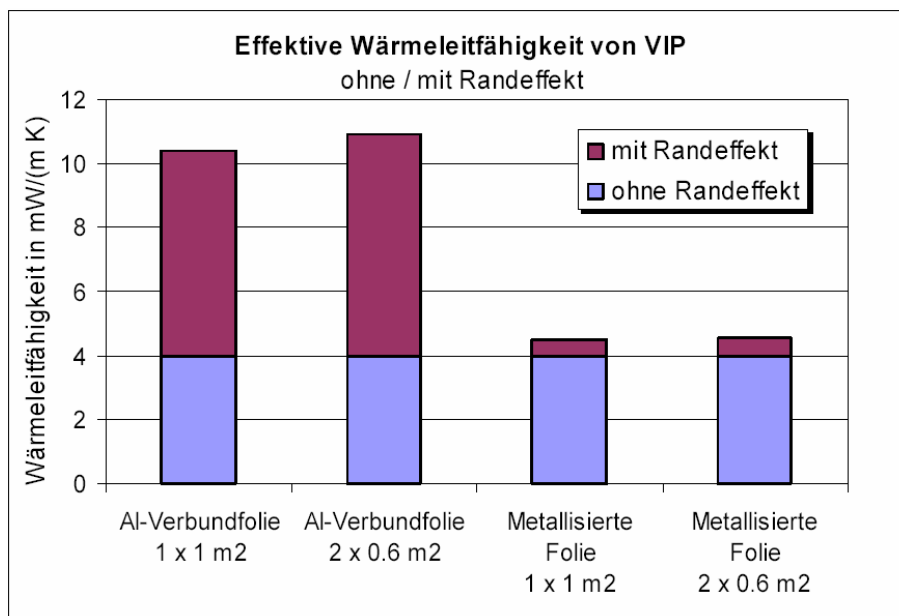


Abbildung 17: Effektive Wärmeleitfähigkeit von Vakuum-Isolationspaneelen, aus [20]



Wie schon erwähnt, darf der thermische Randeffekt bei wärmeschutztechnischen Berechnungen nicht außer Acht gelassen werden und muss in geeigneter Form in die Berechnungen einfließen. Dies kann durch die Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit in Paneelmitte auf einen für das ganze Paneel geltenden effektiven Wert  $\lambda_{\text{eff}}$  erfolgen. Dazu muss zuerst der Wärmebrückenverlustkoeffizient  $\Psi_{\text{Rand}}$  im Randbereich der Paneele bestimmt werden; dies kann entweder über eine Messung oder eine Berechnung mittels der Methode der Finiten Elemente erfolgen. Der nun bekannte Wärmebrückenverlustkoeffizient kann dann der Wärmeleitfähigkeit in Paneelmitte zugeschlagen und somit die für das komplette Paneel geltende effektive Wärmeleitfähigkeit ermittelt werden [1].

Die für diese Berechnung erforderlichen Formeln aus [1] sind im Folgenden dargestellt. Formel (2) dient dabei zur Ermittlung der effektiven Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_{\text{eff}}$  eines einzelnen Vakuum-Isolationspaneels; mit Hilfe von Formel (3) kann die effektive Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_{\text{eff,D}}$  einer großflächigen Dämmschicht aus mehreren Paneelen unterschiedlicher Größe berechnet werden.

$$\lambda_{\text{eff}} = \lambda_{\text{Kern}} + \Psi_{\text{Rand}} \cdot (U / A) \cdot s \quad (2)$$

- mit  $\lambda_{\text{eff}}$  effektive Wärmeleitfähigkeit des Paneels [W/mK]  
 $\lambda_{\text{Kern}}$  Wärmeleitfähigkeit des Paneels in Paneelmitte [W/mK]  
 $\Psi_{\text{Rand}}$  Wärmebrückenverlustkoeffizient im Randbereich des Paneels [W/mK]  
 $U$  Umfang des Paneels [m]  
 $A$  Fläche des Paneels [m<sup>2</sup>]  
 $s$  Dicke des Paneels [m]

$$\lambda_{\text{eff,D}} = \lambda_{\text{Kern}} + \Psi_{\text{Rand}} \cdot \Sigma (U_i / A_i) \cdot s \quad (3)$$

- mit  $\lambda_{\text{eff,D}}$  effektive Wärmeleitfähigkeit der Dämmschicht [W/mK]  
 $\lambda_{\text{Kern}}$  Wärmeleitfähigkeit der Paneele in Paneelmitte [W/mK]  
 $\Psi_{\text{Rand}}$  Wärmebrückenverlustkoeffizient im Randbereich der Paneele [W/mK]  
 $U_i$  Umfang des einzelnen Paneels [m]  
 $A_i$  Fläche des einzelnen Paneels [m<sup>2</sup>]  
 $s$  Dicke der Paneele [m]

Einen gewissen Nachteil stellt dabei jedoch der Umstand dar, dass sich für Paneele, die sich in Fläche, Umfang oder Dicke unterscheiden, jeweils andere effektive Wärmeleitfähigkeiten ergeben und dadurch die Vergleichbarkeit mit konventionellen Baustoffen erschwert wird. Weiters handelt es sich bei der effektiven Wärmeleitfähigkeit um einen Mittelwert für das komplette Paneel und die Möglichkeit einer detaillierten Berechnung, wie beispielsweise die Ermittlung von Temperaturverläufen in Abhängigkeit vom Ort, ist nicht mehr gegeben [1]. Trotzdem stellt die Methode nach Meinung des Verfassers eine für die tägliche Bemessungspraxis gut geeignete und in den meisten Fällen ausreichende Möglichkeit der Berücksichtigung des Randeffektes dar; besonders wenn großflächige Bauteile mit einer Dämmschicht aus Vakuum-Isolationspaneelen betrachtet werden.

Zur Ermittlung der effektiven Wärmeleitfähigkeit ist grundsätzlich die Kenntnis des Wärmebrückenverlustkoeffizienten  $\Psi_{\text{Rand}}$  im Randbereich der Paneele notwendig. Da eine genaue Berechnung bzw. Messung dieses Wertes in der Praxis nicht immer möglich ist, besteht auch hier die Forderung nach gesicherten Bemessungswerten.

In [17] werden als gesicherte Wärmebrückenverlustkoeffizienten für Paneele mit einer Dicke ab 2 cm folgende Werte angegeben:

- $\Psi_{\text{Rand}} = 0,07 \text{ W/mK}$  für Paneele mit einer Hülle aus mindestens 5  $\mu\text{m}$  Aluminiumfolie
- $\Psi_{\text{Rand}} = 0,01 \text{ W/mK}$  für Paneele mit metallisierter Kunststoffhülle

Anzumerken ist, dass gegebenenfalls bereits von den Herstellern die Wärmeleitfähigkeit der Vakuum-Isolationspaneele unter Berücksichtigung des Alterungsverhaltens und des Randeffekts angegeben wird. In diesem Fall kann der Wert vom Planer direkt übernommen werden und eine Berechnung nach diesem Abschnitt bzw. nach Abschnitt 2.4.2 kann entfallen.

## 2.6 Wasserdampfdiffusion

Zur Beurteilung des feuchtetechnischen Verhaltens von Bauteilen ist die Kenntnis des Wasserdampf-Diffusionswiderstandes der eingesetzten Baustoffe notwendig.

Als Maß für die Dichtigkeit eines Baustoffes gegen diffundierende Wassermoleküle wird die dimensionslose Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl  $\mu$  verwendet, deren Zahlenwert angibt, wie viel Mal kleiner die Massenstromdichte ist, wenn die Wassermoleküle nicht durch Luft, sondern durch den Baustoff diffundieren [4].

Vakuum-Isolationspaneele weisen aufgrund ihres Aufbaus einen sehr hohen Wasserdampfdiffusionswiderstand auf [24] und können als absolut dicht gegenüber Wasserdampf angesehen werden [25]. Die Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl von Vakuum-Isolationspaneelen ist somit praktisch unendlich groß. Werden für solche Materialien im Zuge von feuchtetechnischen Berechnungen finite Werte für die Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl benötigt, sollte laut [26] ein Wert von  $\mu = 100\,000$  verwendet werden.

Gegebenfalls können jedoch genauere Werte den Herstellerangaben entnommen werden. So wird z.B. in [23] für ein bestimmtes Vakuum-Isolationspaneel eine Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl von  $\mu = 5\,000\,000$  angegeben.

Auch die Stoßfugen zwischen den Paneelen sind aus feuchtetechnischer Sicht zu beachten. Um eine durchgängig Dampfdichtheit der Dämmschicht zu erreichen, können die Stoßfugen und Ränder mit Aluminium-Klebeband verklebt werden [29]. Als zusätzliche Maßnahme kann bei Bedarf der Einbau einer Dampfbremse bzw. Dampfsperre erfolgen.

## 2.7 Verarbeitung

Einen besonders wichtigen Aspekt bei der Anwendung von Vakuumdämmungen im Bauwesen stellt die Verarbeitung dar. Da eine Beschädigung der Hüllfolie auf jeden Fall zu verhindern ist, erfordert der Umgang mit den Paneelen auf der Baustelle im Vergleich zu konventionellen Dämmstoffen besondere Sorgfalt. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass alle am Bau beteiligten Handwerker über die Empfindlichkeit des Materials aufgeklärt und sensibilisiert werden – sowohl jene, die direkt am Einbau der Paneele beteiligt sind, als auch die der nachfolgenden Gewerke.

Bei der Handhabung der Paneele ist zu beachten, dass die Paneele nicht geschnitten, nicht angebohrt und nicht von Nägeln, Schrauben oder Dübeln durchdrungen werden dürfen. Dieser Umstand erfordert bereits in der Planungsphase detaillierte Überlegung; einerseits in Bezug auf die zu bestellenden Paneele, da ein Zuschnitt von Passstücken auf der Baustelle nicht möglich ist, und andererseits in Bezug auf die Montagemöglichkeit der Paneele. Weiters sollte eine eventuelle Gefährdung der Hüllfolie bzw. der Siegelnähte durch Chemikalien in Betracht gezogen und mit dem Hersteller abgeklärt werden. Auch eine ungewollte Verletzung der Hüllfolie durch raue Untergründe oder durch das Begehen der Paneele sollte unbedingt vermieden werden; eine entsprechende Vorbereitung des Untergrunds oder einen Schutz der Paneele durch Schutzmatten oder eine Schicht aus konventionellem Dämmstoff ist je nach Anwendungsfall zu überlegen.

Welche konkreten Maßnahmen zum Schutz der Paneele bei der Anwendung getroffen werden, ist jeweils im Einzelfall zu entscheiden. Grundsätzliche Hinweise zur Handhabung von Vakuum-Isolationspaneelen geben die „Allgemeine Verarbeitungs- und Anwendungshinweise für va-Q-vip“ [27] und „Anwendungshinweise für Vakuumdämmplatten va-Q-vip im Baubereich“ [28] im Anhang. Ein Entwurf für einen Aufkleber, mit dem auf die Empfindlichkeit der Vakuum-Isolationspaneele aufmerksam gemacht werden soll, ist in Abbildung 18 dargestellt.



Abbildung 18: Warnkleber zur Kennzeichnung von Paneelen oder Bauteilen mit Paneelen, aus [29]

## 2.8 Lieferformen

In diesem Abschnitt sollen die Lieferformen von Vakuum-Isolationspaneelen für den Baubereich kurz dargestellt werden. Weitere Informationen sowie Listenpreise können den technischen Datenblättern [18] [19] [23] ausgewählter Produkte bzw. der Preisliste [52] im Anhang entnommen werden.

In Tabelle 1 sind die Standardformate von Vakuum-Isolationspaneelen für das Bauwesen zusammengestellt. Andere Formate sind gegebenenfalls auf Anfrage erhältlich; maßgebend für die maximal produzierbaren Abmessungen ist dabei die Größe der Vakuumkammer.

*Tabelle 1: Standardformate von Vakuum-Isolationspaneelen*

Länge (L)	Breite (B)	Fläche (A)	Umfang (U)	Verhältnis A/U
600 mm	250 mm	0,15 m <sup>2</sup>	1,70 m	0,088
600 mm	500 mm	0,30 m <sup>2</sup>	2,20 m	0,136
1000 mm	300 mm	0,30 m <sup>2</sup>	2,60 m	0,115
1000 mm	600 mm	0,60 m <sup>2</sup>	3,20 m	0,188
1200 mm	500 mm	0,60 m <sup>2</sup>	3,40 m	0,176
1200 mm	1000 mm	1,20 m <sup>2</sup>	4,40 m	0,273

Wie in Tabelle 1 zu erkennen ist, weisen großformatige Paneele naturgemäß ein größeres Verhältnis zwischen Paneelfläche und Paneelumfang auf und stellen sich somit in Bezug auf den thermischen Randeffect als wärmetechnisch günstiger dar.

Vakuum-Isolationspaneelle weisen – ohne Schutzhülle – die Standardstärken gemäß Tabelle 2 auf. Weitere Stärken können gegebenenfalls von den Herstellern auf Anfrage produziert werden.

*Tabelle 2: Standardstärken von Vakuum-Isolationspaneelen*

10 mm	15 mm	20 mm	25 mm	30 mm	40 mm
-------	-------	-------	-------	-------	-------

Sollen Paneele mit einer werkseitig aufgetragenen Schutzhülle eingesetzt werden, ist die durch die Hülle größere Paneelstärke bereits in der Planungsphase zu berücksichtigen.

## **3 Anwendung als Außendämmung für massive Wände**

### **3.1 Zielsetzung**

Der Einsatz von Vakuum-Isolationspaneelen als Wärmedämmung für massive Außenwände aus Mauerwerk oder Beton stellt für Planer und Bauausführende sicher eine Herausforderung dar. Der Grund dafür liegt einerseits in der Neuartigkeit der Vakuumdämmung; im Gegensatz zu konventionellen Wärmedämmstoffen, die seit Jahrzehnten eingesetzt werden, liegen nur wenige Erfahrungswerte vor. Auf der anderen Seite weisen Vakuum-Isolationspaneele Eigenschaften auf, die sie deutlich von herkömmlichen Dämmstoffen unterscheiden und somit bauphysikalische Fragen aufwerfen. Nicht zuletzt stellen die Verletzbarkeit der Paneele und der im Fall einer Beschädigung auftretende Funktionsverlust und die damit einhergehenden Probleme bei der Montage ein nicht zu vernachlässigendes Risiko dar.

Das erste grundsätzliche Problem, das sich bereits in der Planungsphase ergibt, stellt die Befestigung der Paneele an der Wand dar. Da die Paneele auf keinen Fall durch Dübel durchdrungen werden dürfen und ein ausschließliches Kleben der Paneele aufgrund deren Oberflächenbeschaffenheit und den auftretenden Kräften auf die Paneele eine eher problematische Lösung darstellt, ist die Montage im Gegensatz zu konventionellen Dämmplatten relativ aufwendig und muss genau geplant werden.

Die Lösung des Problems der Montage mit Hilfe von mechanischen Befestigungssystemen, die ohne Durchdringung der Paneele wirken, leitet sofort zur nächsten Fragestellung über. Da sich gerade bei Hochleistungsdämmstoffen wie Vakuum-Isolationspaneelen die Wärmebrückenwirkung durch mechanische Befestigungsmittel, welche die Dämmschicht unterbrechen, besonders stark auswirkt, stellt sich die Frage, wie sehr diese Wirkung den Wärmedurchgangskoeffizienten der Wandkonstruktion verschlechtert.

Ein anderes bauphysikalisches Problem beim Einsatz von Vakuum-Isolationspaneelen stellt die Dichtheit der Hüllfolie und der damit verbundene Wasserdampfdiffusionswiderstand der Paneele dar. Eine feuchtetechnische Untersuchung und Beurteilung von Wandkonstruktionen mit Vakuumdämmung ist daher angebracht.

Neben den bauphysikalischen Überlegungen sind auch die Verarbeitung auf der Baustelle und ein dauerhafter Schutz der Paneele im eingebauten Zustand Faktoren, die bei der Planung berücksichtigt werden müssen, um das System Vakuumdämmung sinnvoll und nachhaltig einsetzen zu können.

Ziel dieses Kapitels ist es, verschiedene Montagemöglichkeiten von Vakuum-Isolationspaneelen auf massiven Außenwänden darzustellen und ausgewählte Wandaufbauten aus wärme- und feuchtetechnischer Sicht zu untersuchen und zu beurteilen. Als Befestigungsmöglichkeiten werden die Montage über ein Schienensystem, die Montage mittels Lattung und die Montage in Form einer Verbundplatte aus Vakuum-Isolationspaneel und Polystyrol-Hartschaum vorgestellt.

## 3.2 Befestigungstechnik

### 3.2.1 Schienensystem

Die Montage der Paneele mit Hilfe eines Schienensystems stellt eine Technik dar, die bereits in realisierten Bauvorhaben zur Anwendung gekommen ist und auch von den Herstellern von Vakuuminulationspaneelen vorgeschlagen wird. In Abbildung 19 ist das prinzipielle System dieser Montagemöglichkeit dargestellt; Abbildung 20 zeigt die Anwendung in der Praxis.

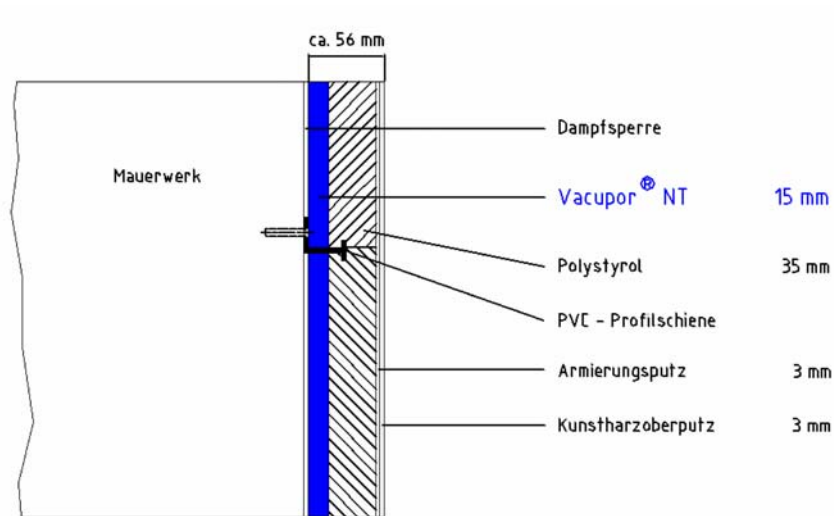
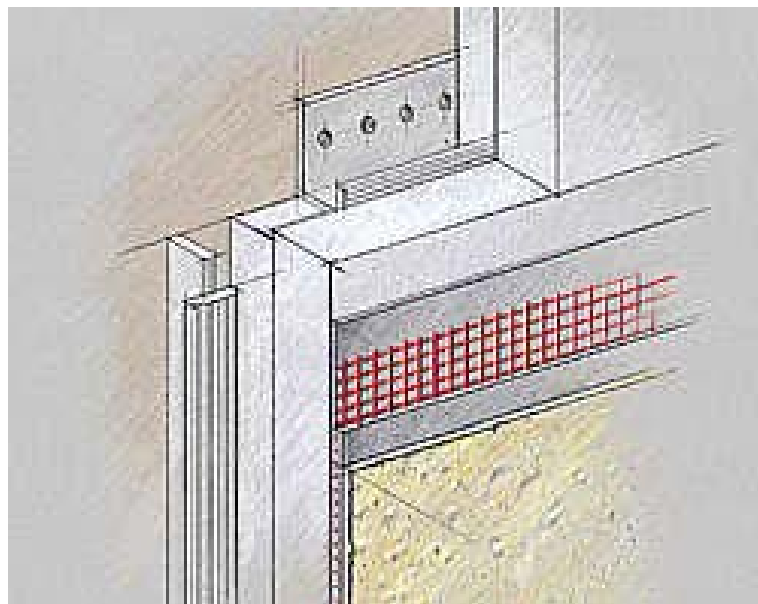


Abbildung 19: Prinzipskizze – Befestigung der Paneele mittels Schienensystem, aus [34]



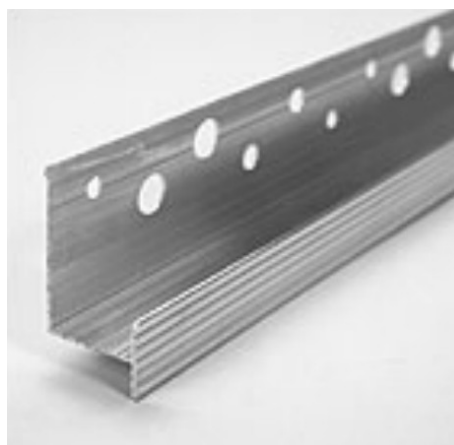
Abbildung 20: Praxisbeispiel – Befestigung der Paneele mittels Schienensystem, aus [14]

Die Befestigung von Dämmplatten über ein Schienensystem wurde nicht eigens für Vakuum-Isolationspaneele entwickelt, sondern findet auch bei konventionellen Wärmedämm-Verbundsystemen Anwendung – besonders im Bereich der Sanierung bei unebenen Untergründen. Von den Herstellern werden, wie in Abbildung 21 dargestellt, komplette Systeme aus Schienenprofilen aus Kunststoff oder Aluminium und entsprechende Dämmstoffplatten mit Nuten angeboten. Die als Halteleisten bezeichneten horizontalen Profile sind dabei über Dübel in der Wand verankert und greifen mit den senkrechten vorderen Schenkeln in die horizontal verlaufenden Nuten der Dämmplatten. Eine Verbindung der vertikalen Stoßfugen kann über die so genannten Verbindungsleisten erfolgen, die von den vertikal verlaufenden Nuten der Platte aufgenommen werden, jedoch nicht in der Wand verankert sind. Für die Montage der untersten Reihe der Dämmplatten werden ergänzend spezielle Sockelprofile angeboten.



*Abbildung 21: Schienensystem für konventionelle Dämmplatten, aus [32]*

Abbildung 22 zeigt eine Halteleiste aus Aluminium. Die Blechdicke dieses Profils beträgt etwa 1 mm; die Bohrungen im wandseitigen Schenkel dienen zur Aufnahme der Dübel.



*Abbildung 22: Halteleiste aus Aluminium, aus [33]*

Die Montage der Vakuum-Isolationspaneele und der Platten aus konventionellem Dämmstoff über Profilschienen läuft nach einem einfachen Schema ab, das im Folgenden kurz beschrieben wird.

Zunächst wird das horizontale Sockelprofil über Dübel in der Wand verankert. Als Richtwert kann dabei eine Dübelanzahl von 3 Stück pro Laufmeter angenommen werden; es sind jedoch auf jeden Fall die technischen Spezifikationen des Herstellers bzw. die statischen Erfordernisse zu berücksichtigen.

Nachdem das Sockelprofil montiert ist, können die Vakuum-Isolationspaneele und die Dämmstoffplatten der untersten Reihe versetzt werden. Die Paneele liegen dabei auf den horizontalen Schenkeln der Profile auf; die vertikalen Schenkel greifen in die Nuten der Dämmstoffplatten. Um das Versetzen der Paneele zu erleichtern, kann gegebenenfalls ein geeigneter Kleber zwischen Wand und Paneelen aufgebracht werden. Dabei sollte mit dem Hersteller der Paneele geklärt werden, welcher Kleber eingesetzt werden darf, um einen chemischen Angriff auf die Hüllfolie der Paneele zu vermeiden. Ist der Einsatz von vertikalen Verbindungsleisten vorgesehen, sind diese in die vertikal verlaufenden Nuten der Platten einzulegen.

Ist die unterste Reihe Paneele und Dämmstoffplatten verlegt, wird die erste horizontale Halteleiste montiert. Dazu wird zunächst der untere vertikale Schenkel der Halteleiste in die Nuten der Dämmstoffplatten gesteckt und danach die Halteleiste an die Wand gedübelt. Die Dübelanzahl kann dabei genauso wie beim Sockelprofil angenommen werden. Beim Herstellen der Bohrlöcher und beim Setzen der Dübel ist besonders darauf zu achten, dass die Vakuum-Isolationspaneele nicht beschädigt werden.

Nach der Montage der ersten Halteleiste kann mit dem Versetzen der Paneele und Platten der zweiten Reihe begonnen werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die vertikalen Stoßfugen der konventionellen Dämmstoffplatten gegenüber jenen der ersten Reihe versetzt angeordnet werden.

Ist die zweite Reihe Wärmedämmung verlegt, beginnt die Montage der zweiten Halteleisten und das Versetzen der dritten Reihe Vakuum-Isolationspaneele und Dämmstoffplatten nach dem selben Prinzip wie bei der zweiten Reihe.

Ist die gesamte Wandfläche nach diesem Prinzip hergestellt, kann mit der Endbeschichtung der Dämmstoffplatten wie bei einem herkömmlichem Wärmedämm-Verbundsystem begonnen werden. Der genaue Aufbau der Endbeschichtung ist dabei an das Material der gewählten Dämmstoffplatten anzupassen.



### 3.2.2 Lattung

Eine relativ unkomplizierte Möglichkeit der Montage von Vakuum-Isolationspaneelen stellt die Befestigung der Paneele zwischen einer horizontalen Lattung dar. Diese Methode wird auch von den Herstellern von Vakuum-Isolationspaneelen vorgeschlagen; das Prinzip ist in Abbildung 23 dargestellt, die Anwendung in der Praxis zeigt Abbildung 24.

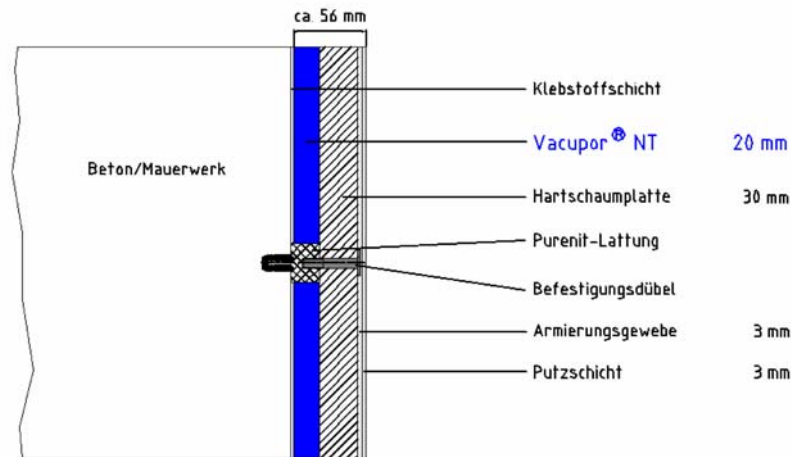


Abbildung 23: Prinzipskizze – Befestigung der Paneele mittels Lattung, aus [34]



Abbildung 24: Praxisbeispiel – Befestigung der Paneele mittels Lattung, aus [39]

Bei der Befestigung der Vakuumdämmung mittels Lattung werden die Paneele nach dem Auftragen einer geeigneten Kleberschicht zwischen den Latten eingesetzt, die mit Dübeln in der Wand verankert sind. Als Putzträger und als Schutzschicht für die Paneele dienen Dämmstoffplatten aus Hartschaum, die wiederum mit Schlag- oder Schraubdübeln im Bereich der Lattung an der Wand befestigt werden. Nach dem Fertigstellen der Wandfläche können die Dämmstoffplatten wie bei einem herkömmlichen Wärmedämm-Verbundsystem beschichtet werden.

### 3.2.3 Dübelung von Verbundplatten

Eine weitere Möglichkeit der Applikation von Vakuumdämmungen auf massive Wände könnte die Befestigung einer speziellen Verbundplatte aus einem Vakuum-Isolationspaneel und einer Platte aus Polystyrol-Hartschaum über Dübel darstellen. Durch die spezielle Geometrie dieser Verbundplatte, die in Abbildung 25 dargestellt ist, durchdringen die Dübel nur den Polystyrol-Hartschaum, nicht aber das Paneel. Nach Wissensstand des Verfassers werden Verbundplatten in dieser Form von den Herstellern nicht angeboten; eine werkseitige Produktion dieser Platten sollte jedoch technisch möglich sein.

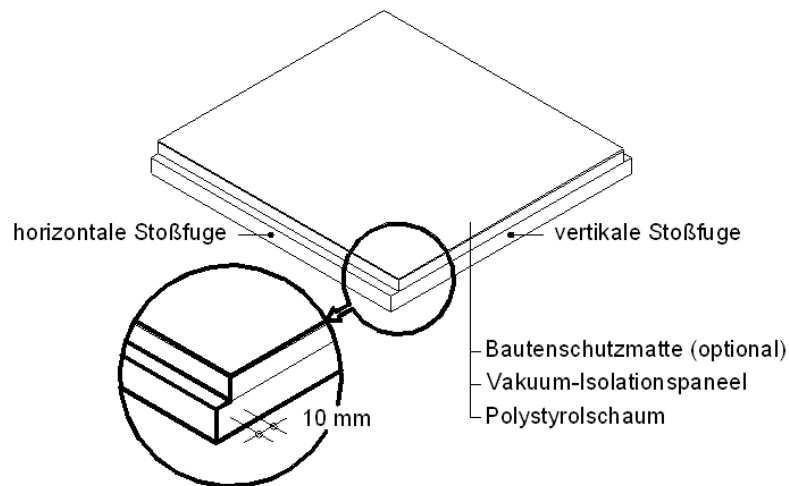


Abbildung 25: Verbundplatte aus Vakuum-Isolationspaneel und Polystyrol-Hartschaum

Das Montageprinzip dieser Verbundplatte zeigt Abbildung 26; die Verdübelung liegt dabei nur im Bereich der horizontalen Stoßfugen.

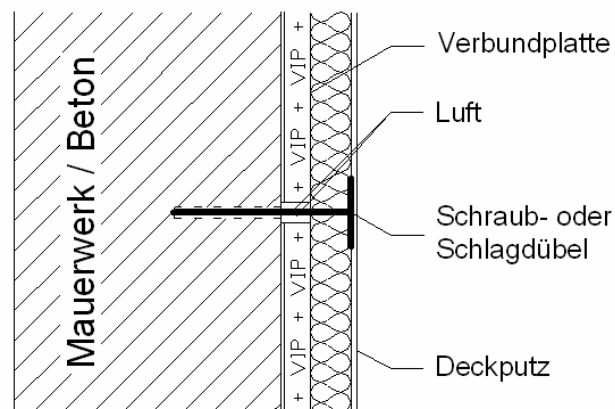


Abbildung 26: Prinzipskizze – Befestigung der Verbundplatten mittels Dübelung

Die Montage dieser Verbundplatten läuft grundsätzlich genauso ab, wie die Befestigung eines herkömmlichen Wärmedämm-Verbundsystems. Im Folgenden sind die einzelnen Schritte kurz dargestellt.

Zunächst wird an der unteren Kante der zu dämmenden Fläche ein Sockelprofil über Dübel in der Wand verankert. Als Anhaltspunkt kann eine Dübelanzahl von 3 Stück pro Laufmeter herangezogen werden; Herstellerangaben bzw. statische Erfordernisse sind aber auf jeden Fall zu berücksichtigen.

Nach der Montage des Sockelprofils werden die Verbundplatten mit einem geeigneten Kleber auf die Wand aufgebracht; die Klebung dient jedoch hauptsächlich als Hilfe bei der Montage. Das Versetzen der Platten erfolgt von unten nach oben, wobei die vertikalen Stoßfugen versetzt anzuordnen sind.

Nach dem Erhärten des Klebers erfolgt die Herstellung der Bohrlöcher im Bereich der horizontalen Fugen zwischen den Platten – also in jenem Bereich, in dem sich keine Vakuumdämmung befindet. Danach können die handelsüblichen Schlag- oder Schraubdübel, wie sie auch bei konventionellen Wärmdämm-Verbundsystemen zur Anwendung kommen, eingebracht werden. Dabei ist besonders darauf zu achten, dass die Vakuum-Isolationspaneel im Zuge der Bohr- und Dübelarbeiten nicht verletzt werden.

In Anlehnung an ÖNORM B 6410 [41] sollten mindesten 6 Dübel pro  $m^2$  vorgesehen werden; gegebenenfalls ist die Dübelanzahl jedoch den statischen Erfordernissen entsprechend zu erhöhen. In Abbildung 27 ist ein mögliches Dübelschema mit 6 Dübeln pro  $m^2$  für Platten der Größe 120 x 50 cm dargestellt. Das gleiche Dübelschema kann auch bei der in Abschnitt 3.2.2 beschriebenen Montage mittels Lattung verwendet werden.

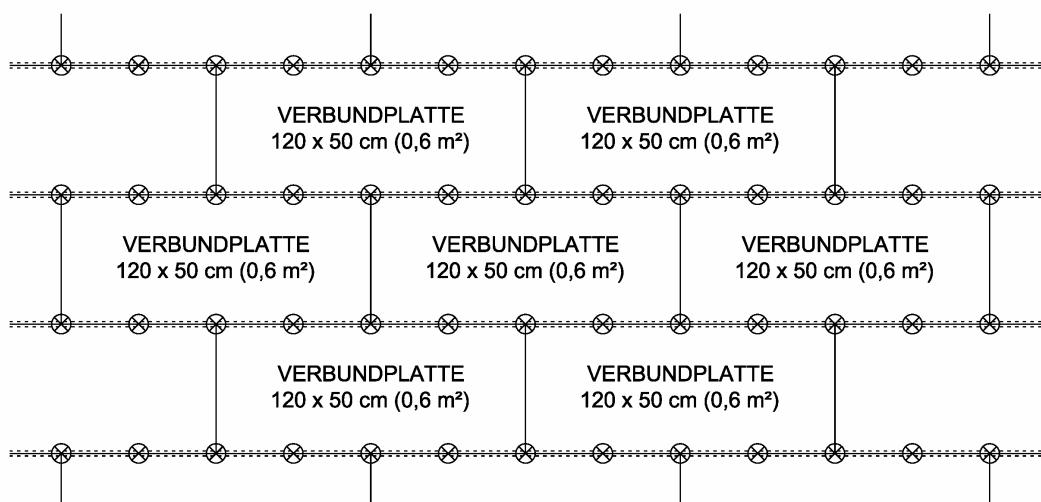


Abbildung 27: Dübelschema für Verbundplatten

Nach dem Versetzen der Dübel erfolgt das Aufbringen des Deckputzes wie bei einem konventionellen Wärmedämm-Verbundsystem.

### 3.3 Wärmetechnische Untersuchungen

In diesem Abschnitt sollen konkrete Wandaufbauten mit Vakuumdämmung – unter Berücksichtigung der drei in Abschnitt 3.2 beschriebenen mechanischen Befestigungssysteme – aus wärmeschutztechnischer Sicht untersucht und beurteilt werden.

#### 3.3.1 Untersuchte Wandkonstruktionen und Materialien

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die untersuchten Wandkonstruktionen. Die genauen Wandaufbauten und Abmessungen können den Systemzeichnungen im Anhang entnommen werden.

Tabelle 3: Wärmetechnisch untersuchte Wandkonstruktionen

Gruppe	Wandbaustoff	Befestigungssystem	Wärmedämmung		Nr.
<b>A</b>	<b>25 cm Mauerwerk</b>	ohne Befestigungssystem	<b>2 cm Vakuumdämmung</b>	3 cm Polystyrol-Hartschaum	A0
		Schienensystem Aluminium			A1
		Schienensystem PVC			A2
		Lattung Holz			A3
		Lattung Purenit			A4
		gedübelte Verbundplatte			A5
<b>B</b>	<b>25 cm Mauerwerk</b>	ohne Befestigungssystem	<b>4 cm Vakuumdämmung</b>	3 cm Polystyrol-Hartschaum	B0
		Schienensystem Aluminium			B1
		Schienensystem PVC			B2
		Lattung Holz			B3
		Lattung Purenit			B4
		gedübelte Verbundplatte			B5
<b>C</b>	<b>20 cm Beton</b>	ohne Befestigungssystem	<b>2 cm Vakuumdämmung</b>	3 cm Polystyrol-Hartschaum	C0
		Schienensystem Aluminium			C1
		Schienensystem PVC			C2
		Lattung Holz			C3
		Lattung Purenit			C4
		gedübelte Verbundplatte			C5
<b>D</b>	<b>20 cm Beton</b>	ohne Befestigungssystem	<b>4 cm Vakuumdämmung</b>	3 cm Polystyrol-Hartschaum	D0
		Schienensystem Aluminium			D1
		Schienensystem PVC			D2
		Lattung Holz			D3
		Lattung Purenit			D4
		gedübelte Verbundplatte			D5

Zur Durchführung der wärmetechnischen Berechnungen müssen die eingesetzten Materialien sowie die Geometrie der Befestigungsmittel definiert werden. Ergänzend zu Tabelle 3 und den Zeichnungen im Anhang sind im Folgenden die ausgewählten Produkte bzw. die getroffenen Annahmen beschrieben. Die Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit der einzelnen Materialien sind im Abschnitt 3.3.3 zusammengefasst.

### *Vakuum-Isolationspaneele*

In den Berechnungen wird als Vakuum-Isolationspaneel ein bestimmtes Produkt eingesetzt, dessen technische Eigenschaften dem Produktdatenblatt [23] im Anhang entnommen werden können. Der Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit liegt bei diesem Paneel unter Berücksichtigung der Rand- und Fugenverluste und des Alterungsverhaltens laut Herstellerangabe bei  $\lambda = 0,008 \text{ W/mK}$ . Als Paneelgröße wurde bei allen Aufbauten das Format 120 x 50 cm gewählt.

Um die Gefahr einer Verletzung der Paneele beim Einbau zu minimieren, werden grundsätzlich nur Paneele betrachtet, die auf einer Seite mit einer 3 mm dicken Bautenschutzmatte aus Gummigranulat versehen sind. Diese geschützte Oberfläche liegt beim Einbau auf der Seite der massiven Wand und verhindert so eine Beschädigung des Paneels durch vorstehende Mörtelreste, Grate oder andere scharfkantige Unebenheiten in der Wandfläche.

### *Wandbaustoffe*

Als massive Wandbildner werden zwei Systeme betrachtet; nämlich 25 cm Hochlochziegel-Mauerwerk und 20 cm Beton.

Für das Mauerwerk wird ein bestimmter – für den Einsatz im Objektbau geeigneter – Hochlochziegel gewählt; als Innenputz wird ein Kalk-Gipsputz angenommen. Die technischen Eigenschaften sind in den Datenblättern [35] [43] im Anhang angeführt. Als Kennwerte für den Beton werden Tabellenwerte angesetzt.

### *Konventionelle Dämmstoffplatten*

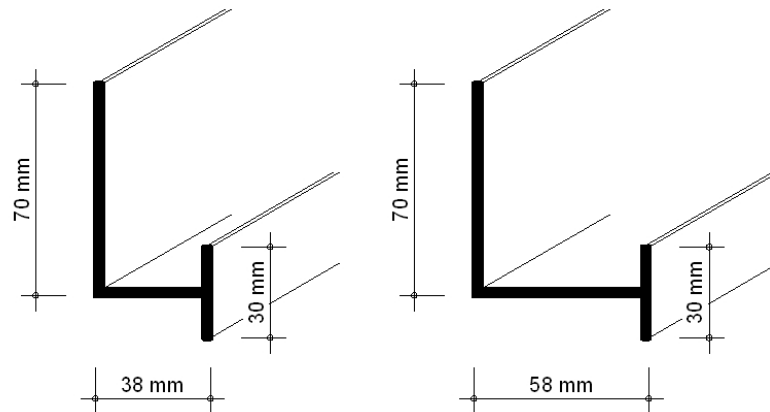
Für die als Putzträger dienenden Dämmstoffplatten wird expandiertes Polystyrol angenommen; als Endbeschichtung ein Silikatputz auf Klebespachtel. Die Eigenschaften der gewählten Polystyrol-Hartschaumplatten, der Klebespachtel und des Silikatputzes können den Datenblättern [42] [44] [45] im Anhang entnommen werden.

## *Schienensystem*

Bei den Wandkonstruktionen mit Schienensystem werden Profilschienen aus den Materialien Aluminium und PVC-hart betrachtet. Als Profildicke  $t$  werden folgende Werte angenommen:

Profilschienen aus Aluminium:  $t = 1 \text{ mm}$   
Profilschienen aus PVC-hart:  $t = 2 \text{ mm}$

Die Dicke der Profilschienen aus Aluminium entspricht jener handelsüblicher Profile; die Dicke der Profile aus PVC-hart wurde zur Gewährleistung der erforderlichen Stabilität doppelt so groß angenommen. In Abbildung 28 sind die Abmessungen der in den Berechnungen verwendeten Profile für Vakuum-Isolationspaneele der Stärke 2 cm bzw. 4 cm und einer Lage von 3 cm dicken Platten aus Polystyrol-Hartschaum dargestellt.



*Abbildung 28: Profilschienen für 2 cm bzw. 4 cm Vakuum-Isolationspaneele*

## *Lattung*

Bei der Befestigung der Paneele und den darüber liegenden konventionellen Dämmstoffplatten mittels einer horizontalen Lattung werden zwei verschiedene Materialien für die Lattung betrachtet.

Neben einer Lattung aus herkömmlichem Konstruktionsvollholz wird eine Lattung aus dem speziellen Konstruktionsdämmstoff Purenit eingesetzt, dessen Eigenschaften dem Datenblatt [37] im Anhang entnommen werden können.

## Dübel

Bei der Montage der Vakuum-Isolationspaneele zwischen einer Lattung und bei den gedübelten Verbundplatten durchdringen die Dübel die Schicht aus konventionellem Dämmstoff und müssen daher in den wärmetechnischen Berechnungen berücksichtigt werden. Möglich ist die Anwendung handelsüblicher Schlag- oder Schraubdübel, wie sie bei der Befestigung konventioneller Wärmedämm-Verbundsysteme eingesetzt werden.

Ein solcher Dübel muss – genauso wie das Schienensystem – für die wärmetechnischen Berechnungen modelliert werden. Als Anhaltspunkt dafür dient das im Anhang zu findende Datenblatt eines Schlagdübels [40] für konventionelle Dämmstoffe. Dieser Dübel weist einen Außendurchmesser von 8 mm auf, wobei der Durchmesser des Nagels selbst etwa 4 mm beträgt. Die Dübelhülse besteht aus Polyethylen, der Nagel aus Stahl. Als Dübellänge wird in Anlehnung an das Datenblatt eine Länge von 115 mm gewählt, um eine ausreichende Verankerungstiefe für Dämmstoffdicken bis 80 mm zu gewährleisten. Der eingesetzte Dübel ist in Abbildung 29 dargestellt, Abbildung 30 zeigt die modellierte Geometrie. Der Dübelteller wird aufgrund des vernachlässigbaren wärmetechnischen Einflusses dabei nicht berücksichtigt.



Abbildung 29: Schlagdübel für konventionelle Wärmedämm-Verbundsysteme, aus [40]

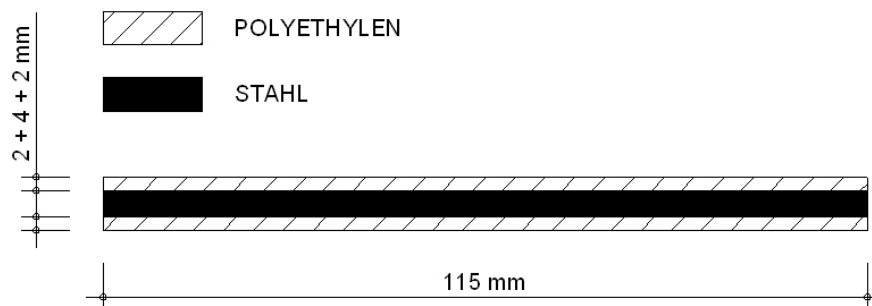


Abbildung 30: Geometrie des modellierten Dübels

### 3.3.2 Wärmetechnische Grundlagen und Berechnungsverfahren

In diesem Abschnitt sollen die grundlegenden, für die wärmetechnischen Berechnungen maßgebenden Zusammenhänge dargestellt werden. Die angegebenen Formeln und Erläuterungen sind sinngemäß der facheinschlägigen Literatur [3] [4] [26] entnommen.

In einem beliebigen Außenbauteil ist der Wärmedurchgangskoeffizient  $U$  definiert als

$$U = \dot{Q} / [(\theta_i - \theta_e) \cdot A] = \dot{q} / (\theta_i - \theta_e) \quad (3)$$

wobei  $\dot{Q}$  den Wärmestrom durch den Bauteil,  $\dot{q}$  die Wärmestromdichte,  $\theta_i$  die Innentemperatur,  $\theta_e$  die Außentemperatur und  $A$  die Bauteilfläche darstellt.

Für einen Bauteil aus mehreren homogenen Schichten ohne Wärmebrücken kann der Wärmedurchgangskoeffizient  $U$  händisch mittels Formel (6) berechnet werden. Dazu muss zunächst für jede Schicht des Bauteils der Wärmedurchlasswiderstand  $R_i$  als Quotient aus Schichtdicke  $d_i$  und Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_i$  der Schicht ermittelt werden:

$$R_i = d_i / \lambda_i \quad (4)$$

Die Summe aus den Wärmedurchlasswiderständen  $R_i$  der einzelnen Schichten, dem inneren Wärmeübergangswiderstand  $R_{si}$  und dem äußeren Wärmeübergangswiderstand  $R_{se}$  bildet den Wärmedurchgangswiderstand  $R_T$  des Bauteils:

$$R_T = R_{si} + \Sigma R_i + R_{se} \quad (5)$$

Als Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstandes  $R_T$  lässt sich der Wärmedurchgangskoeffizient  $U$  des Bauteils berechnen:

$$U = 1 / R_T \quad (6)$$

Bei den in dieser Arbeit untersuchten Wandaufbauten handelt es sich jedoch nicht um Bauteile aus homogenen Schichten, da die Wärmedämmung durch die mechanischen Befestigungsmittel unterbrochen ist. Die Befestigungsmittel wirken aufgrund ihrer im Vergleich zum Dämmstoff höheren Wärmeleitfähigkeit als stoffliche Wärmebrücken und führen somit zu einem höheren Wärmestrom durch den Bauteil und zu einer Änderung der Temperaturverteilung. Der Wärmedurchgangskoeffizient solcher Wandaufbauten lässt sich nicht anhand der oben beschriebenen Formeln berechnen; es muss die Fourier-Gleichung für stationäre Temperaturfelder und wärmequellenfreie Fälle angewandt werden:

$$\partial^2 \theta / \partial x^2 + \partial^2 \theta / \partial y^2 + \partial^2 \theta / \partial z^2 = 0 \quad (7)$$



Diese Gleichung beschreibt die Temperatur- und die Wärmestromlinien in einem Körper im stationären Temperaturzustand in einem räumlichen, kartesischen Koordinatensystem. Die Lösung der Differentialgleichung kann über numerische Verfahren wie z.B. der Methode der Finiten Elemente erfolgen [4].

Im Zuge dieser Arbeit erfolgt die Ermittlung der Wärmedurchgangskoeffizienten der verschiedenen Wandaufbauten mit Hilfe des Computerprogramms „THERM Finite Element Simulator Version 5.2“. Bei der Durchführung der Berechnungen wird zunächst der Aufbau des zu untersuchenden Bauteils modelliert. Dabei ist zu beachten, dass bei vertikal geschnittenen Wandbauteilen das Befestigungssystem in der Mitte des Ausschnittes liegt und nach oben und unten jeweils die halbe Höhe bis zum nächsten Befestigungsmittel zu berücksichtigen ist. Nach der Eingabe des Aufbaus werden den einzelnen Bauteilschichten und den Befestigungsmitteln die Wärmeleitfähigkeiten zugewiesen. Die wärmetechnischen Eigenschaften von mit Luft gefüllten Hohlräumen, wie sie bei den Aufbauten mit den gedübelten Verbundplatten vorkommen, können aus der Materialbibliothek des Programms direkt übernommen werden, wobei mehrere theoretische Modelle zur Auswahl stehen. Für die Berechnungen in dieser Arbeit wird das den Europäischen Normen entsprechende Modell CEN gewählt. Nachdem der Bauteil komplett eingegeben ist, werden die Eigenschaften der Bauteiloberflächen festgelegt. Dazu werden an der Innenseite des Bauteils die Innentemperatur und der innere Wärmeübergangswiderstand und analog dazu an der Außenseite die Außentemperatur und der äußere Wärmeübergangswiderstand definiert. Sind die Geometrie, die Materialeigenschaften und die Randbedingungen korrekt eingegeben, kann die Simulation gestartet werden. Als Ergebnis liefert das Programm neben dem Wärmedurchgangskoeffizienten des Bauteils eine Vielzahl von graphischen Darstellungen, wie z.B. den Isothermenverlauf oder den Temperaturverlauf.

Da mit dem Programm THERM nur 2-dimensionale Simulationen möglich sind, können punktförmige Wärmebrücken nicht erfasst werden. Diese punktförmigen Wärmebrücken treten jedoch bei den Varianten mit Lattung und bei den Verbundplatten durch die Dübel auf, die die zusätzliche konventionelle Dämmstoffschicht durchdringen. Um diese Wärmebrückenwirkung und die damit verbundene Verschlechterung des Wärmedurchgangskoeffizienten dennoch erfassen zu können, wird neben dem Wärmedurchgangskoeffizienten des Regelbereichs – also des Bereichs ohne Dübel – auch der Wärmedurchgangskoeffizient im Schnitt durch den Dübel berechnet. Die beiden Werte werden dann je nach Anzahl der eingesetzten Dübel flächenanteilig gemittelt. Da gemäß Dübelschema in Abbildung 27 pro 30 cm Latte bzw. Luftspalt ein Dübel mit Durchmesser 8 mm angenommen wird, ergibt sich ein Dübelanteil von 2,67 %.

### 3.3.3 Wärmetechnische Rechenwerte

In der nachfolgenden Tabelle 4 sind die Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  der eingesetzten Materialien sowie die entsprechenden Quellenangaben und die im Berechnungsprogramm THERM zugewiesenen Farben zusammengestellt.

Tabelle 4: Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit

Material	Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ [W/mK]	Quellenangabe	Farbe in THERM
Hochlochziegel-Mauerwerk	0,324	[35]	Orange
Beton	2,000	[5]	Grün
Vakuum-Isolationspaneel	0,008	[23]	Cyan
Bautenschutzmatte	0,140	[23]	Schwarz
Polystyrol-Hartschaum	0,040	[42]	Gelb
Kalk-Gipsputz	0,600	[43]	Grau
Klebespachtel	0,800	[44]	Grau
Silikatputz	0,700	[45]	Grau
Aluminium	160	[5]	Blau
Stahl	50	[5]	Blau
PVC hart	0,150	[36]	Lila
Polyethylen	0,500	[36]	Braun
Holz	0,180	[5]	Braun
Purenit	0,060	[37]	Gelb

Neben den Wärmeleitfähigkeiten der Baustoffe müssen auch die wärmetechnischen Randbedingungen, also die Wärmeübergangswiderstände und die Temperaturen definiert werden. Als Wärmeübergangswiderstände werden in den wärmetechnischen Berechnungen gemäß ÖNORM EN ISO 6946 [38] für horizontale Wärmeströme folgende Werte angenommen:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W} \quad (\text{innerer Wärmeübergangswiderstand})$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W} \quad (\text{äußerer Wärmeübergangswiderstand})$$

Das Ansetzen einer konkreten Innen- und Außentemperatur spielt bei der Berechnung von Wärmedurchgangskoeffizienten von Wandkonstruktionen nur eine untergeordnete Rolle, da es grundsätzlich ausreicht, ein beliebiges Temperaturgefälle zu definieren. In den Berechnungen werden folgende Temperaturen angenommen:

$$\theta_i = +20 \text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{Innentemperatur})$$

$$\theta_e = -15 \text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{Außentemperatur})$$

### 3.3.4 Ergebnisse

In Tabelle 5 sowie in den nachfolgenden Abbildungen 31, 32, 33 und 34 sind die effektiven Wärmedurchgangskoeffizienten der untersuchten Wandaufbauten dargestellt. Die detaillierten Ergebnisse der Berechnungen sowie die Darstellung der Isothermen- und Temperaturverläufe der einzelnen Wandkonstruktionen können dem Anhang entnommen werden.

Tabelle 5: Effektive Wärmedurchgangskoeffizienten

Bereich		Regel- querschnitt	Dübel- bereich	flächen gemittelt <sup>1</sup>	Zunahme gegenüber 0
Wärmedurchgangskoeffizient		$U_R$	$U_D$	$U_{eff}$	$\Delta U_0$
	Nr.	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[%]
<b>A 25 cm Hochlochziegel + 2 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum</b>					
ohne Befestigungssystem	A0	0,2356	–	<b>0,2356</b>	–
Schienensystem Aluminium	A1	0,3437	–	<b>0,3437</b>	+ 46 %
Schienensystem PVC	A2	0,2446	–	<b>0,2446</b>	+ 4 %
Lattung Holz	A3	0,2887	0,5242	<b>0,2950</b>	+ 25 %
Lattung Purenit	A4	0,2702	0,5218	<b>0,2769</b>	+ 18 %
Verbundplatte gedübelt	A5	0,2599	0,5202	<b>0,2669</b>	+ 13 %
<b>B 25 cm Hochlochziegel + 4 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum</b>					
ohne Befestigungssystem	B0	0,1483	–	<b>0,1483</b>	–
Schienensystem Aluminium	B1	0,2843	–	<b>0,2843</b>	+ 92 %
Schienensystem PVC	B2	0,1555	–	<b>0,1555</b>	+ 5 %
Lattung Holz	B3	0,2124	0,4523	<b>0,2188</b>	+ 48 %
Lattung Purenit	B4	0,1849	0,4487	<b>0,1919</b>	+ 29 %
Verbundplatte gedübelt	B5	0,1840	0,4471	<b>0,1910</b>	+ 29 %
<b>C 20 cm Beton + 2 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum</b>					
ohne Befestigungssystem	C0	0,2819	–	<b>0,2819</b>	–
Schienensystem Aluminium	C1	0,4728	–	<b>0,4728</b>	+ 68 %
Schienensystem PVC	C2	0,2955	–	<b>0,2955</b>	+ 5 %
Lattung Holz	C3	0,3663	0,9359	<b>0,3815</b>	+ 35 %
Lattung Purenit	C4	0,3356	0,9294	<b>0,3515</b>	+ 25 %
Verbundplatte gedübelt	C5	0,3191	0,9228	<b>0,3352</b>	+ 19 %
<b>D 20 cm Beton + 4 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum</b>					
ohne Befestigungssystem	D0	0,1654	–	<b>0,1654</b>	–
Schienensystem Aluminium	D1	0,3829	–	<b>0,3829</b>	+ 131 %
Schienensystem PVC	D2	0,1747	–	<b>0,1747</b>	+ 6 %
Lattung Holz	D3	0,2550	0,8277	<b>0,2703</b>	+ 63 %
Lattung Purenit	D4	0,2144	0,8197	<b>0,2306</b>	+ 39 %
Verbundplatte gedübelt	D5	0,2126	0,8140	<b>0,2287</b>	+ 38 %

<sup>1</sup> 6 Dübel pro m<sup>2</sup>

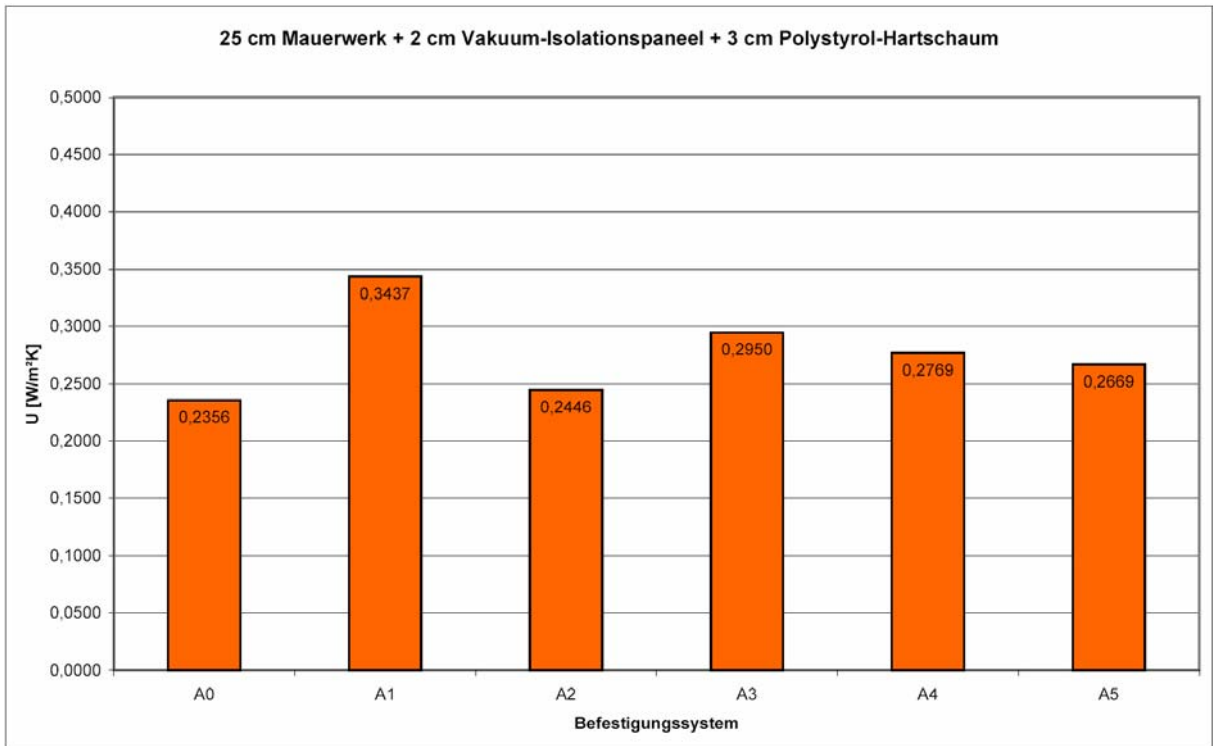


Abbildung 31: Wärmedurchgangskoeffizienten Aufbauten Gruppe A

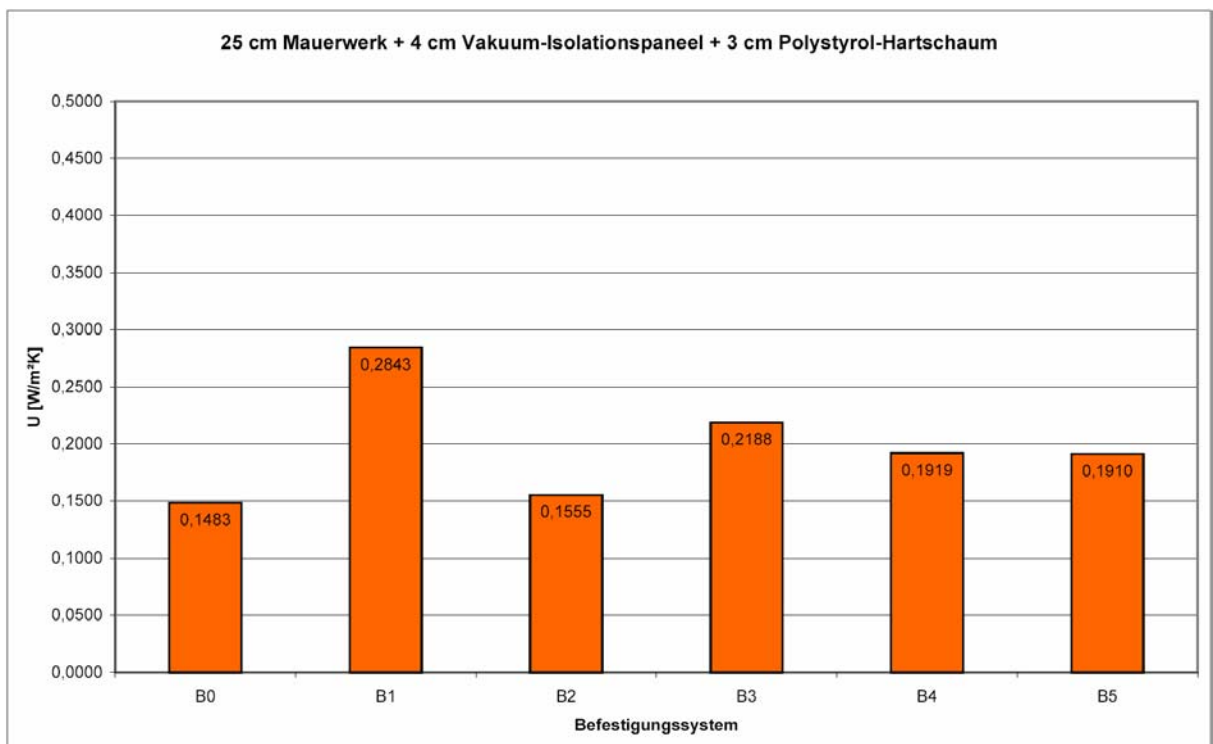


Abbildung 32: Wärmedurchgangskoeffizienten Aufbauten Gruppe B

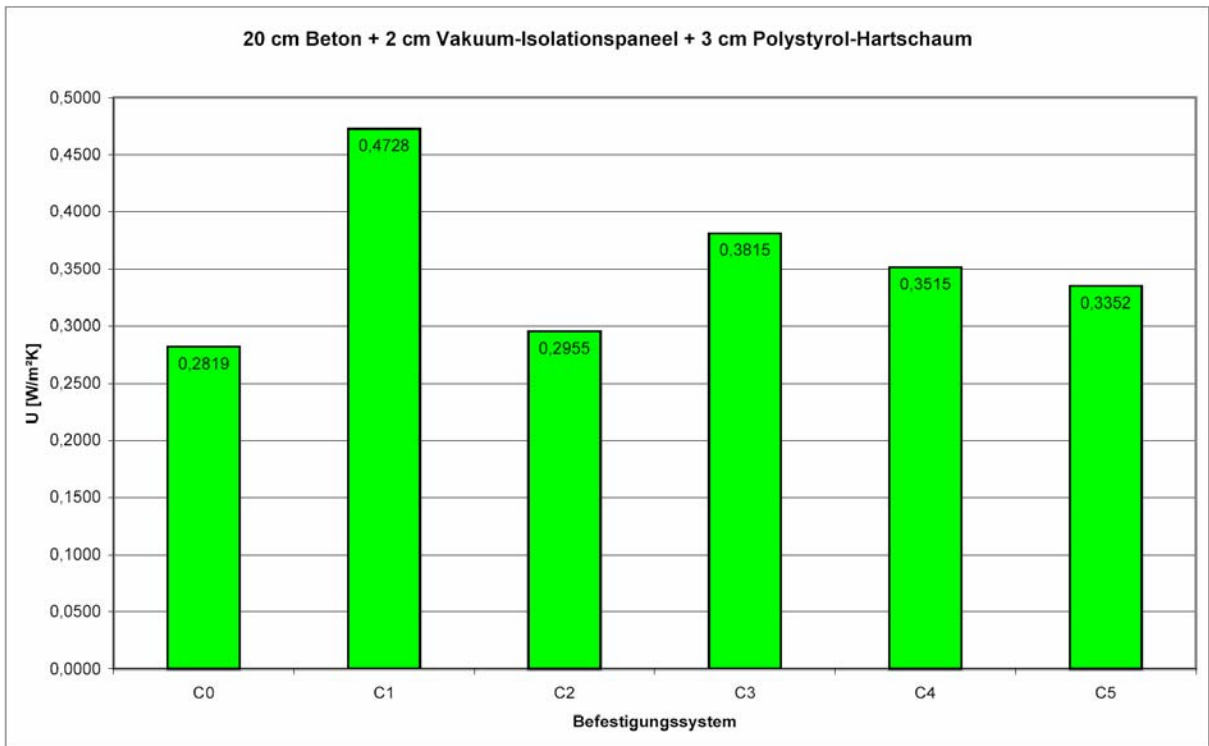


Abbildung 33: Wärmedurchgangskoeffizienten Aufbauten Gruppe C

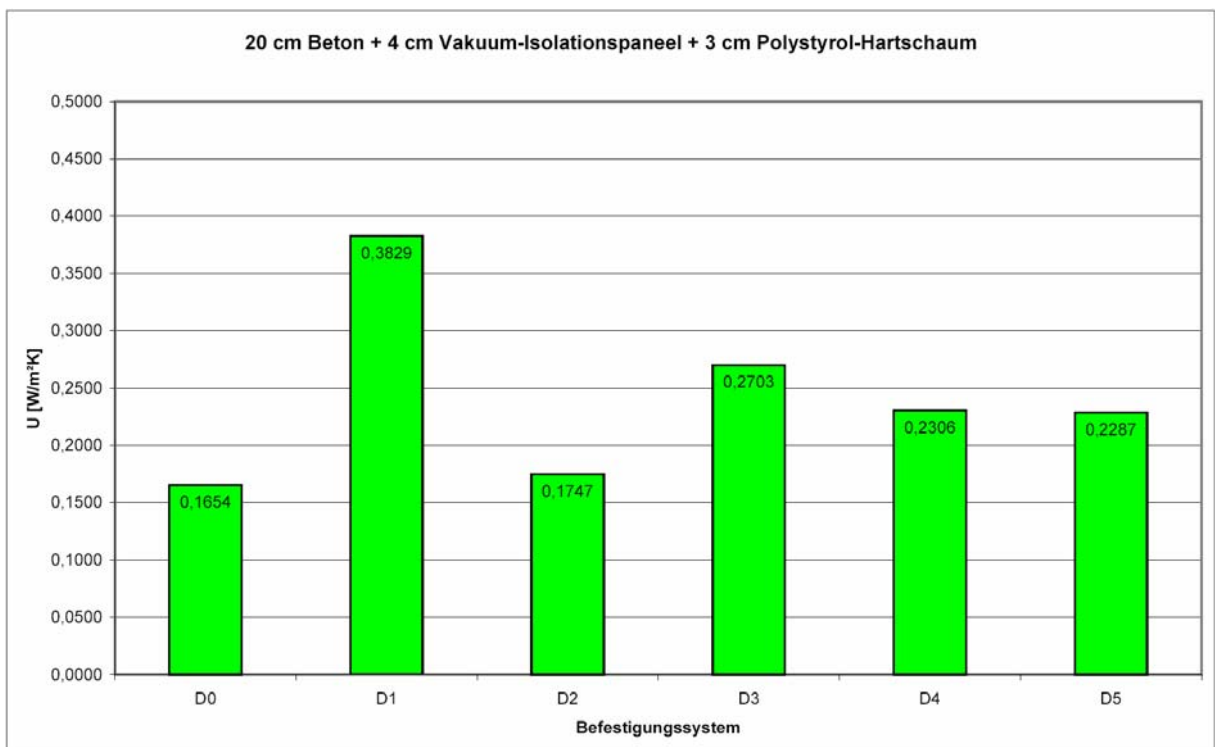


Abbildung 34: Wärmedurchgangskoeffizienten Aufbauten Gruppe D

Zusammenfassend können die Ergebnisse der Berechnungen folgendermaßen beurteilt werden:

Den größten Wärmebrückeneinfluss weist in allen Gruppen die Variante mit Schienenprofilen aus Aluminium auf. Der Wärmedurchgangskoeffizient liegt bei dieser Montagemöglichkeit je nach Wandaufbau 46 – 131 % über dem theoretischen Wärmedurchgangskoeffizienten des jeweiligen Wandaufbaus ohne Befestigungssystem. Aus wärmetechnischer Sicht erweisen sich die Schienenprofile aus Aluminium als eher ungeeignete Befestigungsmittel. Den geringsten Wärmebrückeneinfluss weist hingegen in allen Gruppen die Variante mit Schienenprofilen aus PVC auf. Der Wärmedurchgangskoeffizient liegt bei dieser Montagemöglichkeit je nach Wandaufbau nur etwa 4 – 6 % über dem theoretischen Wärmedurchgangskoeffizienten des jeweiligen Wandaufbaus ohne Befestigungssystem. Der wärmetechnische Einfluss der Schienenprofile aus PVC kann somit praktisch vernachlässigt werden. Die Varianten mit Lattung aus Holz bzw. Purenit und die Varianten mit den gedübelten Verbundplatten liegen wärmetechnisch im Mittelfeld. Es ist je nach Wandaufbau und Befestigungssystem mit einer Verschlechterung des theoretischen Wärmedurchgangskoeffizienten ohne Befestigungsmittel im Bereich von 13 – 63 % zu rechnen. An den Ergebnissen ist deutlich zu erkennen, dass der Wärmebrückeneinfluss der Befestigungssysteme umso größer ist, je dicker die Vakuumdämmung ist. Ebenso ist der Wärmebrückeneinfluss bei den Varianten mit Beton größer als bei den Varianten mit Hochlochziegel-Mauerwerk; Grund dafür ist die im Vergleich zum Mauerwerk deutlich höhere Wärmeleitfähigkeit des Betons.

Genauso interessant wie ein Vergleich der einzelnen Wandkonstruktionen untereinander ist der Vergleich mit Wandaufbauten mit konventionellen Wärmedämm-Verbundsystemen. Betrachtet man beispielsweise die wärmetechnisch günstigste Variante mit Mauerwerk (B2), so stellt man fest, dass dieser Aufbau bei einer Gesamtdicke der Dämmung von 7 cm einen Wärmedurchgangskoeffizienten von 0,16 W/m<sup>2</sup>K aufweist. Um diesen U-Wert mit konventionellen Dämmstoffen zu erzielen, wäre eine dreimal so große Dämmstoffdicke von etwa 21 cm erforderlich. Ebenso ist die wärmetechnisch günstigste Variante mit Beton (D2) zu beurteilen, die bei einer Gesamtdicke der Dämmung von 7 cm einen Wärmedurchgangskoeffizienten von 0,17 W/m<sup>2</sup>K aufweist. Hier wäre eine Dämmstoffdicke von etwa 23 cm erforderlich, um den gleichen Wert zu erreichen. Bei der Betrachtung der wärmetechnisch ungünstigsten Variante mit Mauerwerk (A1), die bei einer Gesamtdicke der Dämmung von 5 cm einen Wärmedurchgangskoeffizienten von 0,34 W/m<sup>2</sup>K aufweist, kann man hingegen feststellen, dass dieser Wert bereits mit einem konventionellen Dämmstoff mit einer Dicke von 8 cm zu erreichen wäre. Auch bei der wärmetechnisch ungünstigsten Variante mit Beton (C1), deren Wärmedurchgangskoeffizient bei einer Gesamtdicke der Dämmung von 5 cm bei 0,47 W/m<sup>2</sup>K liegt, kann die gleiche Dämmwirkung bereits mit einem konventionellen Dämmstoff mit einer Dicke von 7 – 8 cm erzielt werden.

Bei den betrachteten Wandsystemen kann man grundsätzlich feststellen, dass der Einsatz von Vakuumdämmungen nur bei größeren Paneeldicken und bei Verwendung eines wärmetechnisch günstigen Montagesystems wirtschaftlich sinnvoll sein kann. Die Anwendung dünnerer Paneele mit wärmetechnisch ungünstigen Befestigungssystemen führt aufgrund der auf jeden Fall erforderlichen Schutzschicht aus konventionellen Dämmstoffen nur zu einer sehr geringen Reduktion der notwendigen Gesamtdicke der Dämmung.

### 3.4 Feuchtetechnische Untersuchungen

In diesem Abschnitt sollen die in Abschnitt 3.3 betrachteten Wandaufbauten aus feuchtetechnischer Sicht in Hinblick auf die Kondensatbildung an den inneren Bauteiloberflächen und im Inneren der Bauteile untersucht werden. Dabei ist anzumerken, dass die Beurteilung des Kondensationsrisikos im Bauteilinneren jeweils nur am Wandquerschnitt ohne Befestigungsmittel – also an den Varianten A0, B0, C0 und D0 – erfolgt. Bei der Beurteilung der Kondensation an der inneren Bauteiloberfläche wird hingegen die Wärmebrückenwirkung der Befestigungssysteme berücksichtigt.

#### 3.4.1 Feuchtetechnische Grundlagen und Rechenwerte

Im Folgenden soll die Problematik der Kondensatbildung an und in Bauteilen kurz beschrieben werden. Die Erläuterungen sind sinngemäß der einschlägigen Fachliteratur [4] [26] [48] entnommen; die Grundlagen zu den Berechnungen selbst finden sich in den entsprechenden Normen [49] [50] [51]. Auf eine detaillierte Darstellung der feuchtetechnisch relevanten Formeln wird in diesem Abschnitt verzichtet; sie können der oben angeführten Literatur bzw. den Normen entnommen werden.

Bei einer bestimmten Temperatur kann Luft nur eine begrenzte Menge an Wasserdampf enthalten; diese Luftfeuchtigkeit wird als Sättigungsfeuchtigkeit oder als Sättigungsdampfdruck bezeichnet. Je höher die Temperatur ist, desto mehr Wasserdampf kann in der Luft enthalten sein und desto höher ist somit der Sättigungsdampfdruck. Wird feuchte Luft – unter der Voraussetzung, dass sie dabei keinen Wasserdampf abgeben kann – so weit abgekühlt, dass der Sättigungsdampfdruck unter den tatsächlichen Dampfdruck sinkt, kommt es zur Kondensation. Die Temperatur, bei der die Kondensation auftritt, wird als Taupunkttemperatur bezeichnet.

Kondensation kann sowohl an der inneren Oberfläche, als auch im Inneren eines Bauteils in Folge der Wasserdampfdiffusion auftreten, und ist durch eine entsprechende bauphysikalische Dimensionierung zu verhindern. Fällt Kondensat an der inneren Oberfläche eines Bauteils an, so kann dies zu Schäden an feuchtigkeitsempfindlichen ungeschützten Baumaterialien und zu Schimmelbildung führen. Ein Tauwasseranfall im Bauteilinneren kann Korrosion, Pilzbefall, Frostzerstörungen sowie eine Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit der Baustoffe bewirken.

Die Durchführung der feuchtetechnischen Berechnungen und Nachweise erfolgt im Zuge dieser Arbeit entsprechend den einschlägigen Normen [49] [50] [51].

Die für die Berechnungen notwendigen Materialkennwerte sind in der nachfolgenden Tabelle 6 zusammengestellt.

Tabelle 6: Feuchtetechnische Materialkennwerte

Material	Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ [W/mK]	Wasserdampf-diffusionswiderstand $\mu$ [1]	Quellenangabe
Hochlochziegel-Mauerwerk	0,324	10	[35]
Beton	2,000	130	[5]
Vakuum-Isolationspaneel	0,008	5000000	[23]
Bautenschutzmatte	0,140	0	[23]
Polystyrol-Hartschaum	0,040	60	[42]
Kalk-Gipsputz	0,600	10	[43]
Klebespachtel	0,800	50	[44]
Silikatputz	0,700	50	[45]

Neben den Materialkennwerten müssen auch die klimatischen Randbedingungen festgelegt werden. Als Referenzstandort wird für die feuchtetechnischen Berechnungen gemäß ÖNORM B 8110-2 [49] Klagenfurt gewählt; dieser Standort erfüllt die klimatischen Anforderungen der Norm für die generelle Bemessung eines Außenbauteils für Österreich. Normgemäß werden die folgenden Randbedingungen angesetzt; die detaillierte Ermittlung der Klimadaten für den Referenzstandort Klagenfurt kann dem Anhang entnommen werden.

$\theta_i = +20$ °C	(Innenlufttemperatur)
$\theta_e = -3,79$ °C	(Außenlufttemperatur)
$\varphi_i = 61,21$ %	(relative Feuchtigkeit der Raumluft)
$\varphi_e = 80$ %	(relative Feuchtigkeit der Außenluft)
$R_{si} = 0,25$ m <sup>2</sup> K/W	(innerer Wärmeübergangswiderstand)
$R_{se} = 0,04$ m <sup>2</sup> K/W	(äußerer Wärmeübergangswiderstand)

### 3.4.2 Kondensation an der inneren Bauteiloberfläche

Gemäß ÖNORM B 8110-2 [49] darf zur Vermeidung von Kondenswasserbildung bzw. zur Vermeidung von Schimmelbildung die innere Oberflächentemperatur eines Bauteils nicht unter die Sättigungstemperatur bzw. unter jene Temperatur, die einer relativen Luftfeuchtigkeit von 80% entspricht, absinken. Der Wärmeschutz eines Außenbauteils ist daher dementsprechend zu dimensionieren.



Zur Beurteilung der in dieser Arbeit untersuchten Wandaufbauten muss vorerst jene Wandkonstruktion bestimmt werden, bei der die niedrigste innere Oberflächentemperatur auftritt. Naturgemäß kann die geringste innere Oberflächentemperatur nur im Bereich der Befestigungsmittel auftreten, da die Wärmebrückenwirkung der Befestigungsmittel zu einer Absenkung der inneren Oberflächentemperatur führt. Dieser maßgebende Wandbereich kann über die in Abschnitt 3.3 berechneten und in Tabelle 5 dargestellten Wärmedurchgangskoeffizienten bestimmt werden; der größte auftretende Wärmedurchgangskoeffizient kennzeichnet dabei den kritischsten Wandbereich. In diesem Fall handelt es sich um den Dübelbereich der Variante C3; der Wärmedurchgangskoeffizient liegt hier bei 0,9353 W/mK.

Die innere Oberflächentemperatur dieses Wandbereichs kann mit Hilfe einer Berechnung mittels der Methode der Finiten Elemente bestimmt werden. Die Berechnung erfolgt dabei wie in Abschnitt 3.3.3 beschrieben unter Verwendung der Materialkennwerte gemäß Tabelle 4. Die Temperaturen und die Wärmeübergangswiderstände werden gemäß den in Abschnitt 3.4.1 beschriebenen feuchtetechnischen Randbedingungen angenommen. Das Ergebnis der Berechnung ist in Abbildung 35 dargestellt.

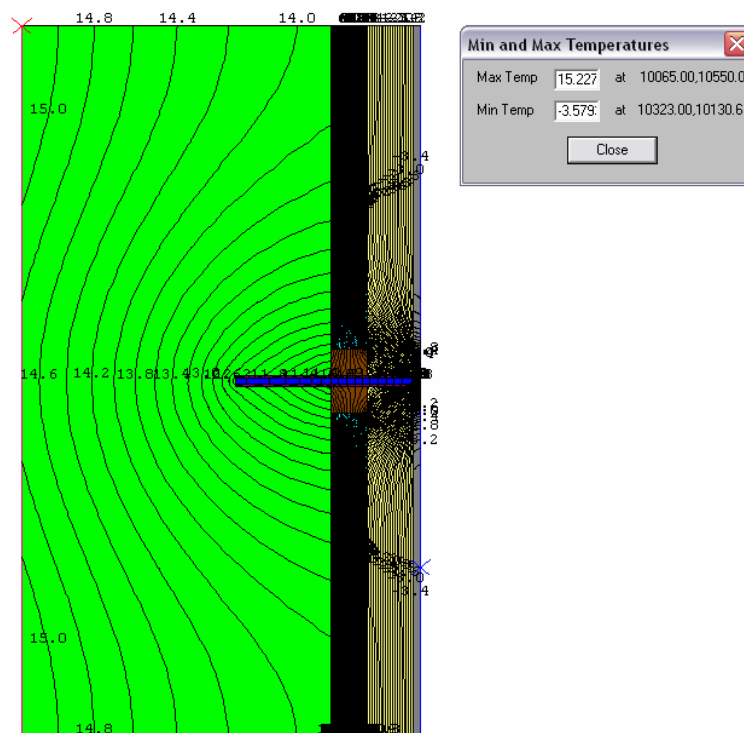


Abbildung 35: Isothermenverlauf im Dübelbereich der Variante C3

In Abbildung 35 ist zu erkennen, dass die innere Oberflächentemperatur nicht unter +14,6 °C absinkt. Die geringste Oberflächentemperatur im Wärmebrückenbereich kann somit mit  $\theta_{si}^* = +14,6 \text{ °C}$  angenommen werden.

Der Nachweis der Vermeidung von Kondenswasserbildung bzw. Schimmelbildung erfolgt im Bereich von Wärmebrücken mit Hilfe des Temperaturfaktor  $f_{Rsi}^*$  nach ÖNORM B 8110-2 [49]. Der Temperaturfaktor ist definiert als:

$$f_{Rsi}^* = (\theta_{si}^* - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e) \quad (8)$$

Durch Einsetzen der entsprechenden Temperaturen ergibt sich der Temperaturfaktor in diesem Fall zu  $f_{Rsi}^* = 0,77$ . Gemäß ÖNORM B 8110-2 [49] müssen für den Fall des Norm-Innenraumklimas folgende Bedingungen erfüllt werden:

$$\begin{aligned} f_{Rsi}^* &\geq 0,71 \quad \text{zur Hintanhaltung von Schimmelbildung} \\ f_{Rsi}^* &\geq 0,69 \quad \text{zur Vermeidung von Kondensation} \end{aligned}$$

Da beide Bedingungen für den errechneten maßgebenden Temperaturfaktor erfüllt sind, ist der Nachweis der Vermeidung von Kondensation bzw. Schimmelbildung an der inneren Bauteiloberfläche für alle in dieser Arbeit untersuchten Wandaufbauten erbracht.

### 3.4.3 Kondensation im Inneren des Bauteils

Die Beurteilung der Kondensation im Inneren der Bauteile erfolgt für die ungestörten Wandbereiche – also jene Bereiche ohne Wärmebrückeneinfluss der Befestigungsmittel – nach dem in ÖNORM B 8110-2 [49] bzw. ÖNORM EN ISO 13788 [51] beschriebenen Verfahren. Dieses Rechenverfahren ist nach seinem Begründer allgemein als Glaser-Verfahren bekannt. Dabei ist prinzipiell nachzuweisen, dass im Wandaufbau an keiner Stelle der Sättigungsdampfdruck erreicht wird und somit kein Kondenswasser anfällt. Hierbei ist anzumerken, dass auch bei Anfall einer begrenzten Menge an Kondenswasser eine Konstruktion aus feuchtetechnischer Sicht als in Ordnung angesehen werden kann, sofern nachgewiesen wird, dass es im Jahresverlauf wieder zur Austrocknung kommt.

Die Berechnungen für die ungestörten Wandaufbauten A0, B0, C0 und D0 erfolgen in tabellarischer Form und sind im Anhang dargestellt. Bei allen vier Wandaufbauten kann nachgewiesen werden, dass es zu keiner Kondenswasserbildung im Bauteilinneren kommt.

Zur Beurteilung des Kondensationsrisikos im Bereich der Befestigungsmittel müsste eine feuchtetechnische Simulation mit einem entsprechenden Rechenprogramm erfolgen; im Zuge dieser Arbeit wird dieser Nachweis jedoch nicht geführt.

## **4 Anwendung als Leibungsdämmung in der Sanierung**

### **4.1 Zielsetzung**

Nicht nur im Neubau, sondern auch in der Sanierung können Vakuum-Isolationspaneele eine interessante Alternative zu konventionellen Dämmstoffen darstellen. Gerade im Bereich von Wärmebrücken, die bei einer thermischen Sanierung nicht außer Acht gelassen werden dürfen und bei denen der Einsatz von größeren Dämmstoffdicken oft nicht möglich ist, kann die Verwendung von Vakuum-Isolationspaneelen sinnvoll sein.

Im Rahmen dieser Arbeit sollen an einem Wärmebrückendetail – nämlich der Fensterleibung – die Anwendungsmöglichkeiten von Vakuum-Isolationspaneelen in der Sanierung betrachtet werden. Dabei wird von folgendem Szenario ausgegangen: Ein Altbau aus der Gründerzeit mit 60 cm dicken Wänden aus Ziegelmauerwerk soll einer thermischen Sanierung unterzogen werden. Im Zuge der Dämmung der Wände mit konventionellen Dämmstoffen sollen auch die Fensterleibungen gedämmt werden, um die Energieverluste in diesem Wärmebrückenbereich zu verringern. Dabei wird von drei möglichen Einbaulagen der Fenster ausgegangen – die Fenster können entweder an der Außenkante, in der Mitte oder an der Innenkante des Mauerwerks eingebaut sein. Als Wärmedämmung soll je nach Lage der Fenster entweder ein 10 cm dickes Wärmedämm-Verbundsystem als Außendämmung oder eine Gipskarton-Vorsatzschale mit 5 cm Mineralwolle als Innendämmung eingesetzt werden. Da der bestehende Putz nicht entfernt werden soll, stehen für die Leibungsdämmung nur etwa 2 – 3 cm zur Verfügung. Bei der Dämmung der Fensterleibung wird daher als möglich Alternative zu konventionellen Dämmstoffen der Einsatz von Vakuum-Isolationspaneelen angedacht.

Ausgehend von diesen Annahmen soll der längenbezogene thermische Leitwert  $L^{2D}$  eines Wandabschnittes für die verschiedenen Einbaulagen des Fensters vor und nach der Sanierung berechnet werden. Um den Einfluss der Leibungsdämmung zu analysieren, werden nach der Sanierung drei Varianten betrachtet; nämlich keine Leibungsdämmung, eine konventionelle Leibungsdämmung und eine Leibungsdämmung aus Vakuum-Isolationspaneelen.

### **4.2 Befestigung der Leibungsdämmung**

Wie bei den in Kapitel 3 untersuchten Wandaufbauten stellt sich vorerst die Frage, wie die Vakuum-Isolationspaneele im Bereich der Leibung befestigt werden können. Die Dämmung der inneren Leibung kann grundsätzlich mit Hilfe einer Vorsatzschale auf einer Ständerkonstruktion erfolgen, zwischen der die Paneele gehalten werden. An der äußeren Leibung können beidseitig beschichtete Paneele eingesetzt werden, die mit einem geeigneten Kleber an der Leibung befestigt werden. Die Endbeschichtung der Paneele erfolgt nach dem Einbringen einer Putzarmierung und eines Kantenschutzes wie bei einem herkömmlichen Wärmedämm-Verbundsystem.

Die nachträgliche Dämmung der äußeren Leibung im Zuge einer Sanierung mit einem konventionellen Dämmstoff ist in der nachfolgenden Abbildungen 36 dargestellt. Auch hier wird die Wärmedämmung auf den bestehenden Putz aufgebracht. Deutlich zu erkennen ist das Armierungsgewebe, das bereits vor dem Befestigen der Leibungsdämmung entsprechend fixiert werden muss.



*Abbildung 36: Praxisbeispiel – Leibungsdämmung außen, aus [55]*

An dieser Stelle soll noch einmal erwähnt werden, dass das Kleben von Vakuum-Isolationspaneelen ohne mechanische Befestigungssysteme grundsätzlich problematisch sein kann. Im Bereich der Leibung kann nach Meinung des Verfassers jedoch davon ausgegangen werden, dass durch den fachgerechten Einsatz von Armierungsgewebe und Kantenschutz eine ausreichende Dauerhaftigkeit gewährleistet werden kann.

### 4.3 Untersuchte Varianten

Die folgende Tabelle 7 gibt einen Überblick über die untersuchten Leibungsvarianten.

Tabelle 7: Untersuchte Varianten Fensterleibung

Gruppe	Lage des Fenster	Wanddämmung	Leibungsdämmung	Nr.
<b>A</b>	<b>Außenkante Mauerwerk</b>	keine (vor der Sanierung)	keine	A0
		<b>innen</b> 5 cm Mineralwolle hinter GK-Vorsatzschale	keine	A1
			1 cm Mineralwolle hinter GK-Vorsatzschale	A2
			1 cm Vakuum-Isolationspaneel hinter GK-Vorsatzschale	A3
<b>B</b>	<b>Mitte Mauerwerk</b>	keine (vor der Sanierung)	keine	B0
		<b>innen</b> 5 cm Mineralwolle hinter GK-Vorsatzschale	keine	B1
			1 cm Mineralwolle hinter GK-Vorsatzschale	B2
			1 cm Vakuum-Isolationspaneel hinter GK-Vorsatzschale	B3
<b>C</b>	<b>Mitte Mauerwerk</b>	keine (vor der Sanierung)	keine	C0
		<b>außen</b> Wärmedämm-Verbundsystem. 10 cm Polystyrol-Hartsch.	keine	C1
			1,5 cm Polystyrol-Hartschaum geklebt und gespachtelt	C2
			1 cm Vakuum-Isolationspaneel geklebt und gespachtelt	C3
<b>D</b>	<b>Innenkante Mauerwerk</b>	keine (vor der Sanierung)	keine	D0
		<b>außen</b> Wärmedämm-Verbundsystem. 10 cm Polystyrol-Hartsch.	keine	D1
			1,5 cm Polystyrol-Hartschaum geklebt und gespachtelt	D2
			1 cm Vakuum-Isolationspaneel geklebt und gespachtelt	D3

Die entsprechenden Detailzeichnungen der einzelnen Varianten mit den in den Berechnungen festgelegten Geometrien sind im Anhang dargestellt. Zur Ermittlung der thermischen Leitwerte im Leibungsbereich wird dabei anschließend an die Leibung etwa 1 m ungestörter Wandbereich berücksichtigt; nach dieser Entfernung verlaufen die Isothermen zueinander parallel und der Wärmebrückeneffekt ist abgeklungen. Die Rohbaubreite der Fensteröffnung wird generell mit 1,55 m angenommen; die Gesamtbreite des betrachteten Wandabschnittes beträgt 3,50 m.

#### 4.4 Theoretische Grundlagen und Berechnungsverfahren

Im Folgenden sollen die für das Verständnis der wärmetechnischen Untersuchungen der Leibungsdetails grundlegenden Zusammenhänge dargestellt werden. Weiterführende Informationen können der facheinschlägigen Literatur [3] [4] [26] sowie den entsprechenden Normen [46] [47] entnommen werden.

Verbindungsstellen zwischen zwei Bauteilen – also in diesem Fall das Fenster und die angrenzenden Wandbereiche – stellen im allgemeinen Wärmebrücken dar; das heißt, es kommt in diesen Bereichen zu einer Erhöhung des Wärmestroms und einem Absinken der inneren Oberflächentemperatur. Die Folge sind zusätzliche Wärmeverluste sowie eine erhöhte Gefahr der Schimmelbildung.

Der Wärmestrom durch solche Wärmebrückenbereiche lässt sich durch den längenbezogenen thermischen Leitwert  $L^{2D}$  in W/mK beschreiben, der definiert ist als

$$L^{2D} = q / [(\theta_i - \theta_e)] \quad (9)$$

wobei  $q$  den linearen Wärmestrom in W/m darstellt. Mit Hilfe des thermischen Leitwertes  $L^{2D}$  kann der Wärmebrückenverlustkoeffizient  $\psi$  berechnet werden, der den zusätzlichen Wärmeverlust durch die Wärmebrücke beschreibt. Auf den Wärmebrückenverlustkoeffizienten  $\psi$  soll an dieser Stelle jedoch nicht näher eingegangen werden; sehr anschaulich ist die Ermittlung dieses Wertes in [56] dargestellt.

Die Berechnung der Wärmeströme im Bereich von Wärmebrücken kann mittels geeigneter numerischer Verfahren wie der Methode der Finiten Elemente erfolgen. Im Zuge dieser Arbeit erfolgt die Berechnung der Wärmeströme mit Hilfe des Computerprogramms „THERM Finite Elemente Simulator Version 5.2“, wobei die Durchführung der Berechnungen genauso wie bei der Ermittlung der Wärmedurchgangskoeffizienten der Wandaufbauten in Kapitel 3 abläuft. Als Ergebnis wird thermische Leitwert  $L^{2D}$  angegeben, der aus den im Berechnungsprogramm THERM ausgeworfenen Werten [U-factor] und [Total Length] über die Beziehung

$$L^{2D} = [\text{U-factor}] \cdot [\text{Total Length}] \quad (10)$$

ermittelt werden kann. Der Begriff [U-factor] steht dabei für den Wärmedurchgangskoeffizienten des untersuchten Wandabschnittes bezogen auf dessen gesamte äußere Grundrisslänge [Total Length].

## 4.5 Wärmetechnische Rechenwerte

In der nachfolgenden Tabelle 8 sind die Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit der eingesetzten Materialien sowie die entsprechenden Quellenangaben angeführt. Für das 60 cm dicke Bestandsmauerwerk wird ein Mauerziegel im altösterreichischen Format angenommen, dessen Eigenschaften dem Datenblatt [53] im Anhang entnommen werden können. Die technischen Kennwerte der Vorsatzschalen-Dämmplatte aus Mineralwolle finden sich in der Produktinformation [54] im Anhang.

Tabelle 8: Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit

Material	Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ [W/mK]	Quellenangabe	Farbe in THERM
Ziegelmauerwerk (Bestand)	0,630	[53]	Red
Gipskarton-Platte	0,250	[5]	Green
Vakuum-Isolationspaneel	0,008	[23]	Cyan
Bautenschutzmatte	0,140	[23]	Black
Polystyrol-Hartschaum	0,040	[42]	Yellow
Mineralwolle VSDP	0,033	[54]	Yellow
Kalk-Gipsputz	0,600	[43]	Grey
Kalk-Zementputz	1,000	[5]	Grey
Klebspachtel	0,800	[44]	Grey
Silikatputz	0,700	[45]	Grey
Holz	0,180	[5]	Brown
Verglasung Fenster	$U_g = 1,00$ W/m <sup>2</sup> K	Annahme	Blue

Als Fenster wird in den Berechnungen ein Standard-Holzfenster mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten des Rahmens von  $U_f = 1,5$  W/m<sup>2</sup>K und einem Wärmedurchgangskoeffizienten der Verglasung von  $U_g = 1,0$  W/m<sup>2</sup>K angenommen.

Für die Berechnung des thermischen Leitwertes  $L^{2D}$  werden die gleichen wärmetechnischen Randbedingungen wie für die Ermittlung der Wärmedurchgangskoeffizienten der Wandaufbauten in Kapitel 3 angesetzt. Die Innen- und Außentemperatur sowie die Wärmeübergangswiderstände können daher Abschnitt 3.3.3 entnommen werden.

## 4.6 Ergebnisse

In Tabelle 9 sind die berechneten längenbezogenen thermischen Leitwerte der untersuchten Leibungsvarianten zusammengefasst; in Abbildung 37 sind die Ergebnisse graphisch dargestellt. Eine detaillierte Darstellung der Rechenergebnisse mit Isothermen- und Temperaturverläufen kann dem Anhang entnommen werden.

Tabelle 9: Längenbezogener thermischer Leitwert  $L^{2D}$  der untersuchten Varianten

Wanddämmung	Leibungsdämmung	Nr.	langenbez. thermischer Leitwert	Abnahme gegenüber 1
			$L^{2D}$	$\Delta L^{2D}_1$
			[W/mK]	[%]
<b>A Lage des Fensters: Außenkante Mauerwerk</b>				
keine (vor der Sanierung)	keine	A0	<b>4,04</b>	
<b>innen</b> GK-Vorsatzschale 5 cm Mineralwolle	keine	A1	<b>3,44</b>	–
	1 cm Mineralwolle	A2	<b>3,19</b>	<b>-8 %</b>
	1 cm Vakuum-Isolationspaneel	A3	<b>3,00</b>	<b>-14 %</b>
<b>B Lage des Fensters: Mitte Mauerwerk</b>				
keine (vor der Sanierung)	keine	B0	<b>3,75</b>	
<b>innen</b> GK-Vorsatzschale 5 cm Mineralwolle	keine	B1	<b>3,05</b>	–
	1 cm Mineralwolle	B2	<b>2,90</b>	<b>-5 %</b>
	1 cm Vakuum-Isolationspaneel	B3	<b>2,83</b>	<b>-7 %</b>
<b>C Lage des Fensters: Mitte Mauerwerk</b>				
keine (vor der Sanierung)	keine	C0	<b>3,75</b>	
<b>außen</b> Wärmedämm-Verb. 10 cm Polystyrol-Hartsch.	keine	C1	<b>3,03</b>	–
	1,5 cm Polystyrol-Hartschaum	C2	<b>2,68</b>	<b>-11 %</b>
	1 cm Vakuum-Isolationspaneel	C3	<b>2,53</b>	<b>-17 %</b>
<b>D Lage des Fensters: Innenkante Mauerwerk</b>				
keine (vor der Sanierung)	keine	D0	<b>4,02</b>	
<b>außen</b> Wärmedämm-Verb. 10 cm Polystyrol-Hartsch.	keine	D1	<b>3,48</b>	–
	1,5 cm Polystyrol-Hartschaum	D2	<b>2,97</b>	<b>-15 %</b>
	1 cm Vakuum-Isolationspaneel	D3	<b>2,69</b>	<b>-23 %</b>



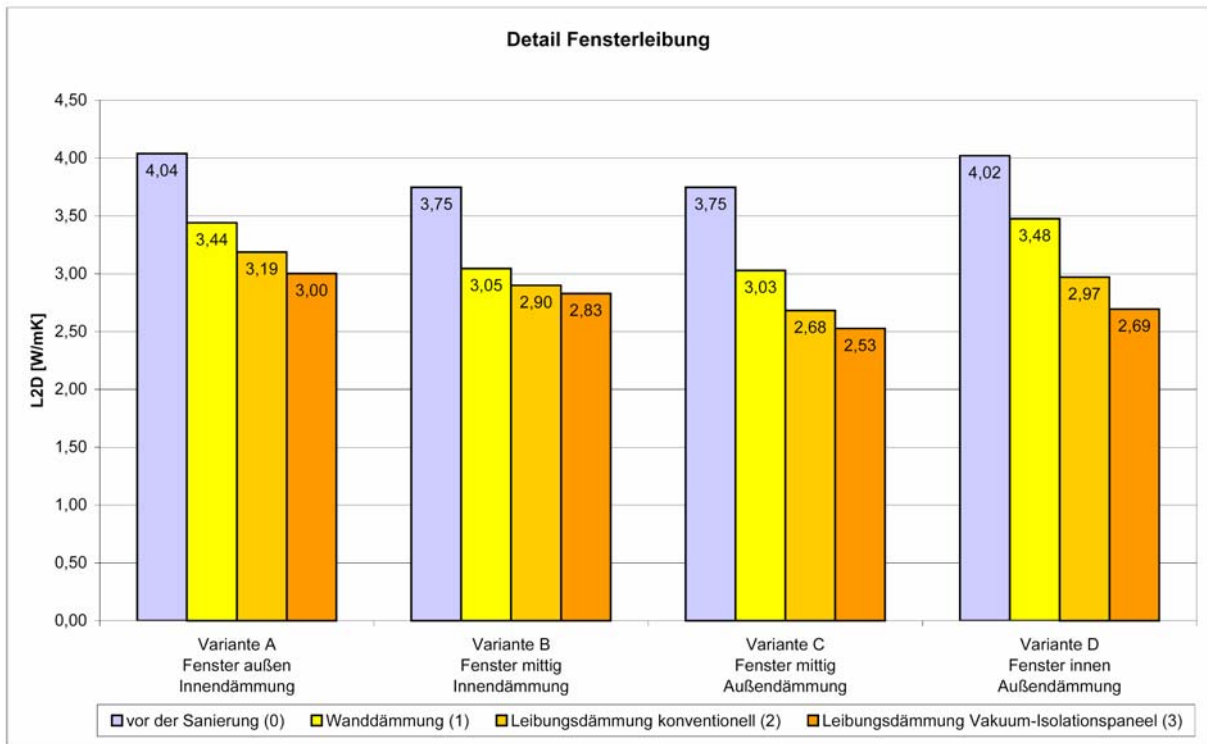


Abbildung 37: Längenbezogener thermischer Leitwert  $L^{2D}$  der untersuchten Varianten im Vergleich

In Abbildung 37 ist zu erkennen, dass die Anbringung einer Leibungsdämmung eine deutliche Verbesserung des thermischen Leitwertes der betrachteten Wandabschnitte bewirkt. Bereits mit einer konventionellen Leibungsdämmung kann der thermische Leitwert um bis zu 15 % gesenkt werden; durch den Einsatz von Vakuumdämmung kann im besten Fall sogar eine Absenkungen um 23 % erzielt werden.

Besonders interessant ist die Tatsache, dass der Leitwert der Varianten B und C ohne Leibungsdämmung praktisch gleich groß ist, obwohl die Dicke der Wanddämmung bei Variante C deutlich größer ist. Das gleiche Phänomen lässt sich auch im Vergleich zwischen Variante A und D erkennen. Nach dem Anbringen der Leibungsdämmung fällt der Leitwert der Varianten mit Außendämmung jedoch stärker ab als bei den Varianten mit Innendämmung; man kann also davon ausgehen, dass bei einer außen liegenden Wanddämmung der Einfluss der Leibungsdämmung größer ist als bei einer Innendämmung.

Weiters kann festgestellt werden, dass die Einbaulage des Fensters deutliche Auswirkungen auf den Leitwert hat; am wärmetechnisch günstigsten stellt sich dabei der Einbau in der Mitte des Wandquerschnitts dar. Vergleich man Variante C und D, so kann man feststellen, dass der bei Variante C mit konventioneller Leibungsdämmung erreichte thermische Leitwert bei Variante D erst durch den Einsatz der Vakuumdämmung erzielt werden kann. Noch stärker ist die Auswirkung der Einbaulage des Fensters im Vergleich zwischen Variante A und B; der Leitwert, der bei Variante A erst durch die Vakuumdämmung erzielt wird, wird bei Variante B bereits ohne Leibungsdämmung erreicht.

## Symbolverzeichnis

A	m <sup>2</sup>	Fläche
B	m	Breite
L	m	Länge
L <sup>2D</sup>	W/mK	längenbezogener thermischer Leitwert
$\dot{Q}$	W	Wärmestrom
R	m <sup>2</sup> K/W	Wärmedurchlasswiderstand
R <sub>T</sub>	m <sup>2</sup> K/W	Wärmedurchgangswiderstand
R <sub>si</sub>	m <sup>2</sup> K/W	innerer Wärmeübergangswiderstand
R <sub>se</sub>	m <sup>2</sup> K/W	äußerer Wärmeübergangswiderstand
U	m	Umfang
U	W/m <sup>2</sup> K	Wärmedurchgangskoeffizient
U <sub>R</sub>	W/m <sup>2</sup> K	Wärmedurchgangskoeffizient im Regelbereich
U <sub>D</sub>	W/m <sup>2</sup> K	Wärmedurchgangskoeffizient im Dübelbereich
U <sub>eff</sub>	W/m <sup>2</sup> K	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient
U <sub>f</sub>	W/m <sup>2</sup> K	Wärmedurchgangskoeffizient Fensterrahmen
U <sub>g</sub>	W/m <sup>2</sup> K	Wärmedurchgangskoeffizient Verglasung
d	m	Schichtdicke
f* <sub>Rsi</sub>	–	Temperaturfaktor im Bereich von Wärmebrücken
p	mbar	Gasdruck
q	W/m	linearer Wärmestrom
$\dot{q}$	W/m <sup>2</sup>	Wärmestromdichte
s	m	Schichtdicke
s <sub>d</sub>	m	äquivalente Luftschichtdicke
t	m	Dicke
θ <sub>i</sub>	°C	Innenlufttemperatur
θ <sub>e</sub>	°C	Außenlufttemperatur
θ* <sub>si</sub>	°C	geringste innere Oberflächentemperatur im Wärmebrückenbereich
λ	W/mK	Wärmeleitfähigkeit
λ <sub>Kern</sub>	W/mK	Wärmeleitfähigkeit des Paneels ohne Berücksichtigung des Randeffekts
λ <sub>eff</sub>	W/mK	effektive Wärmeleitfähigkeit des Paneels
λ <sub>eff,D</sub>	W/mK	effektive Wärmeleitfähigkeit einer großflächigen Dämmschicht aus Paneelen
μ	–	Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl
φ <sub>i</sub>	–	relative Feuchtigkeit der Raumluft
φ <sub>e</sub>	–	relative Feuchtigkeit der Außenluft
ψ	W/mK	Wärmebrückenverlustkoeffizient
ψ <sub>Rand</sub>	W/mK	Wärmebrückenverlustkoeffizient im Randbereich des Paneels

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Vakuum-Isolationspaneele verschiedener Hersteller, aus [12]	3
Abb. 2	Wärmetransportanteile in Dämmmaterialien mit Zellstruktur, aus [6]	5
Abb. 3	Wärmeleitfähigkeit von Luft in Funktion von Porengröße und Druck, aus [7]	6
Abb. 4	Aufbau eines Vakuum-Isolationspaneels, aus [8]	7
Abb. 5	Schnitt durch ein Vakuum-Isolationspaneel, aus [13]	8
Abb. 6	Vakuum-Isolationspaneel im 3-Rand-Siegelbeutel, aus [11]	8
Abb. 7	Vakuum-Isolationspaneel in straff um den Stützkern gezogener Folie, aus [11]	9
Abb. 8	Wärmeleitfähigkeit der Kernmaterialien in Abhängigkeit vom Gasdruck, aus [7]	11
Abb. 9	Typischer Aufbau eines VIP-Folienverbundes, aus [9]	14
Abb. 10	Gettermaterial in Container, aus [7]	15
Abb. 11	Kontrollsystem für Vakuum-Isolationspaneele, aus [21]	16
Abb. 12	Sensorscheibe am Paneel und externes Sensorgerät, aus [21]	16
Abb. 13	Paneel mit Schutzumhüllung aus Polystyrol-Hartschaum, aus [22]	17
Abb. 14	Paneel mit aufkaschierter Matte aus Gummigranulat, aus [23]	17
Abb. 15	Wärmefluss im Bereich der Stoßfuge, aus [15]	22
Abb. 16	Wärmestrom in zwei Paneelen mit unterschiedlicher Hüllfolie, aus [13]	23
Abb. 17	Effektive Wärmeleitfähigkeit von Vakuum-Isolationspaneelen, aus [20]	23
Abb. 18	Warnkleber zur Kennzeichnung von Paneelen oder Bauteilen mit Paneelen, aus [29]	26
Abb. 19	Prinzipskizze – Befestigung der Paneele mittels Schienensystem, aus [34]	29
Abb. 20	Praxisbeispiel – Befestigung der Paneele mittels Schienensystem, aus [14]	29
Abb. 21	Schienensystem für konventionelle Dämmplatten, aus [32]	30
Abb. 22	Halteleiste aus Aluminium, aus [33]	30
Abb. 23	Prinzipskizze – Befestigung der Paneele mittels Lattung, aus [34]	32
Abb. 24	Praxisbeispiel – Befestigung der Paneele mittels Lattung, aus [39]	32
Abb. 25	Verbundplatte aus Vakuum-Isolationspaneel und Polystyrol-Hartschaum	33
Abb. 26	Prinzipskizze – Befestigung der Verbundplatten mittels Dübelung	33
Abb. 27	Dübelschema für Verbundplatten	34
Abb. 28	Profilschienen für 2 cm bzw. 4 cm Vakuum-Isolationspaneele	37
Abb. 29	Schlagdübel für konventionelle Wärmedämm-Verbundsysteme, aus [40]	38
Abb. 30	Geometrie des modellierten Dübels	38
Abb. 31	Wärmedurchgangskoeffizienten Aufbauten Gruppe A	43
Abb. 32	Wärmedurchgangskoeffizienten Aufbauten Gruppe B	43
Abb. 33	Wärmedurchgangskoeffizienten Aufbauten Gruppe C	44
Abb. 34	Wärmedurchgangskoeffizienten Aufbauten Gruppe D	44
Abb. 35	Isothermenverlauf im Dübelbereich der Variante C3	48
Abb. 36	Praxisbeispiel – Leibungsdämmung außen, aus [55]	51
Abb. 37	Längenbezogener thermischer Leitwert $L^{2D}$ der untersuchten Varianten im Vergleich	56

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Standardformate von Vakuum-Isolationspaneelen	27
Tab. 2	Standardstärken von Vakuum-Isolationspaneelen	27
Tab. 3	Wärmetechnisch untersuchte Wandkonstruktionen	35
Tab. 4	Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit	41
Tab. 5	Effektive Wärmedurchgangskoeffizienten	42
Tab. 6	Feuchtetechnische Materialkennwerte	47
Tab. 7	Untersuchte Varianten Fensterleibung	52
Tab. 8	Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit	54
Tab. 9	Längenbezogener thermischer Leitwert $L^{2D}$ der untersuchten Varianten	55

## Literaturverzeichnis

- [1] Willems, Wolfgang: *Vakuumtechnik im Bauwesen*. Ruhruniversität Bochum, Fakultät für Bauingenieurwesen, Lehrstuhl für Baukonstruktionen und Bauphysik, Juni 2003
- [2] Kleinhempel, A.-K.: *Innovative Dämmstoffe im Bauwesen*. Bremer Energie-Institut, März 2005
- [3] Dreyer, Jürgen: *Bauphysik I – Bautechnischer Wärmeschutz*. Technische Universität Wien, Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz, Abteilung Bauphysik, 1999
- [4] Lutz, Peter et al.: *Lehrbuch der Bauphysik*. 5. Auflage, Teubner, 2002
- [5] Schneider, Klaus-Jürgen: *Bautabellen für Ingenieure*. 15. Auflage, Werner Verlag, 2002
- [6] Erb, Markus; Eicher, Hanspeter: *Hochleistungs-Wärmedämmstoffe*. Dr. Eicher+Pauli AG, Februar 2001
- [7] Erb, Markus; Eicher, Hanspeter; Binz, A.: *Hochleistungswärmedämmung HLWD*. Dr. Eicher+Pauli AG und Institut für Energie der Fachhochschule beider Basel, im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Dezember 2000
- [8] Erb, Markus et al.: *Vakuum-Isolations-Paneele (VIP) – Herstellung und Anwendung*. Dr. Eicher+Pauli AG, Fachhochschule beider Basel und ZZ-Wancor, o. J.
- [9] Reisacher, Hannes: *VIP – Stand der Technik*, in: Tagungsband zur 1. Fachtagung VIP-Bau, Rostock-Warnemünde, Juli 2003
- [10] Dr. Eicher+Pauli AG; EMPA; FHBB: *Vip-Bau*. Internet 2006-07-07 ([www.vip-bau.ch](http://www.vip-bau.ch))
- [11] Brunner, Samuel; Bundi Reto: *VIP: Service Lifetime Prediction – Edge Effect – Bulding Application*, in: Folien zum VIA Symposium 2003, Washington DC, 2003
- [12] Fachschule Nordwestschweiz, Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik, Institut Energie am Bau: *Ausgewählte Forschungsprojekte Gruppe Bau*. Internet 2006-07-10 ([www.fhnw.ch](http://www.fhnw.ch))
- [13] Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V.: *Vakuum-Isolations-Paneele am Bau*. Internet 2006-07-10 ([www.vip-bau.de](http://www.vip-bau.de))
- [14] Beck, Andreas et al.: *Vakuumwärmedämmung für Gebäude*. Folien des Bayerischen Zentrums für Angewandte Energieforschung, o. J.

- [15] Binz, A. et al: *Vakuum-Isolations-Paneele im Gebäudesektor – Systeme und Anwendungen*. Institut für Energie – Fachhochschule beider Basel Nordwestschweiz, im Rahmen des Forschungsprogramms Rationelle Energienutzung in Gebäuden des Bundesamt für Energie, Dezember 2005
- [16] Porextherm Dämmstoffe GmbH: *Porextherm | Technologie*. Internet 2006-07-12 (www.porextherm.de)
- [17] Simmler, H.; Brunner, S.: *Kann die Lebensdauer von Vakuumisolationssystemen vorausgesagt werden?*. EMPA Abteilung Bauphysik, Satusseminar 2004, Oktober 2004
- [18] Porextherm Dämmstoffe GmbH: *Datenblatt Vacupor®NT*. Internet 2006-07-17 (www.porextherm.de)
- [19] va-Q-tec AG: *Technisches Datenblatt zu va-Q-vip*. Internet 2006-07-17 (www.va-q-tec.de)
- [20] Binz, A. et al.: *Vakuum-Dämmung im Baubereich vip-bau.ch*. FHBB, Dr. Eicher+Pauli AG, EMPA, o. J.
- [21] va-Q-tec AG: *va-Q-check*. Internet 2006-08-11 (www.va-q-tec.de)
- [22] Binz, A. et al.: *Betonkonstruktionen mit Hochleistungswärmedämmstoffen – Machbarkeitsstudie*. Institut für Energie – Fachschule beider Basel Nordwestschweiz, Februar 2002.
- [23] ZZ Wancor, Wienerberger AG: *Hochleistungswärmedämmung Vacucomp*. Internet 2006-08-11 (www.zzwancor.ch)
- [24] Sedlbauer, Klaus et al.: *Vakuumisolationspaneele aus hygrothermischer und akustischer Sicht*, in: Tagungsband zur 2. Fachtagung VIP-Bau, Wismar, Juni 2005
- [25] Korjenic, Azra: *Vakuumdämmung*. 2003
- [26] Dreyer, Jürgen: *Bauphysik II*. Technische Universität Wien, Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz, Abteilung Bauphysik, 2003
- [27] va-Q-tec AG: *Allgemeine Verarbeitungs- und Anwendungshinweise für va-Q-vip*. Internet 2006-08-14
- [28] va-Q-tec AG: *Anwendungshinweise für Vakuumdämmplatten va-Q-vip im Baubereich*. Internet 2006-08-14
- [29] Moosmann, André et al.: *Vakuumdämmung im Praxiseinsatz*. FHBB Muttentz, Dr.Eicher+Pauli AG, o. J.

- [30] Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V.: *Einbauvarianten von Vakuumdämmpaneelen in Gebäuden*. Internet 2006-08-27 ([www.zae-bayern.de](http://www.zae-bayern.de))
- [31] Schwab, Hubert: *Aktueller Stand des Projekts „Vakuumdämmung für Gebäude“*. Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V., o. J.
- [32] Capatect Baustoffindustrie GmbH: *Capatect Schienensystem*. Internet 2006-08-27 ([www.capatect.at](http://www.capatect.at))
- [33] Brillux GmbH & Co. KG: *Halte- und Verbindungsleisten*. Internet 2006-08-27 ([www.brillux.de](http://www.brillux.de))
- [34] Porextherm Dämmstoffe GmbH: *Beispielhafter Aufbau einer Wanddämmung*. Internet 2006-08-27 ([www.porextherm.de](http://www.porextherm.de))
- [35] Wienerberger Ziegelindustrie GmbH: *Datenblatt Porotherm 25-38 Objekt Plan*. Internet 2006-09-01 ([www.wienerberger.at](http://www.wienerberger.at))
- [36] Binder, K.: *Werkstoffkunde der Kunststoffe*. Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik, 2005
- [37] Puren GmbH: *Datenblatt Purenit*. Internet 2006-09-01 ([www.puren.com](http://www.puren.com))
- [38] ÖNORM EN ISO 6946:2005 06 01: *Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren*.
- [39] va-Q-tec AG: *Anwendungsbeispiele*. Internet 2006-09-03 ([www.va-q-tec.de](http://www.va-q-tec.de))
- [40] Baunit: *Produktdatenblatt Baunit SchlagDübel NT U*. Internet 2006-09-03 ([www.baunit.com](http://www.baunit.com))
- [41] ÖNORM B 6410: 2002-03-01: *Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme – Verarbeitungsnorm*.
- [42] Baunit: *Produktdatenblatt Baunit FassadenDämmplatte EPS-F*. Internet 2006-09-03 ([www.baunit.com](http://www.baunit.com))
- [43] Baunit: *Produktdatenblatt Baunit MPI 20*. Internet 2006-09-03 ([www.baunit.com](http://www.baunit.com))
- [44] Baunit: *Produktdatenblatt Baunit KlebeSpachtel*. Internet 2006-09-03 ([www.baunit.com](http://www.baunit.com))
- [45] Baunit: *Produktdatenblatt Baunit SilikatPutz*. Internet 2006-09-03 ([www.baunit.com](http://www.baunit.com))
- [46] ÖNORM EN ISO 10211-1:2001-09-01: *Wärmebrücken im Hochbau – Berechnungsverfahren der Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Teil 1: Allgemeine Verfahren*.

- [47] ÖNORM EN ISO 10211-2:2001-10-01: *Wärmebrücken im Hochbau – Berechnungsverfahren der Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Teil 2: Linienförmige Wärmebrücken.*
- [48] Dreyer, Jürgen: *Bauphysik I – Bautechnischer Feuchteschutz.* Technische Universität Wien, Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz, Abteilung Bauphysik, 1999
- [49] ÖNORM B 8110-2:2003-07-01: *Wärmeschutz im Hochbau – Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz.*
- [50] ÖNORM B 8110-2 Beiblatt 1:2003-07-01: *Wärmeschutz im Hochbau – Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz – Formblatt für die Temperatur- und Wasserdampfdiffusions-Berechnung*
- [51] ÖNORM EN ISO 13788:2002-01-01: *Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren*
- [52] THERMO-SYSTEMS BAU GMBH: *Preisliste Standardpaneele.* Internet 2006-10-28 (www.thermo-systems.at)
- [53] Wienerberger Ziegelindustrie GmbH: *Datenblatt Mauerziegel AÖF voll.* Internet 2006-11-02 (www.wienerberger.at)
- [54] Saint-Gobain ISOVER Austria GmbH: *Produktinformation Vorsatzschalen-Dämmplatte VSDP.* Internet 2006-11-02 (www.isover.at)
- [55] Energie-Beratungs-Zentrum e.V.: *Bildergalerie WDV-System 6.* Internet 2006-11-11 (www.ebz-stuttgart.de)
- [56] Bruno Stubenrauch: *Psi-Werte berechnen mit Therm.* Internet 2006-11-11 (www.enev24.de/therm)
- [57] va-Q-tec AG: *Technisches Datenblatt zu va-Q-pur.* Internet 2006-07-17 (www.va-q-tec.de)



## **Anhang A**

### **Systemzeichnungen und Berechnungsergebnisse**

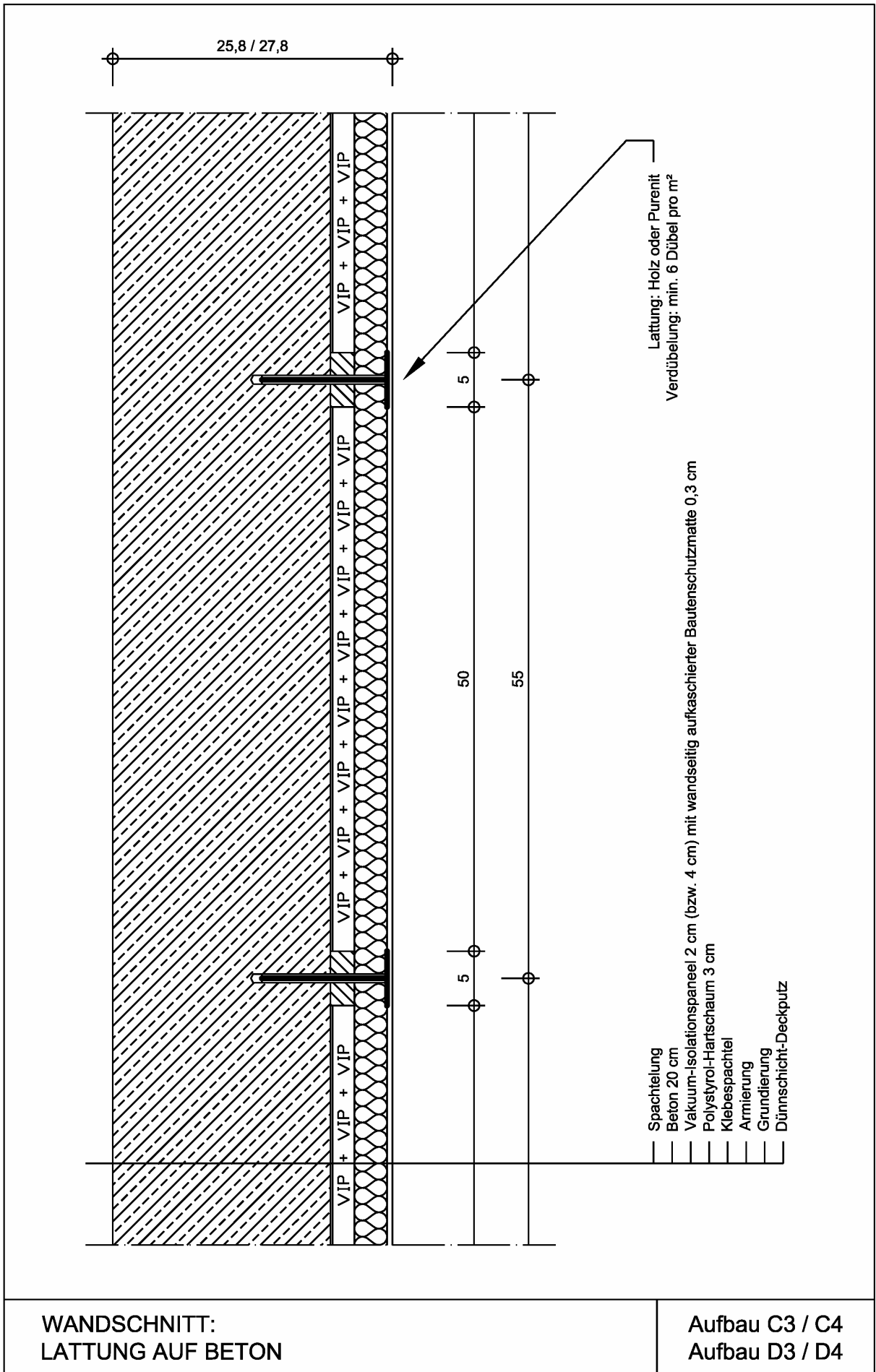
A.1	Systemzeichnungen Wandaufbauten	A- 1
A.2	Berechnung der Wärmedurchgangskoeffizienten der Wandsysteme	A- 7
A.3	Nachweise der Kondensation im Bauteilinneren	A-43
A.4	Systemzeichnungen Fensterleibungen	A-48
A.5	Berechnung der thermischen Leitwerte der Fensterleibungen	A-56

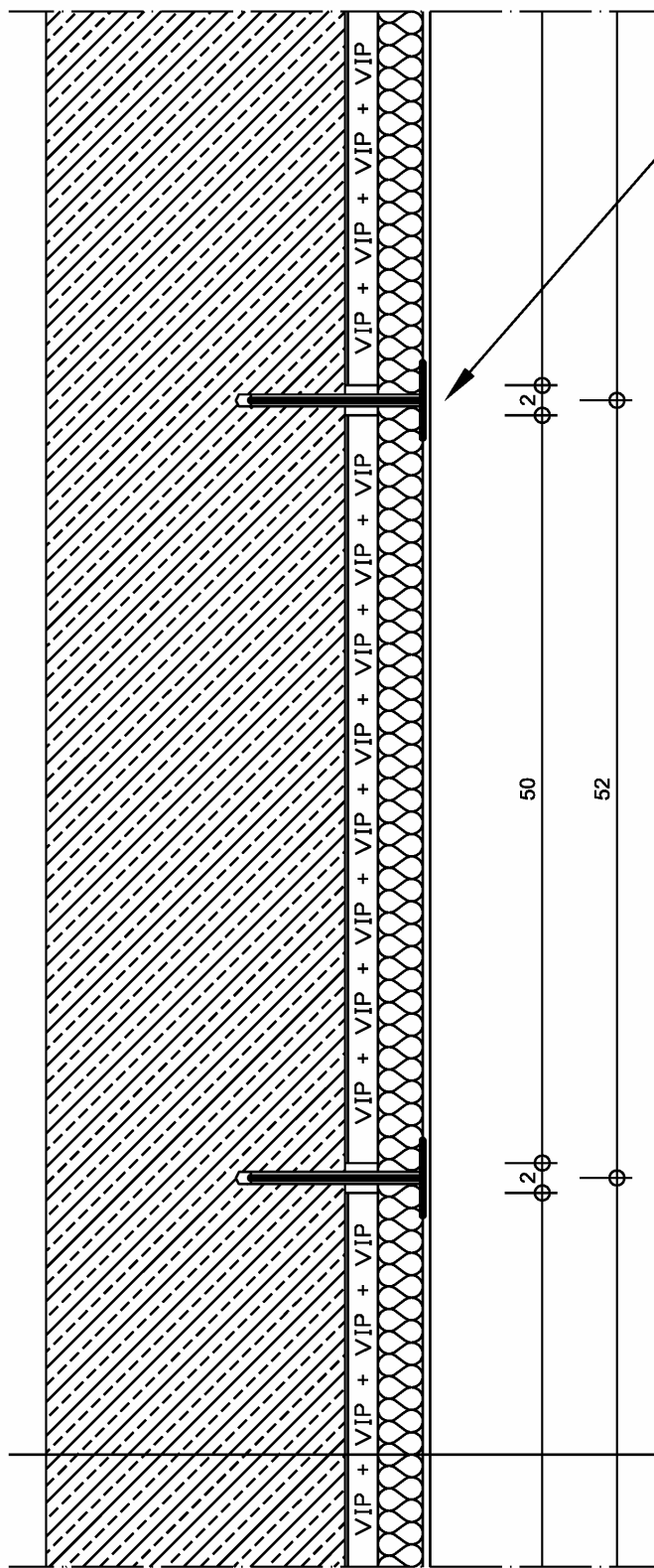












- Spachtelung
- Beton 20 cm
- Verbundplatte: Bautenschutzmatte 0,3 cm + Vakuum-Isolationspaneel 2 cm (bzw. 4 cm) + Polystyrol-Hartschaum 3 cm
- Klebspachtel
- Armierung
- Grundierung
- Dünnschicht-Deckputz

Verdübelung: mindestens 6 Dübel pro m<sup>2</sup>

Verdübelung:  
min. 6 Dübel pro m<sup>2</sup>

WANDSCHNITT:  
GEDÜBELTE VERBUNDPLATTE AUF BETON

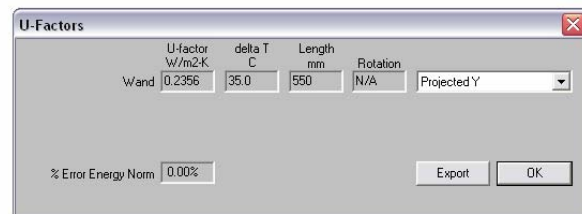
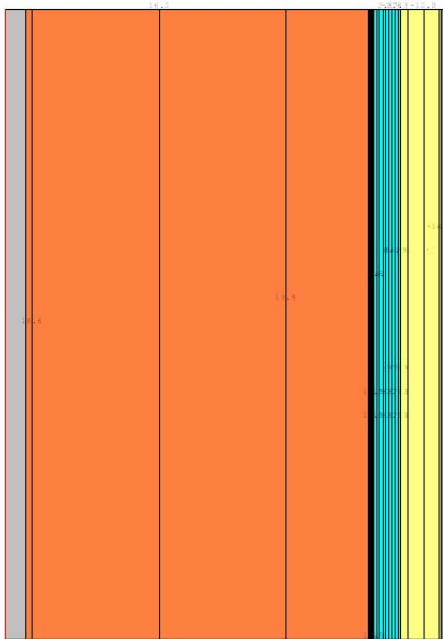
Aufbau C5  
Aufbau D5

## Gruppe A

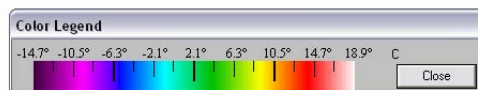
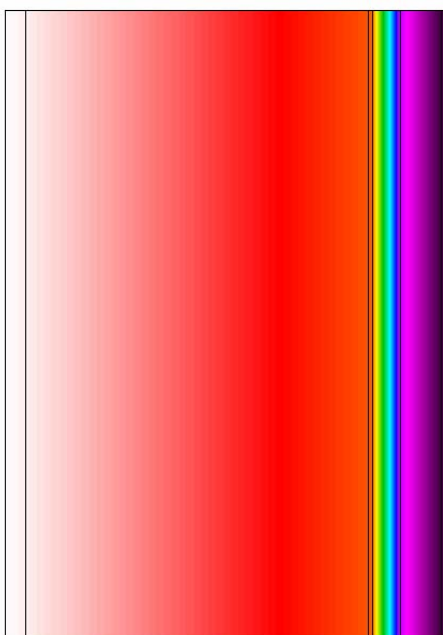
25 cm Mauerwerk + 2 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante A0

ohne Befestigungssystem



*Isothermenverlauf*



*Temperaturverlauf*

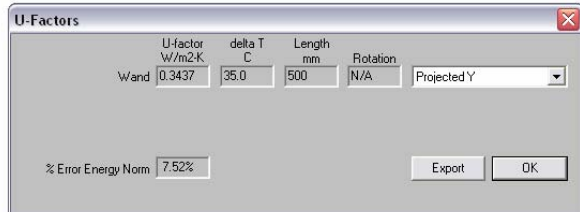
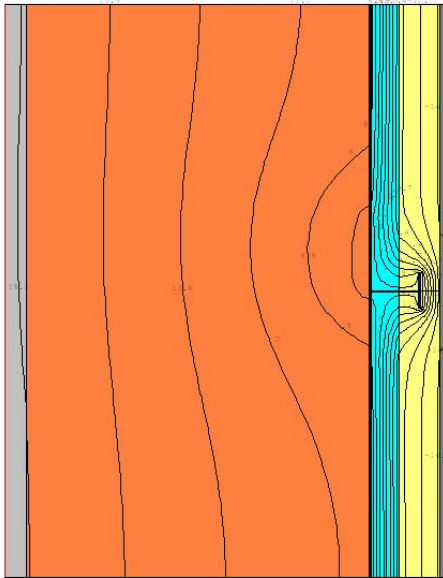


## Gruppe A

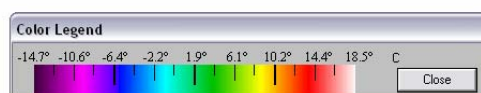
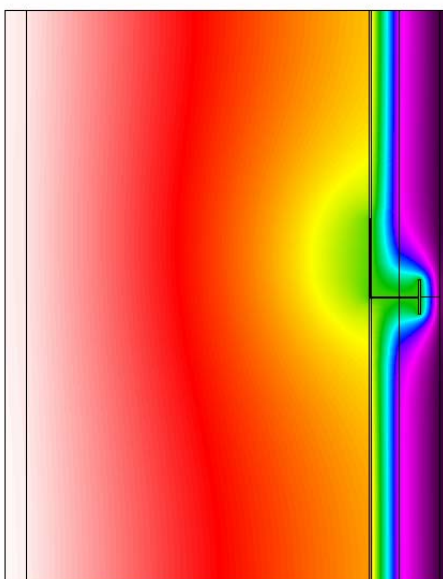
25 cm Mauerwerk + 2 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante A1

Schienensystem Aluminium



*Isothermenverlauf*



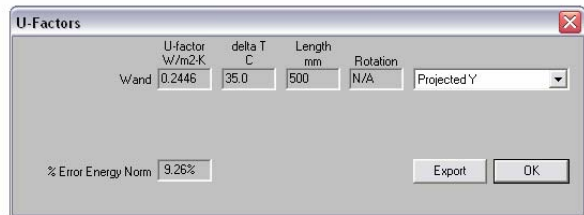
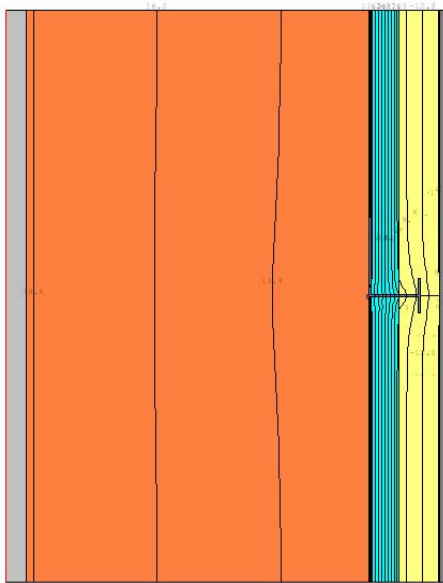
*Temperaturverlauf*

## Gruppe A

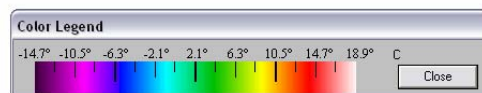
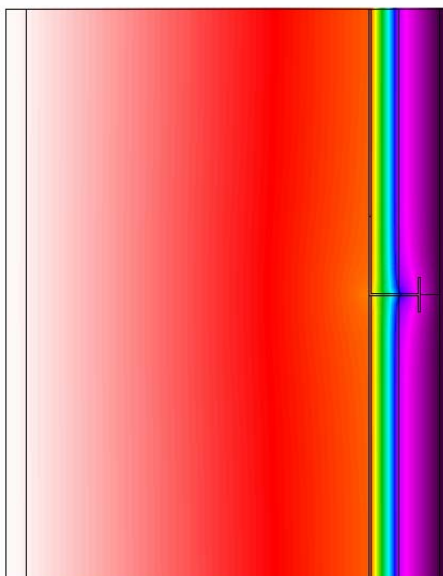
25 cm Mauerwerk + 2 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

## Variante A2

Schienensystem PVC



*Isothermenverlauf*



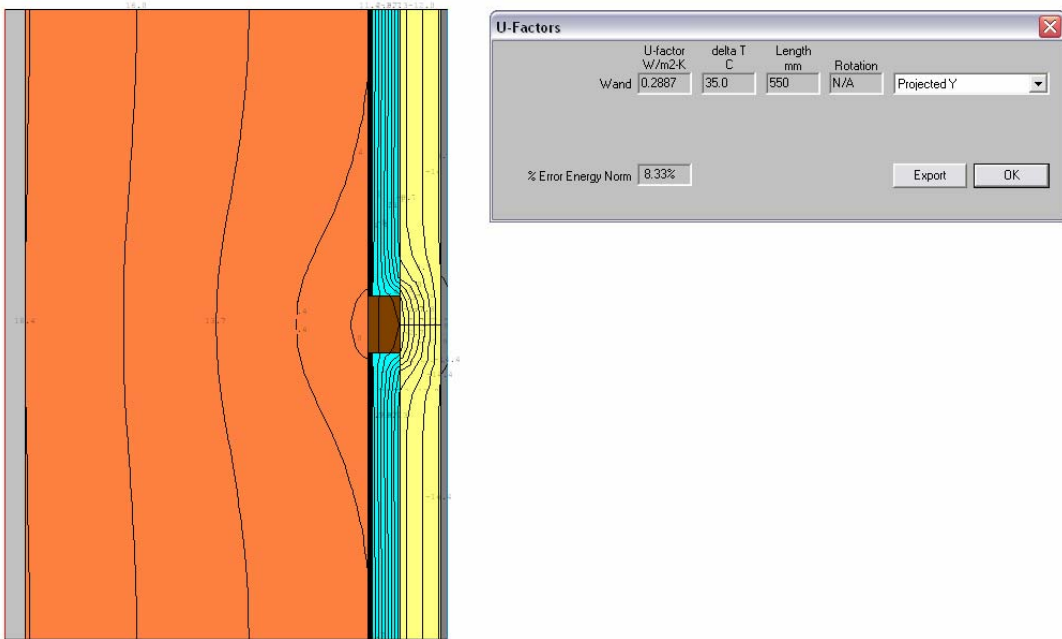
*Temperaturverlauf*

## Gruppe A

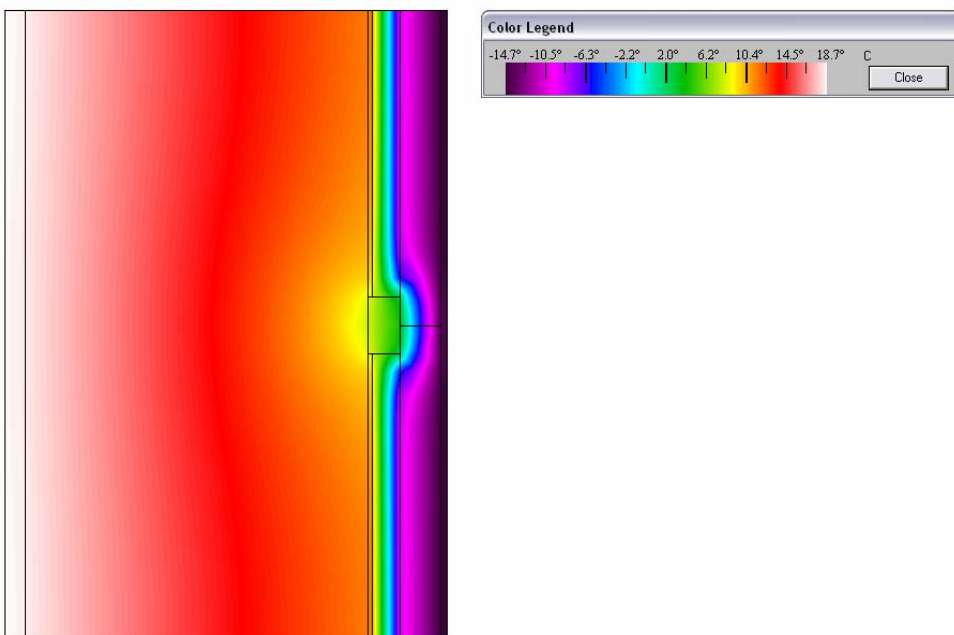
25 cm Mauerwerk + 2 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante A3 – Schnitt durch den Regelbereich

Lattung Holz



*Isothermenverlauf*



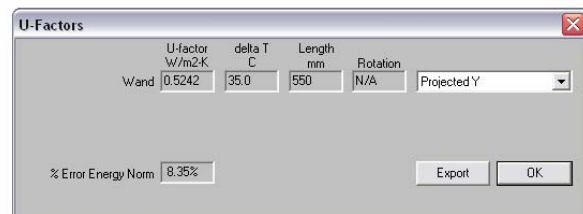
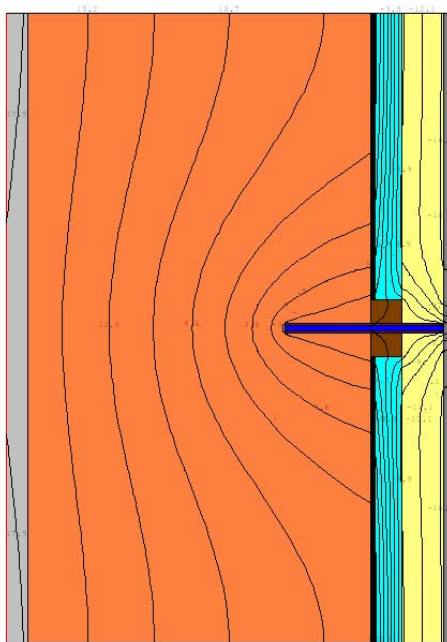
*Temperaturverlauf*

## Gruppe A

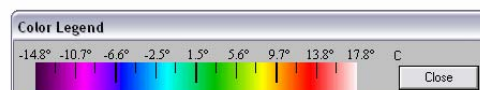
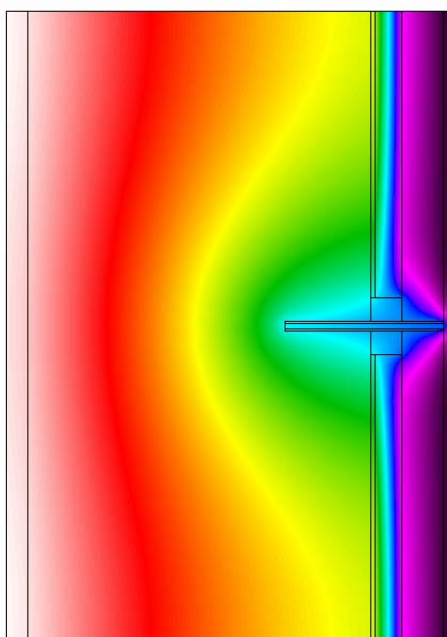
25 cm Mauerwerk + 2 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante A3 – Schnitt durch den Dübel

Lattung Holz



*Isothermenverlauf*



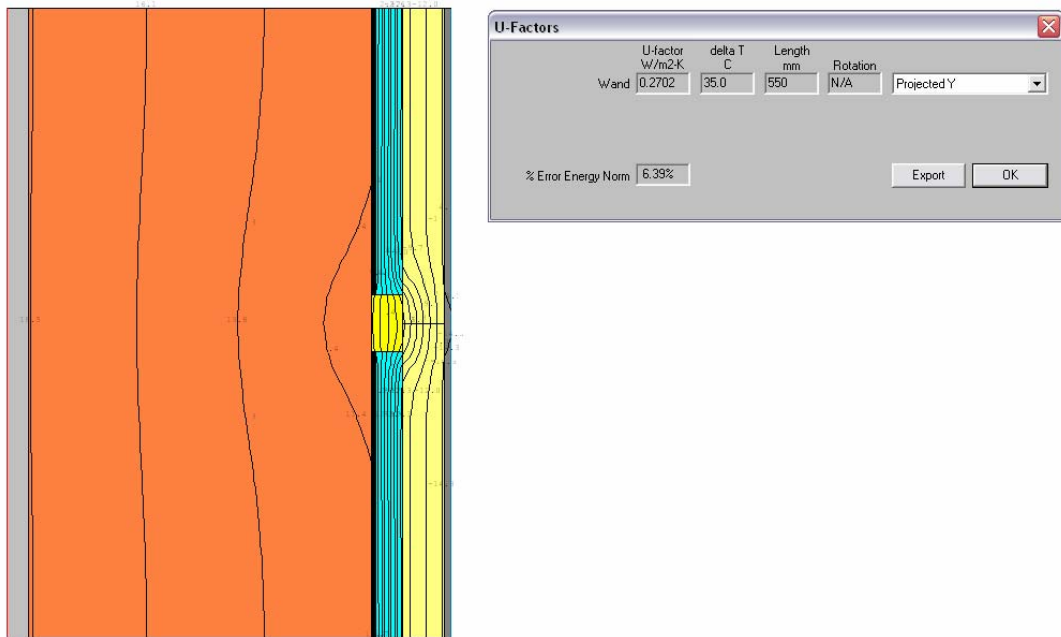
*Temperaturverlauf*

## Gruppe A

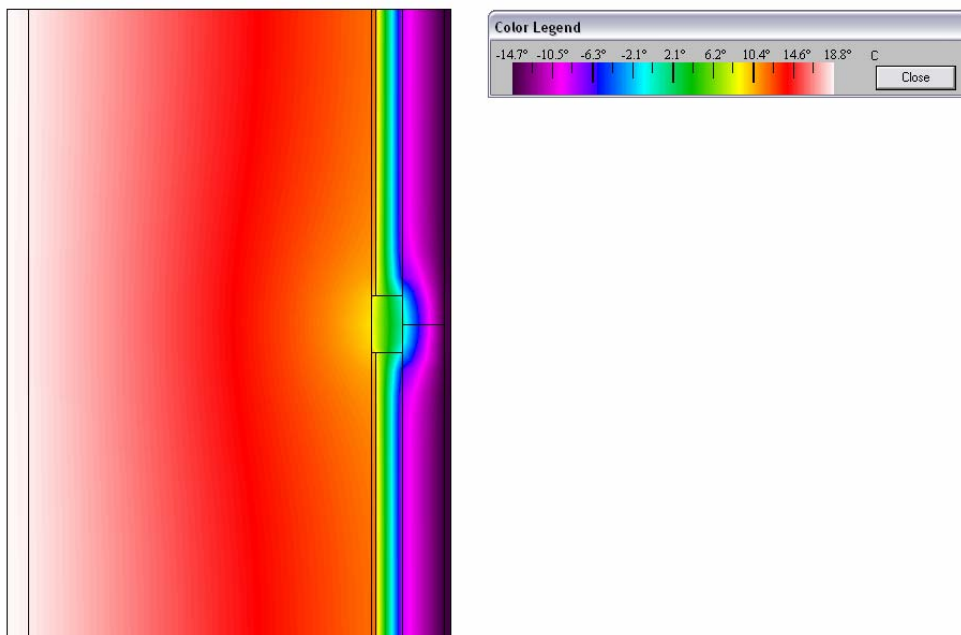
25 cm Mauerwerk + 2 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante A4 – Schnitt durch den Regelbereich

Lattung Purenit



*Isothermenverlauf*



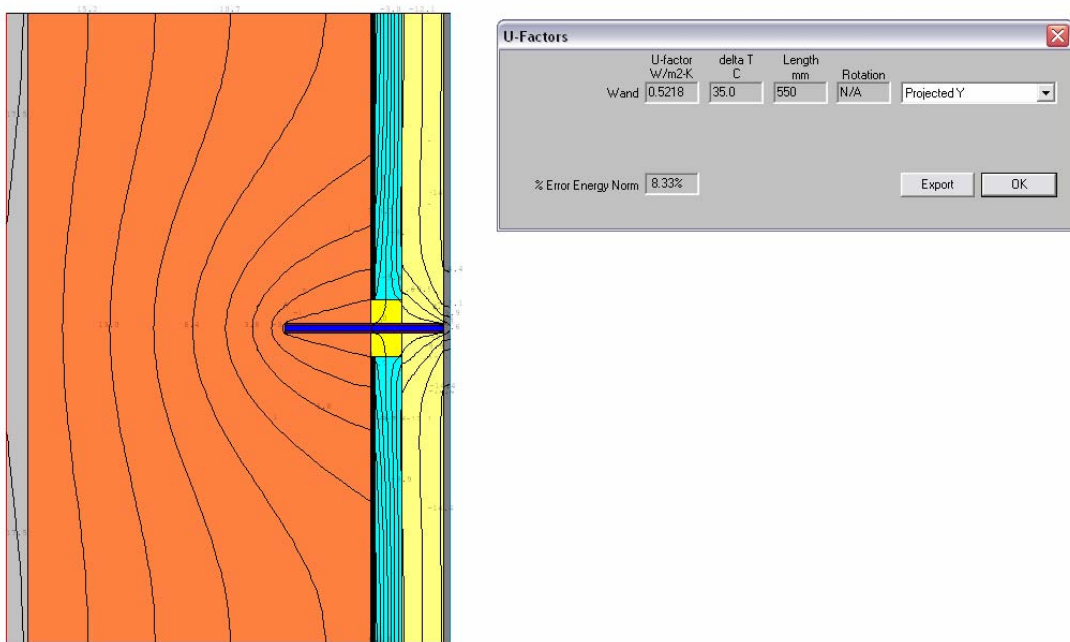
*Temperaturverlauf*

## Gruppe A

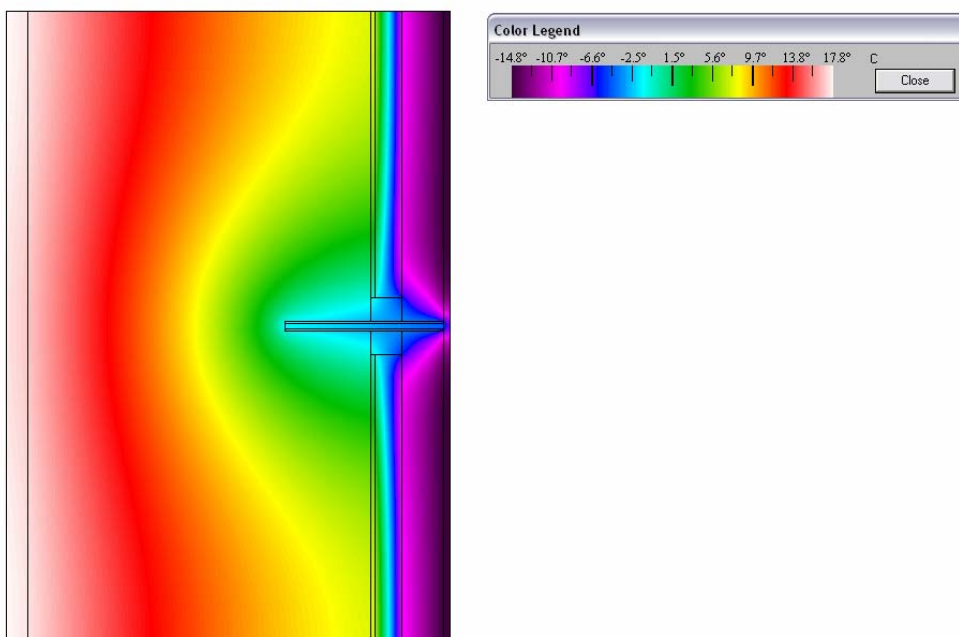
25 cm Mauerwerk + 2 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante A4 – Schnitt durch den Dübel

Lattung Purenit



*Isothermenverlauf*

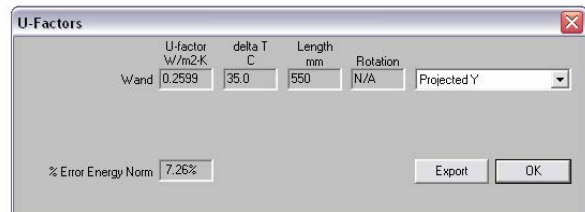
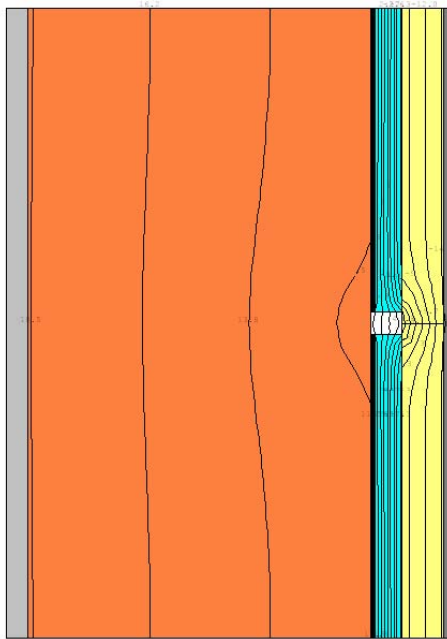


*Temperaturverlauf*

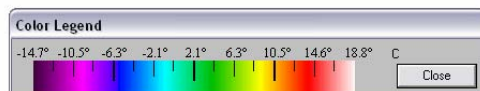
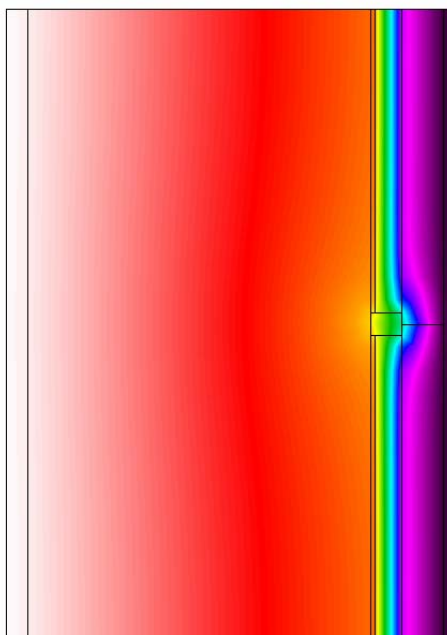
## Gruppe A

25 cm Mauerwerk + 2 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante A5 – Schnitt durch den Regelbereich gedübelte Verbundplatte



*Isothermenverlauf*

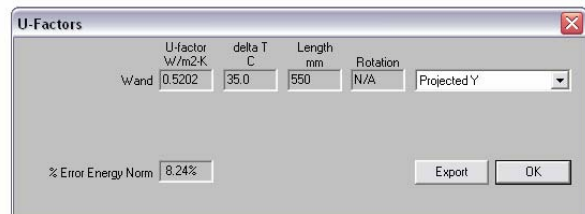
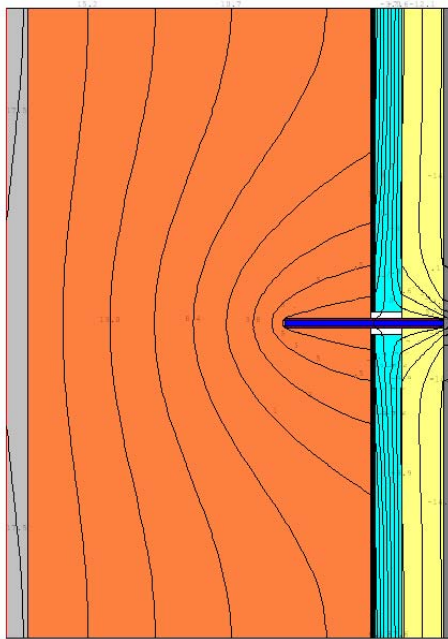


*Temperaturverlauf*

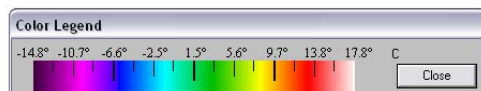
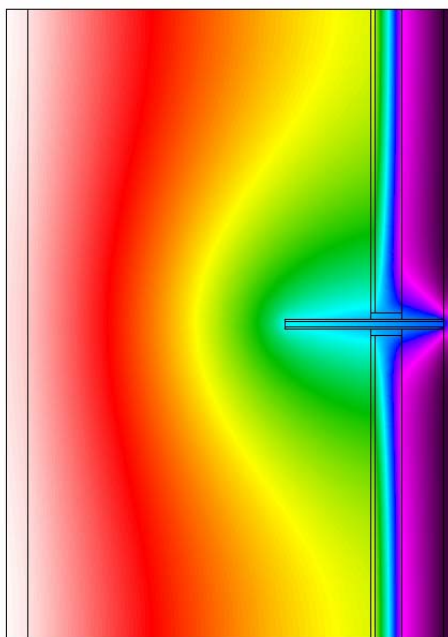
## Gruppe A

25 cm Mauerwerk + 2 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante A5 – Schnitt durch den Dübel gedübelte Verbundplatte



*Isothermenverlauf*



*Temperaturverlauf*

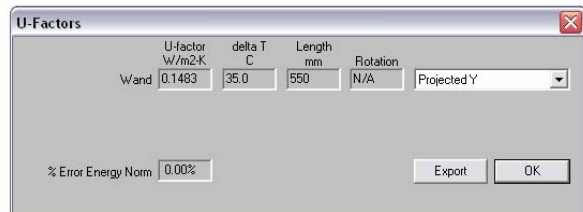
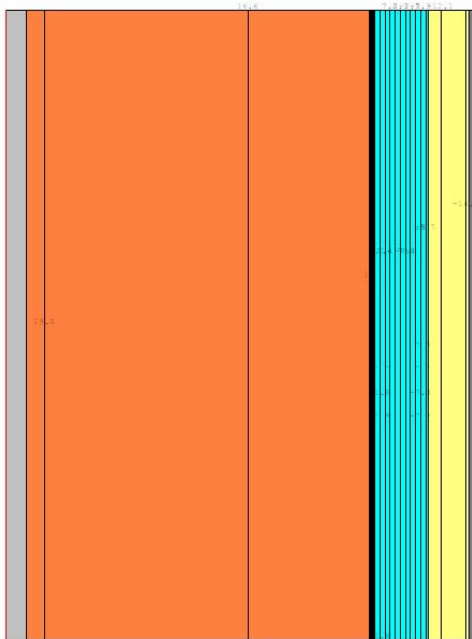


## Gruppe B

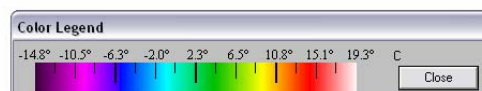
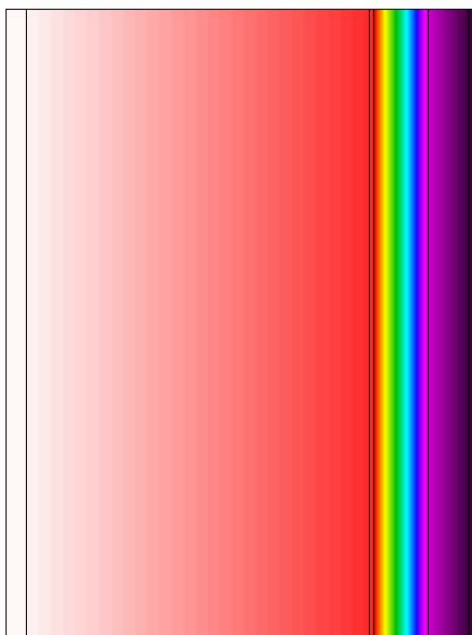
25 cm Mauerwerk + 4 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante B0

ohne Befestigungssystem



*Isothermenverlauf*



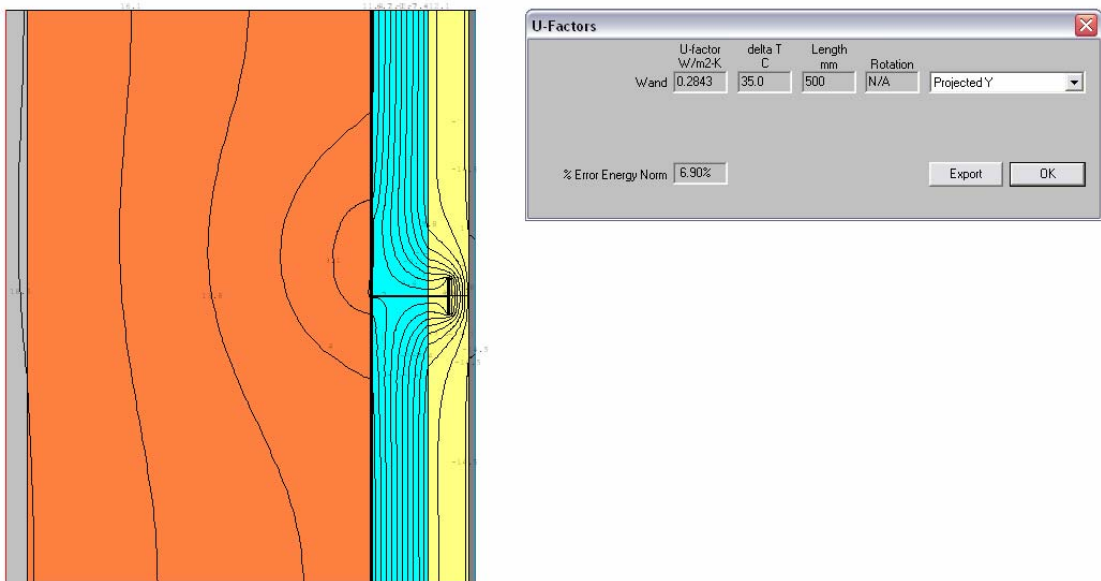
*Temperaturverlauf*

## Gruppe B

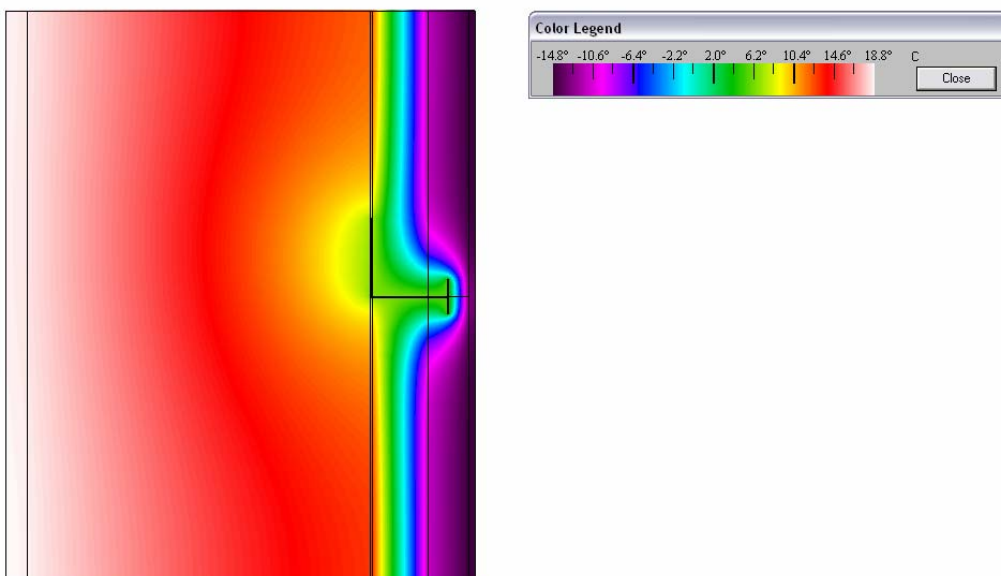
25 cm Mauerwerk + 4 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante B1

Schienensystem Aluminium



*Isothermenverlauf*



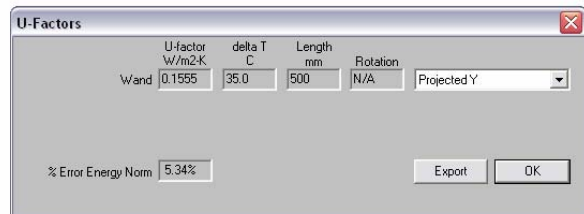
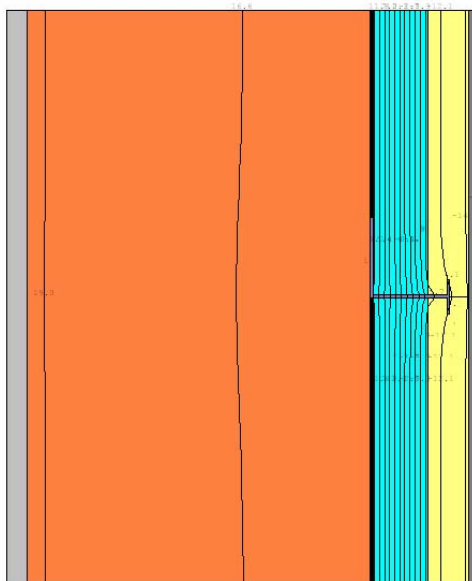
*Temperaturverlauf*

## Gruppe B

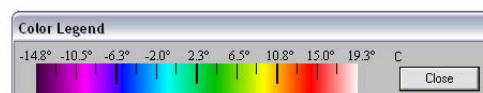
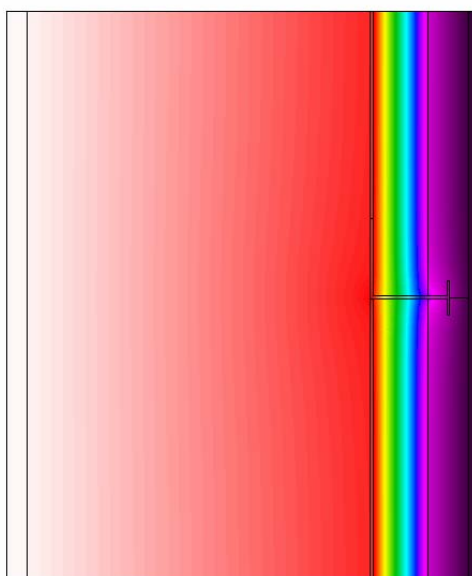
25 cm Mauerwerk + 4 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante B2

Schienensystem PVC



*Isothermenverlauf*



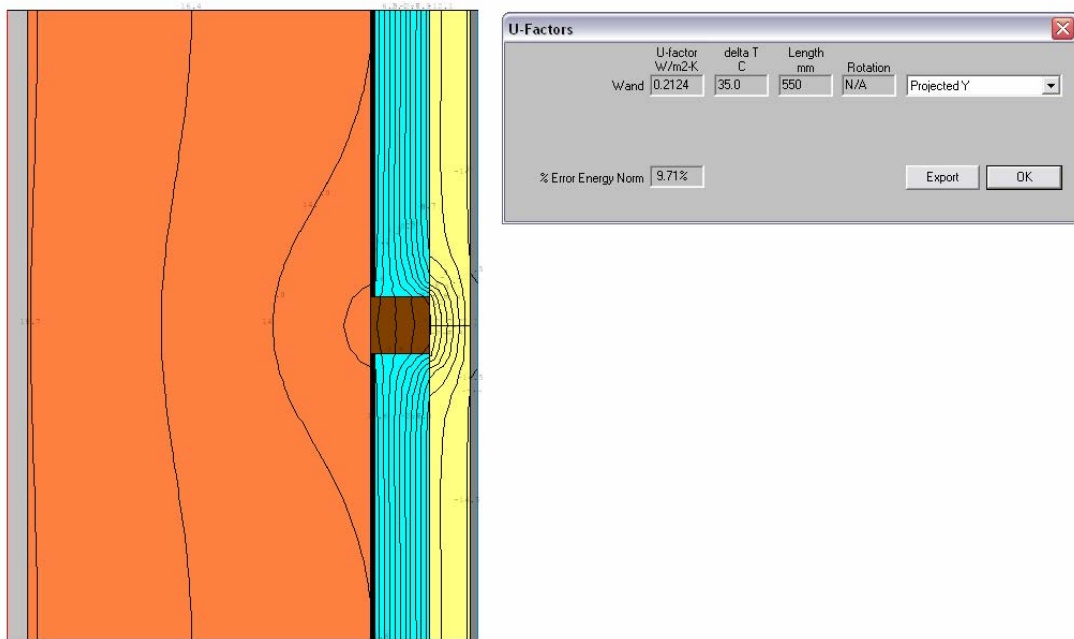
*Temperaturverlauf*

## Gruppe B

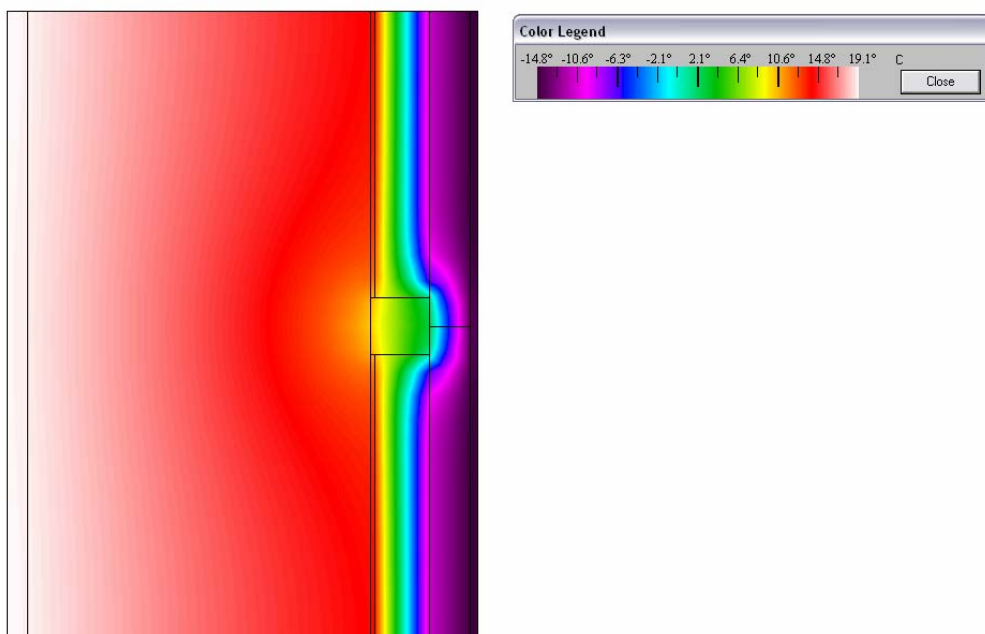
25 cm Mauerwerk + 4 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante B3 – Schnitt durch den Regelbereich

Lattung Holz



*Isothermenverlauf*



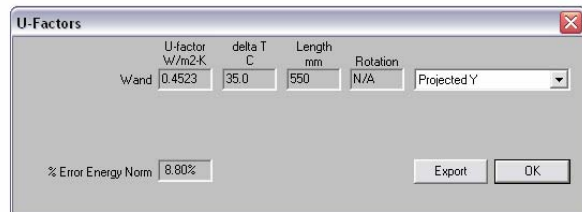
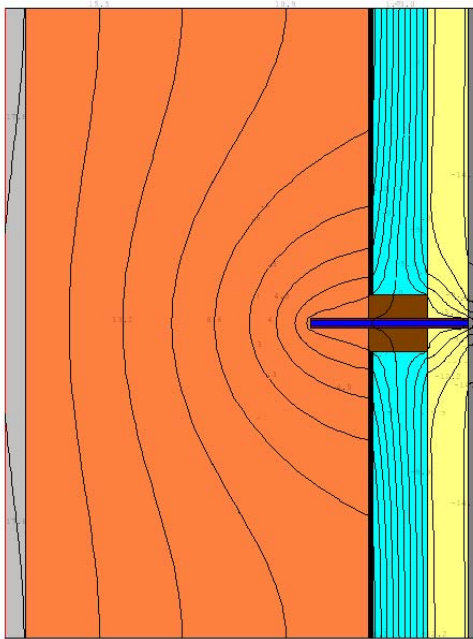
*Temperaturverlauf*

## Gruppe B

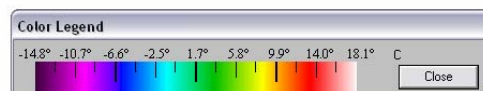
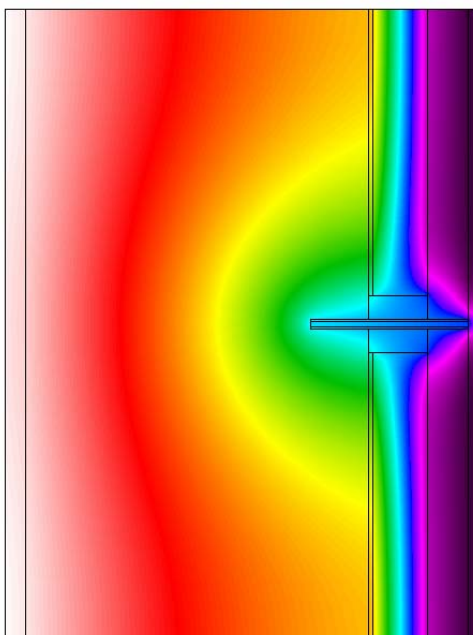
25 cm Mauerwerk + 4 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante B3 – Schnitt durch den Dübel

Lattung Holz



*Isothermenverlauf*



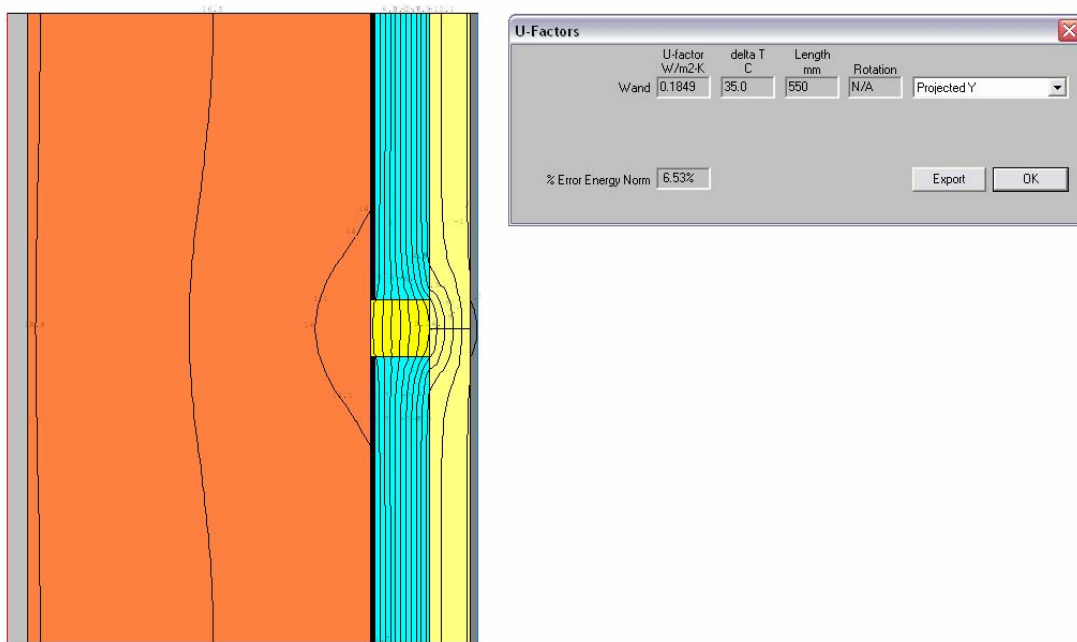
*Temperaturverlauf*

## Gruppe B

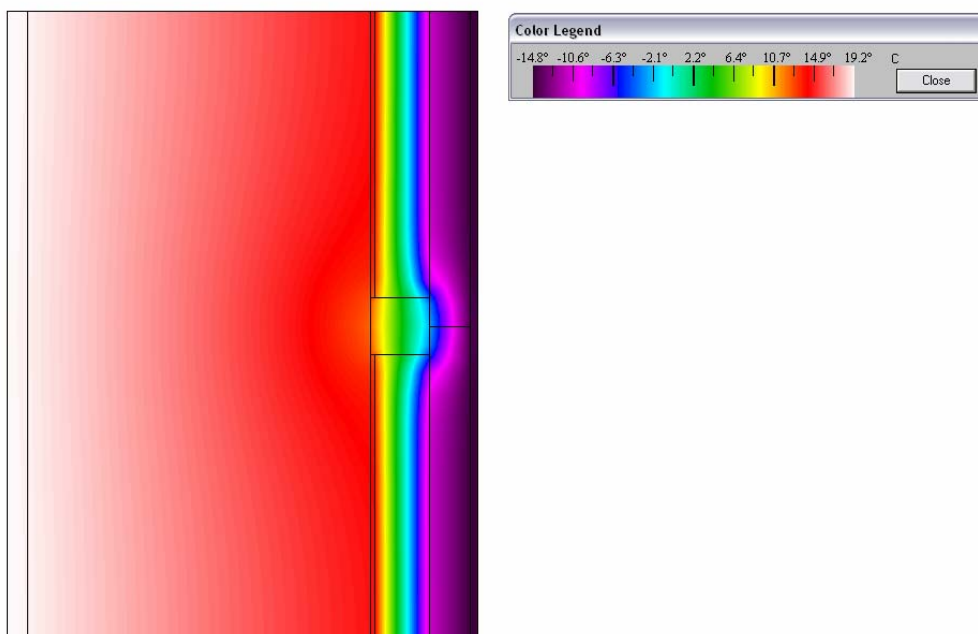
25 cm Mauerwerk + 4 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante B4 – Schnitt durch den Regelbereich

Lattung Purenit



*Isothermenverlauf*



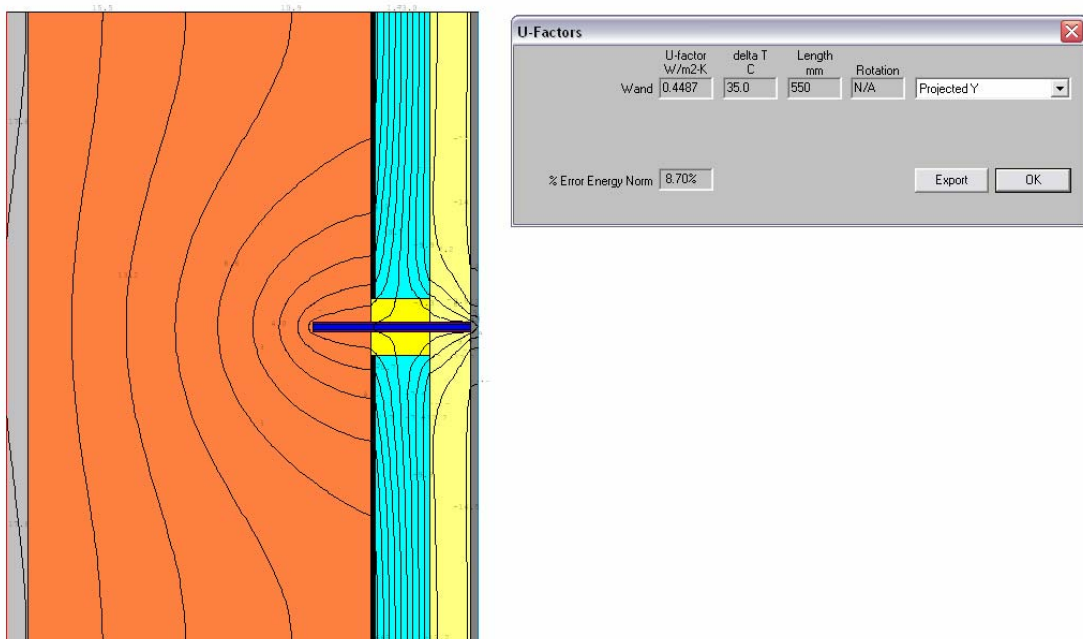
*Temperaturverlauf*

## Gruppe B

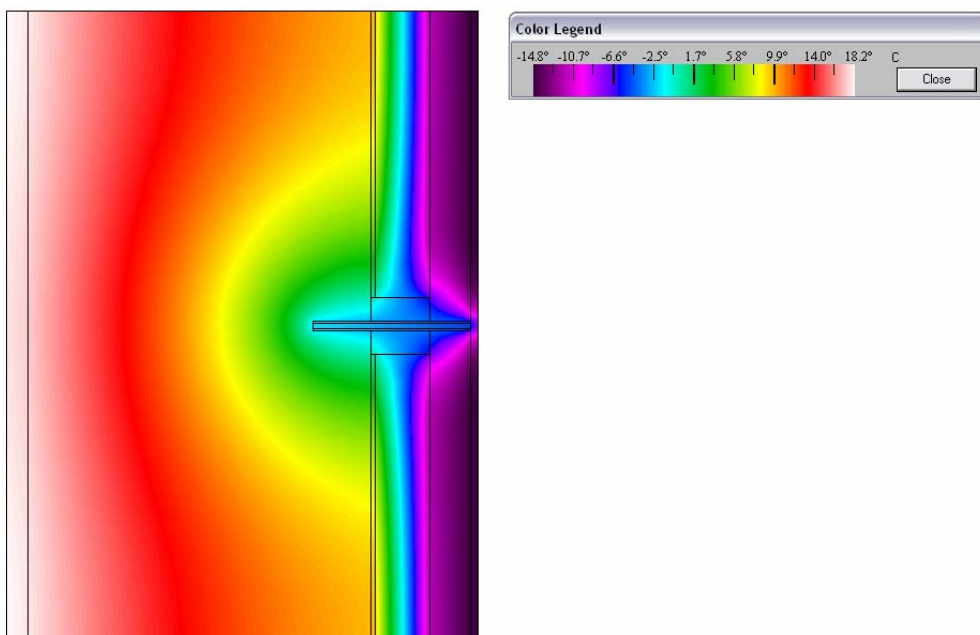
25 cm Mauerwerk + 4 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante B4 – Schnitt durch den Dübel

Lattung Purenit



*Isothermenverlauf*

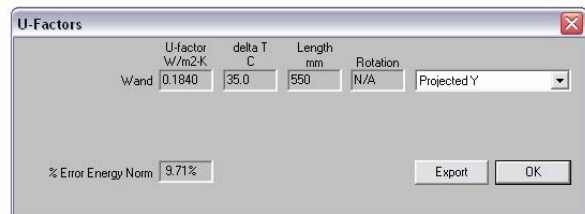
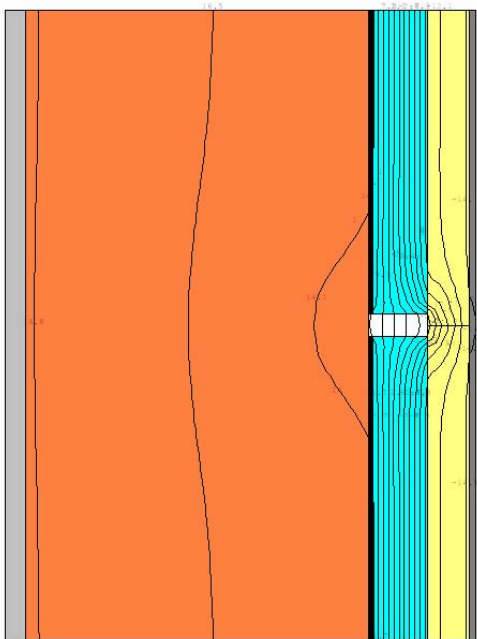


*Temperaturverlauf*

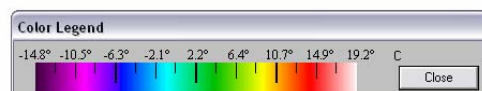
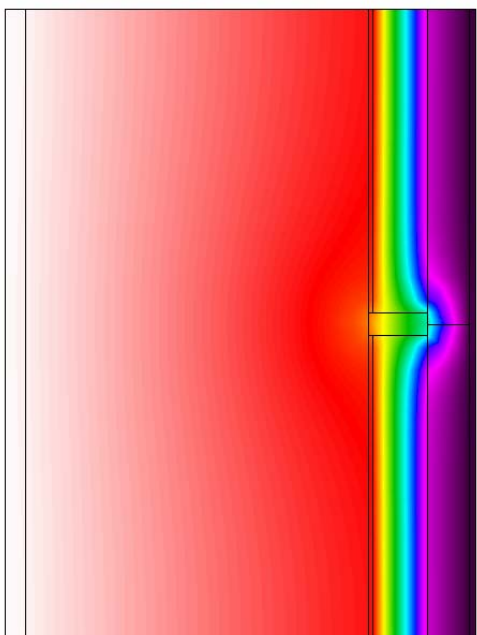
## Gruppe B

25 cm Mauerwerk + 4 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante B5 – Schnitt durch den Regelbereich gedübelte Verbundplatte



*Isothermenverlauf*



*Temperaturverlauf*

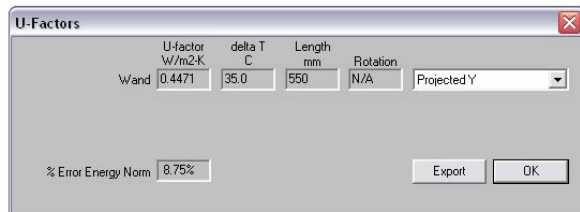
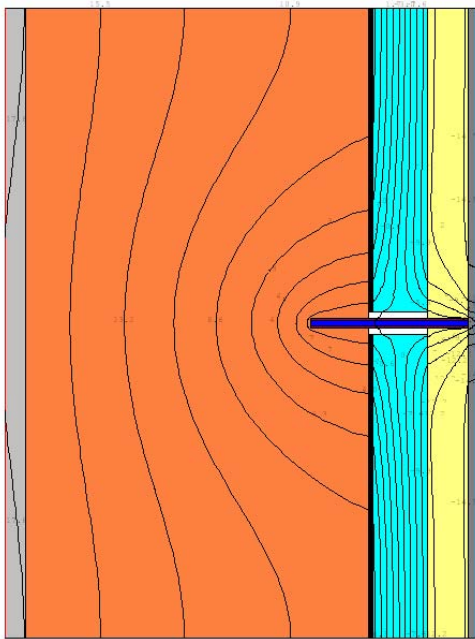


## Gruppe B

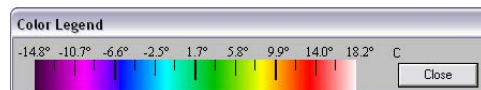
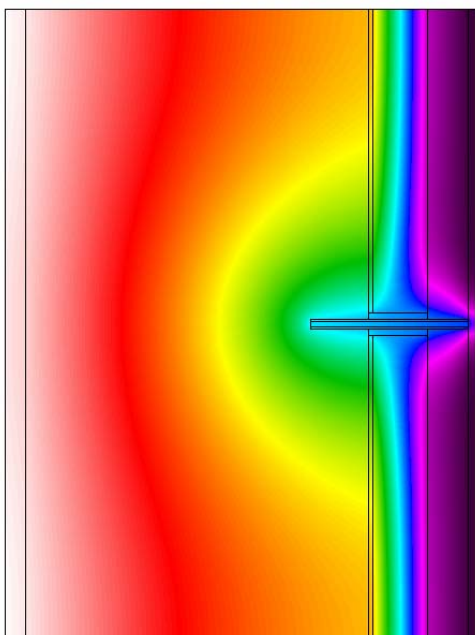
25 cm Mauerwerk + 4 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante B5 – Schnitt durch den Dübel

gedübelte Verbundplatte



*Isothermenverlauf*



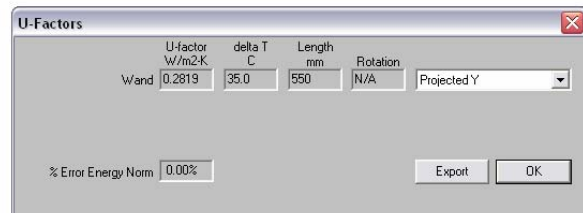
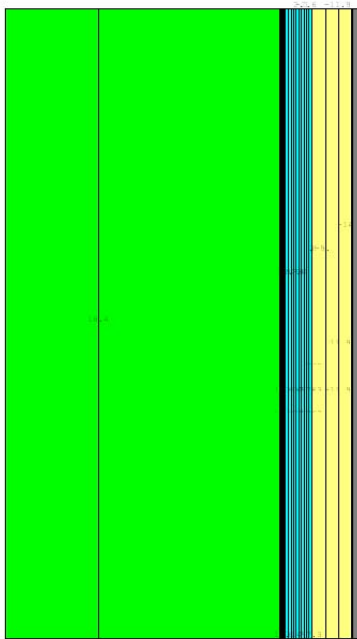
*Temperaturverlauf*

## Gruppe C

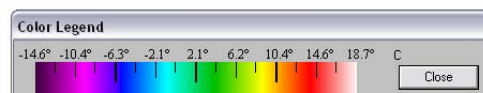
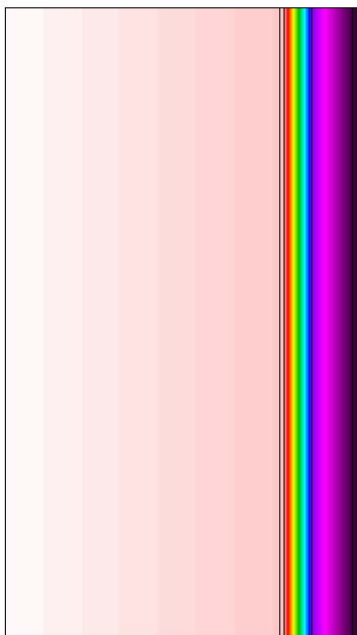
20 cm Beton + 2 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante C0

ohne Befestigungssystem



*Isothermenverlauf*



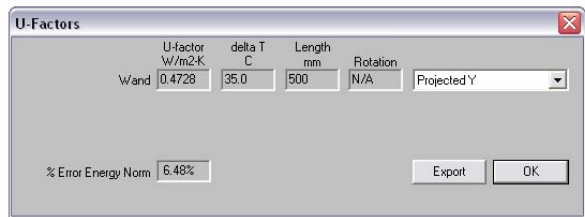
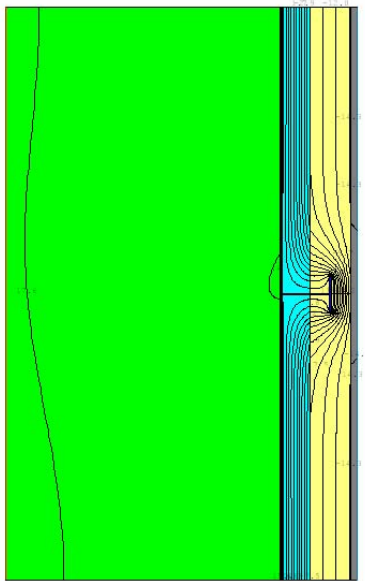
*Temperaturverlauf*

## Gruppe C

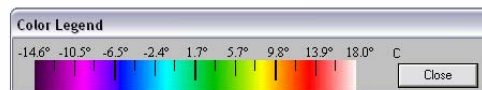
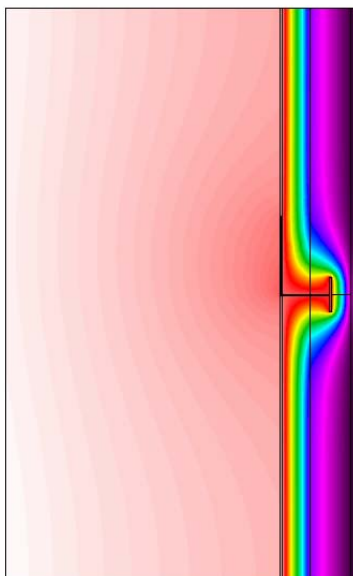
20 cm Beton + 2 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante C1

Schienensystem Aluminium



### *Isothermenverlauf*



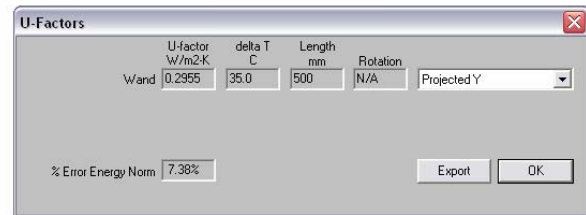
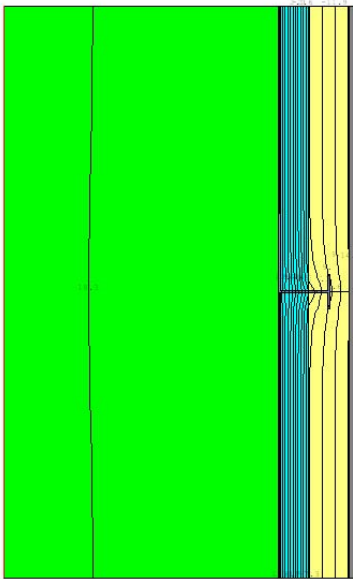
### *Temperaturverlauf*

## Gruppe C

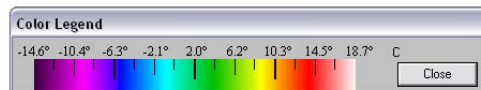
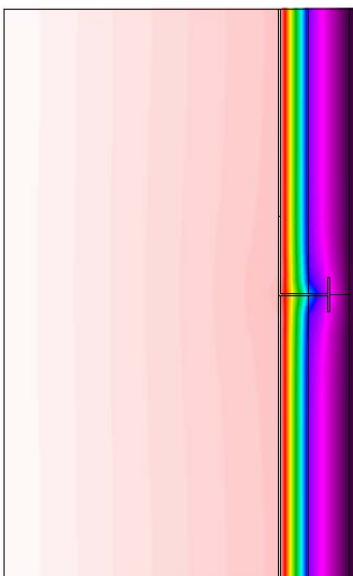
20 cm Beton + 2 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante C2

Schienensystem PVC



### *Isothermenverlauf*



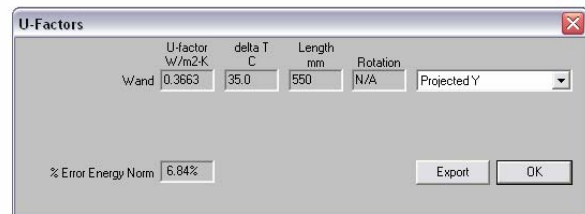
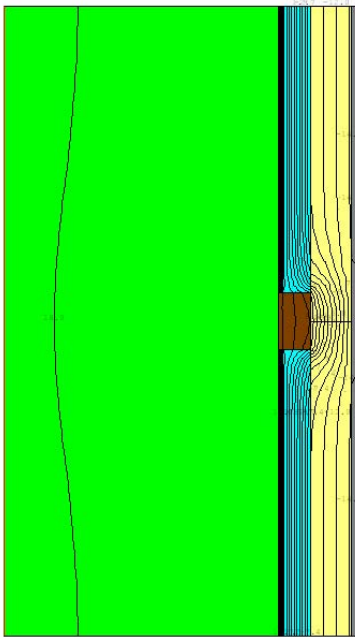
### *Temperaturverlauf*

## Gruppe C

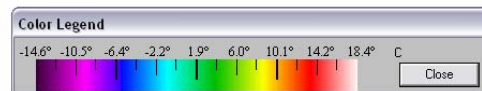
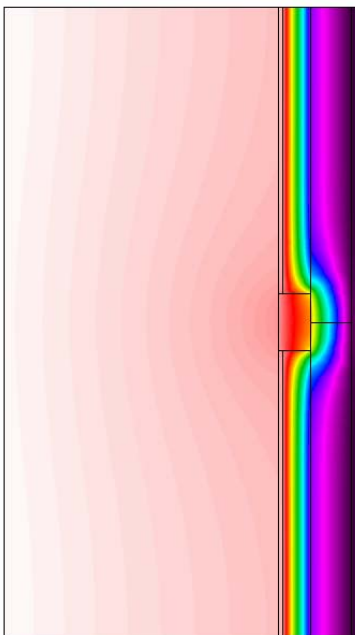
20 cm Beton + 2 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante C3 – Schnitt durch den Regelbereich

Lattung Holz



*Isothermenverlauf*



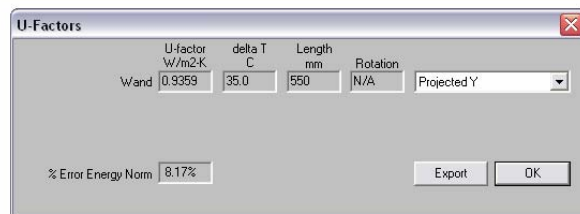
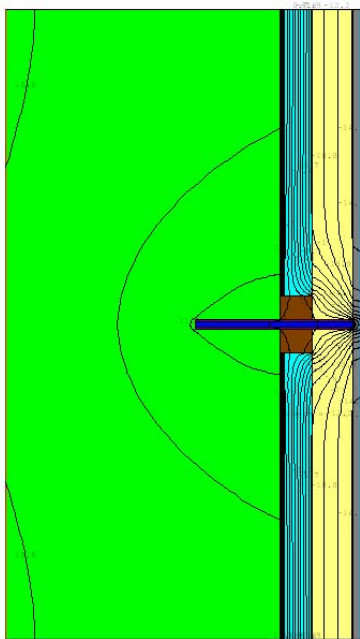
*Temperaturverlauf*

## Gruppe C

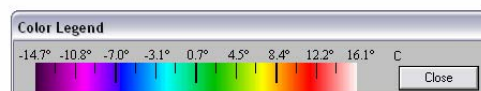
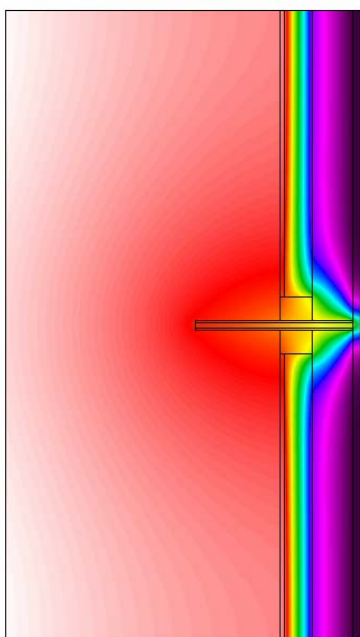
20 cm Beton + 2 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante C3 – Schnitt durch den Dübel

Lattung Holz



*Isothermenverlauf*



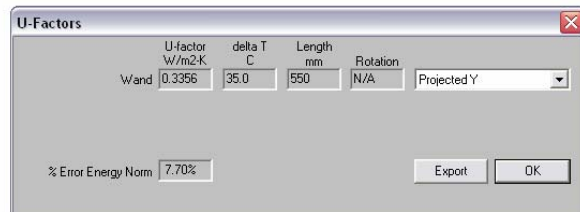
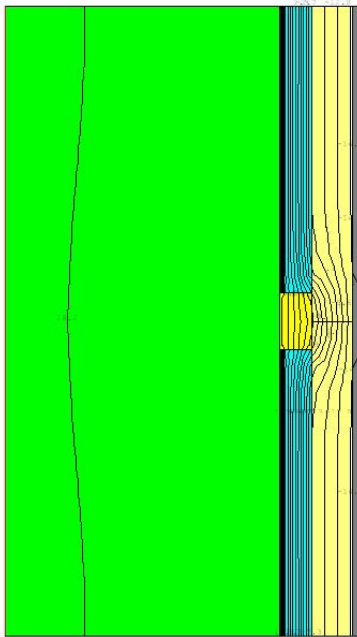
*Temperaturverlauf*

## Gruppe C

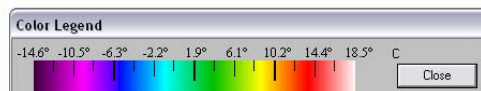
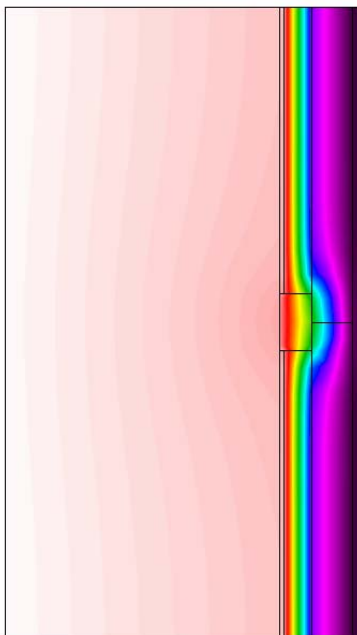
20 cm Beton + 2 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante C4 – Schnitt durch den Regelbereich

Lattung Purenit



*Isothermenverlauf*



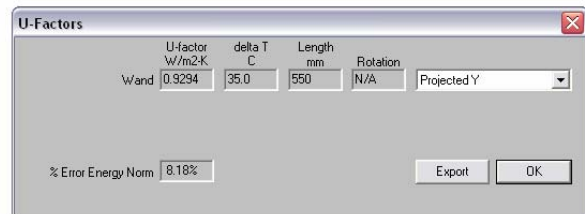
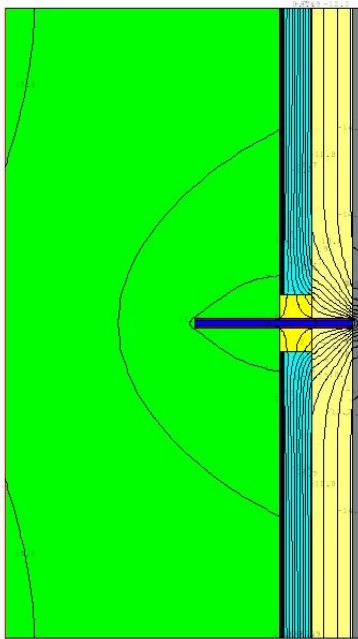
*Temperaturverlauf*

## Gruppe C

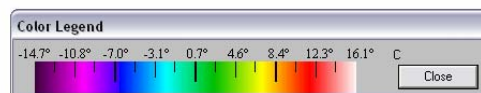
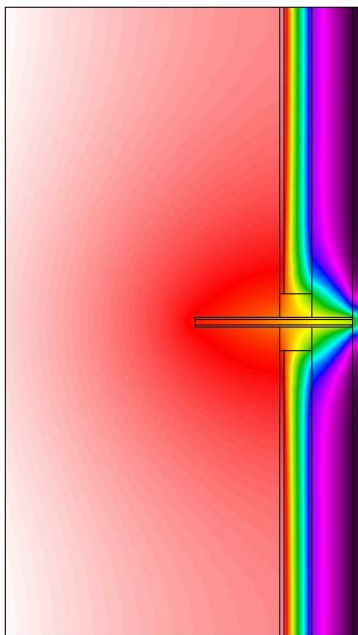
20 cm Beton + 2 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante C4 – Schnitt durch den Dübel

Lattung Purenit



*Isothermenverlauf*



*Temperaturverlauf*

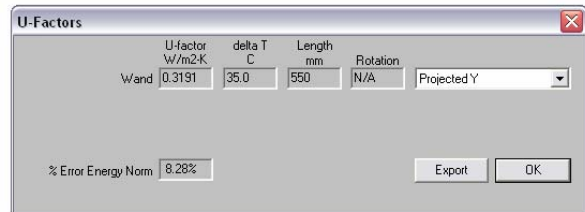
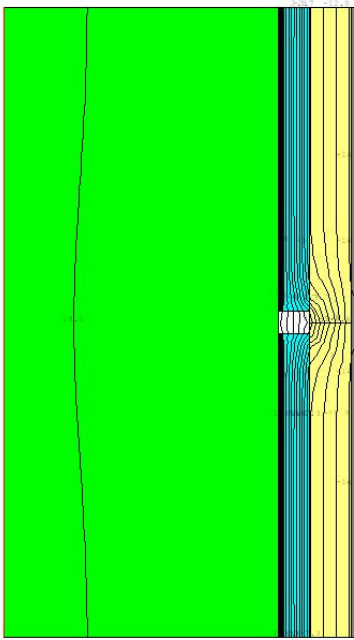


## Gruppe C

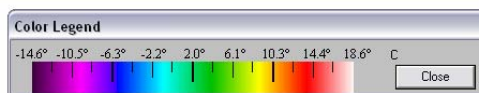
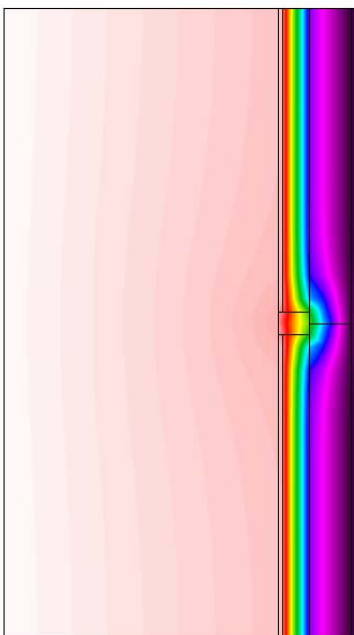
20 cm Beton + 2 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante C5 – Schnitt durch den Regelbereich

gedübelte Verbundplatte



*Isothermenverlauf*



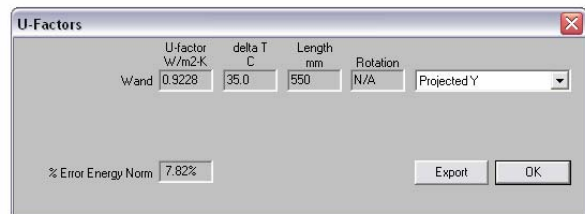
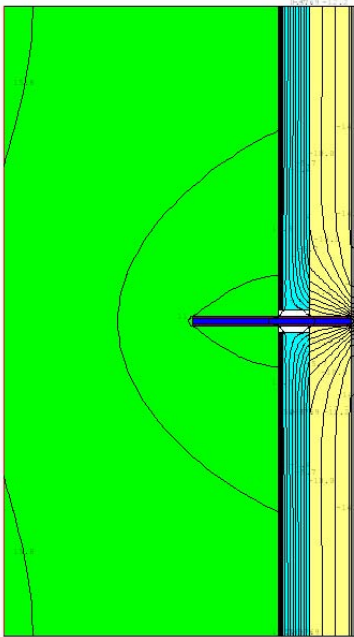
*Temperaturverlauf*

## Gruppe C

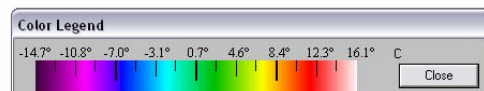
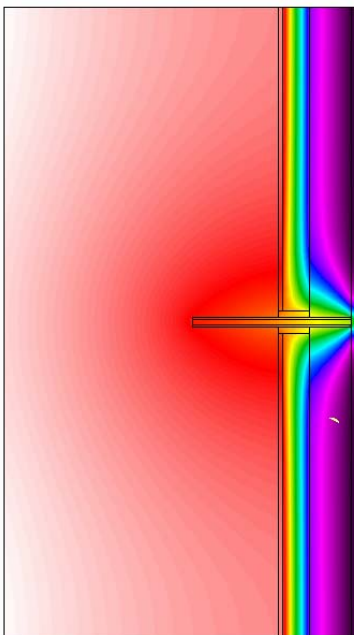
20 cm Beton + 2 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante C5 – Schnitt durch den Dübel

gedübelte Verbundplatte



*Isothermenverlauf*



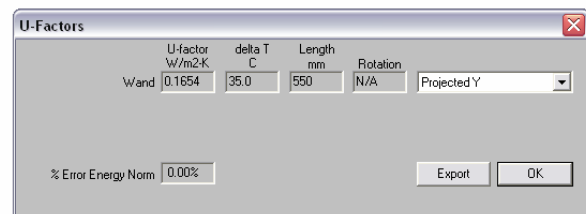
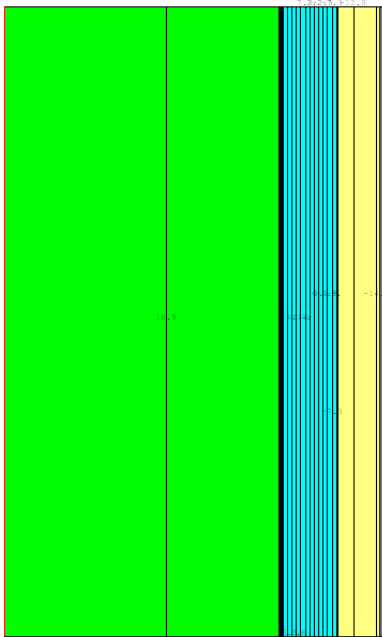
*Temperaturverlauf*

## Gruppe D

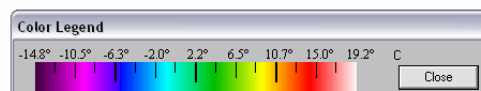
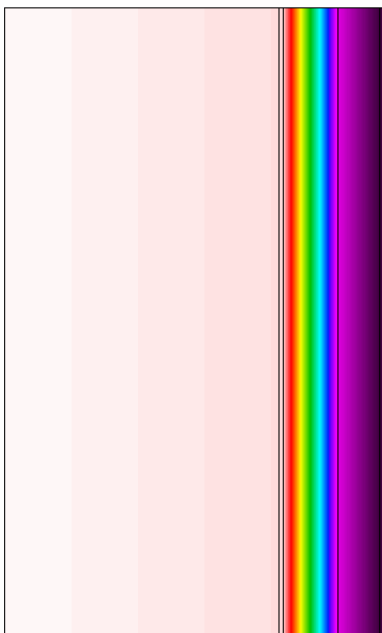
20 cm Beton + 4 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante D0

ohne Befestigungssystem



*Isothermenverlauf*



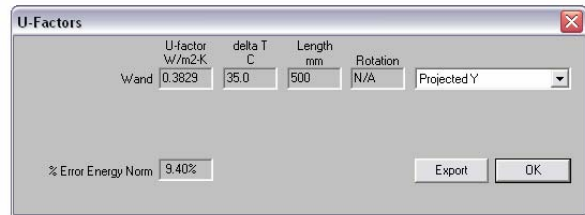
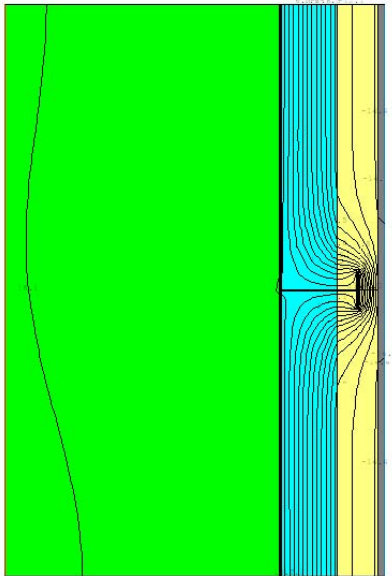
*Temperaturverlauf*

## Gruppe D

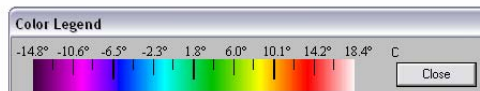
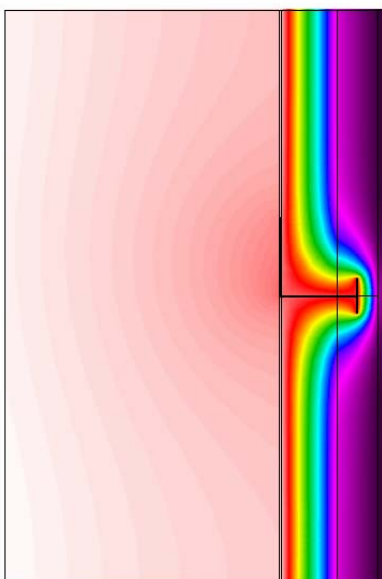
20 cm Beton + 4 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante D1

Schienensystem Aluminium



*Isothermenverlauf*



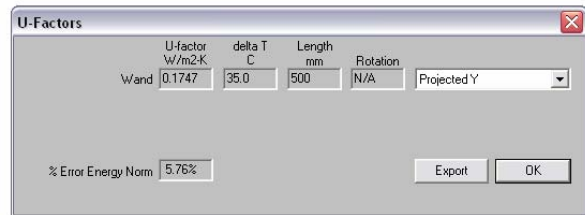
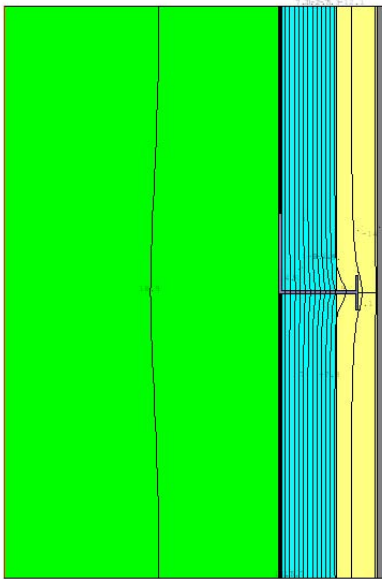
*Temperaturverlauf*

## Gruppe D

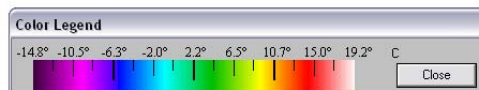
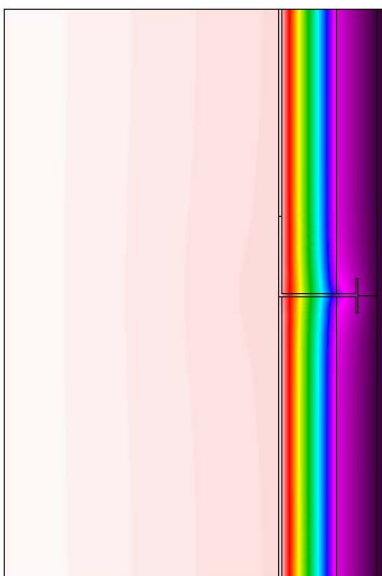
20 cm Beton + 4 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante D2

Schienensystem PVC



### *Isothermenverlauf*



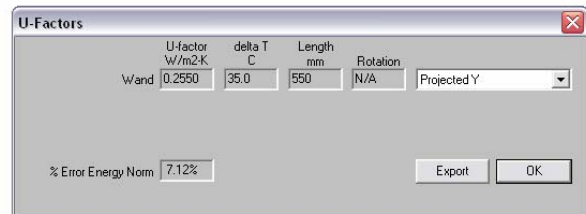
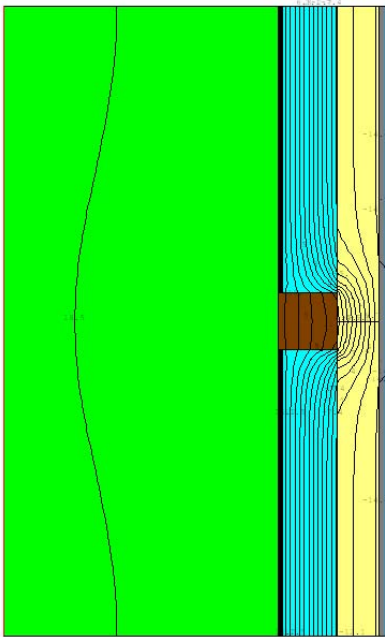
### *Temperaturverlauf*

## Gruppe D

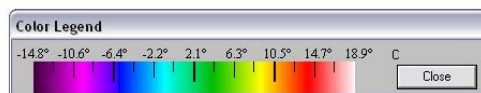
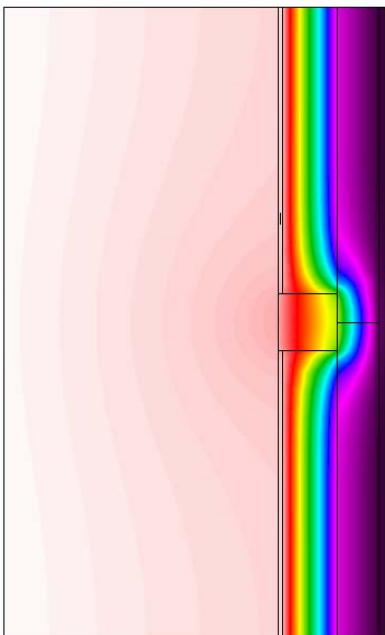
20 cm Beton + 4 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante D3 – Schnitt durch den Regelbereich

Lattung Holz



*Isothermenverlauf*



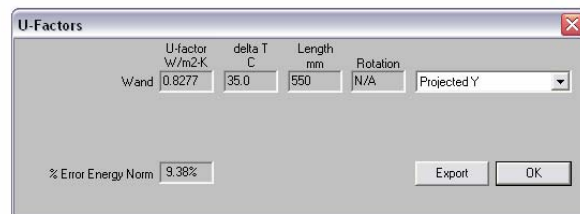
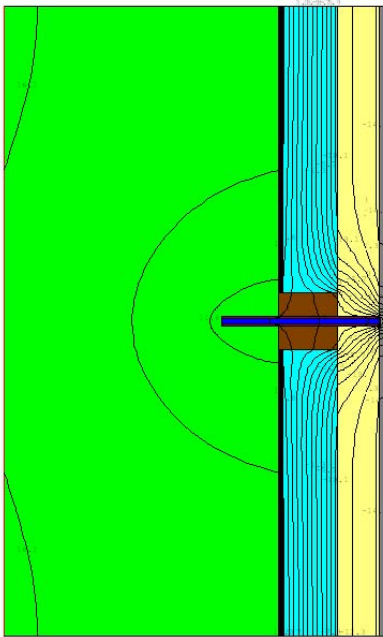
*Temperaturverlauf*

## Gruppe D

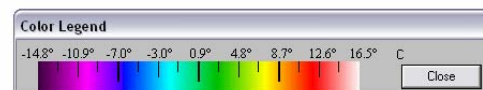
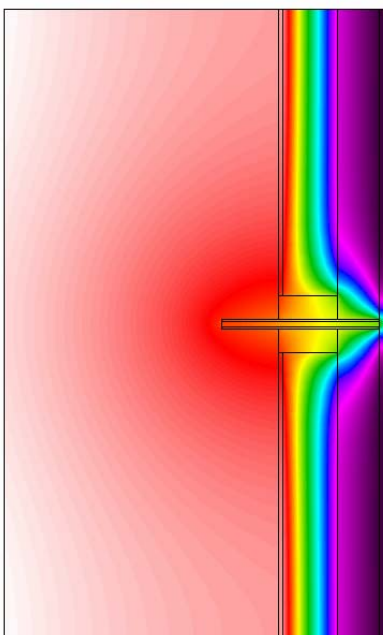
20 cm Beton + 4 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante D3 – Schnitt durch den Dübel

Lattung Holz



*Isothermenverlauf*



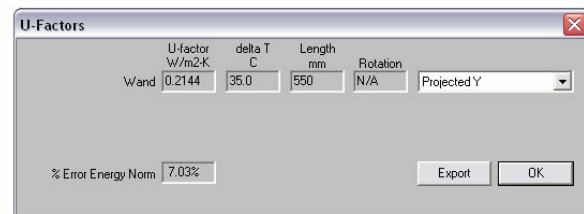
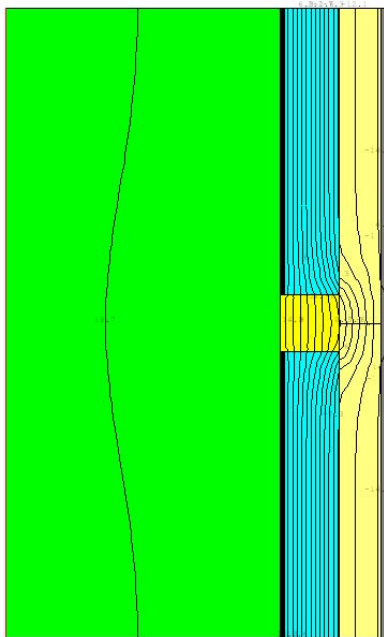
*Temperaturverlauf*

## Gruppe D

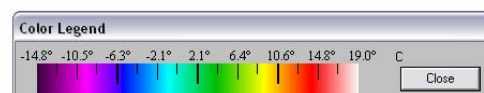
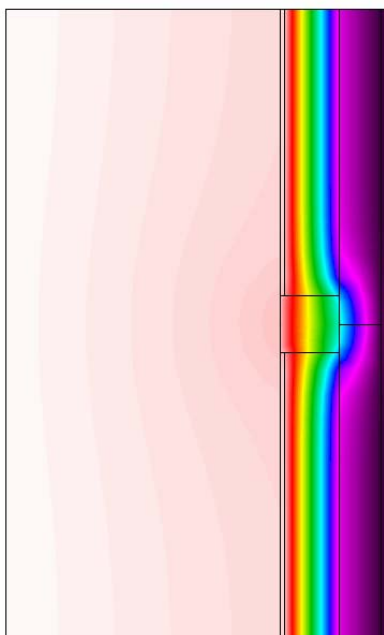
20 cm Beton + 4 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante D4 – Schnitt durch den Regelbereich

Lattung Purenit



*Isothermenverlauf*



*Temperaturverlauf*

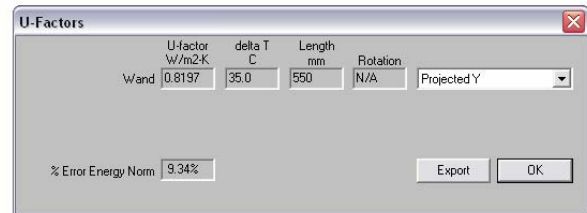
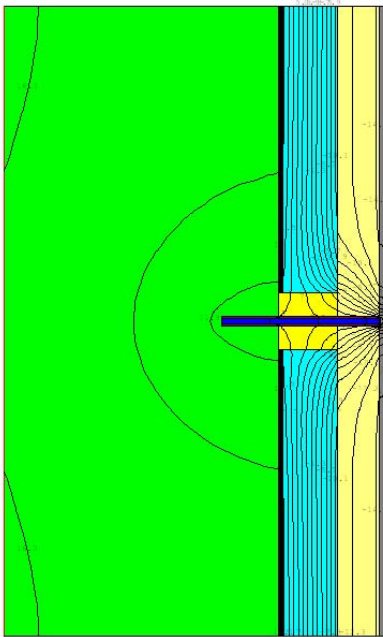


## Gruppe D

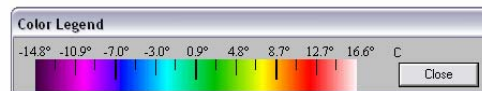
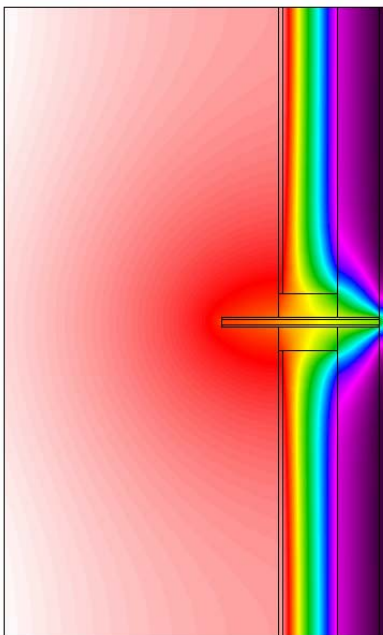
20 cm Beton + 4 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante D4 – Schnitt durch den Dübel

Lattung Purenit



*Isothermenverlauf*



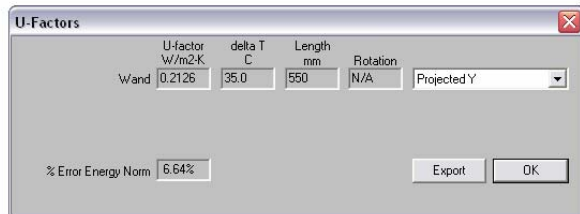
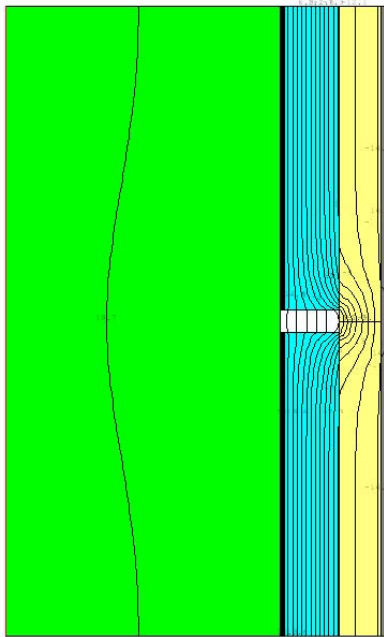
*Temperaturverlauf*

## Gruppe D

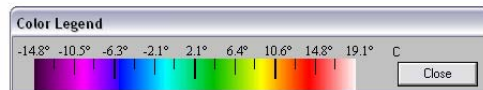
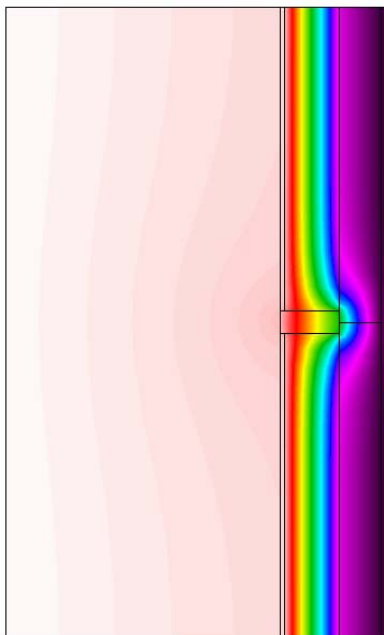
20 cm Beton + 4 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante D5 – Schnitt durch den Regelbereich

gedübelte Verbundplatte



*Isothermenverlauf*



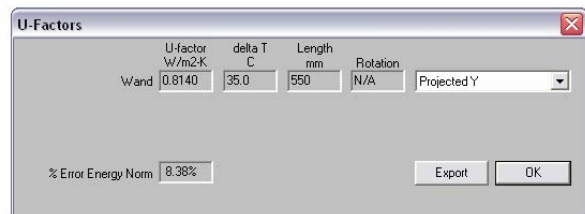
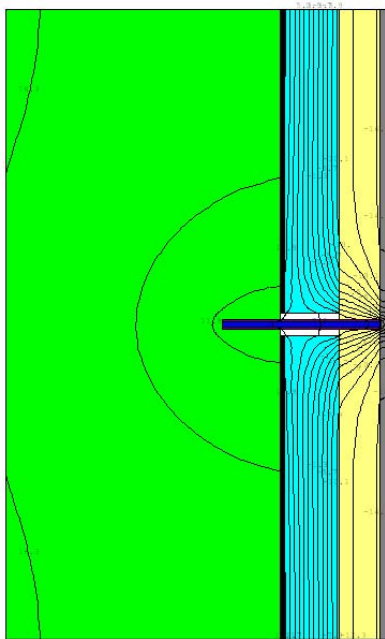
*Temperaturverlauf*

## Gruppe D

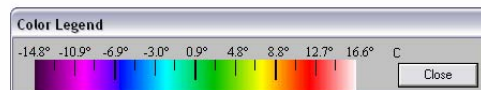
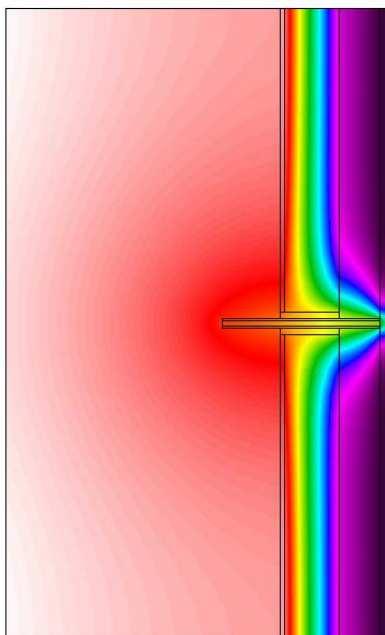
20 cm Beton + 4 cm Vakuum-Isolationspaneel + 3 cm Polystyrol-Hartschaum

### Variante D5 – Schnitt durch den Dübel

gedübelte Verbundplatte

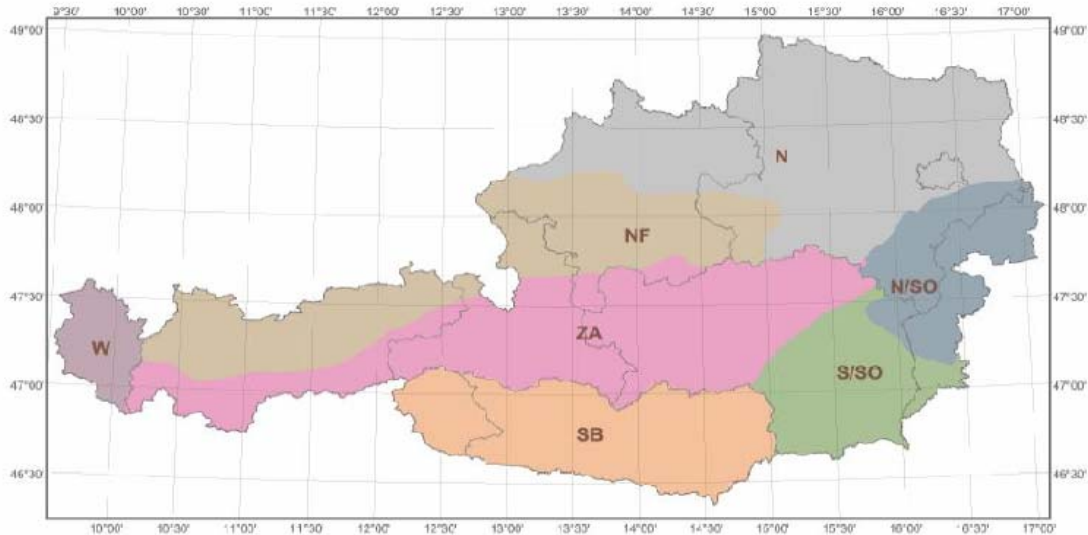


*Isothermenverlauf*



*Temperaturverlauf*

## Ermittlung der Außenluftbedingungen gemäß ÖNORM B 8110-2



### Berechnung der Monatsmittelwerte der Temperatur $\theta$ mittels der Koeffizienten der Höhenregression gemäß Tabelle 2

gewählter Referenzstandort: **Klagenfurt**  
 Region: **SB (Beckenlandschaft im Süden)**  
 Seehöhe: **448 m**

Monat	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni
Koeffizient a	-1,894	1,293	5,992	11,261	15,925	19,227
Koeffizient b	-0,423	-0,458	-0,521	-0,613	-0,602	-0,610
$\theta$ [°C]	<b>-3,79</b>	<b>-0,76</b>	<b>3,66</b>	<b>8,51</b>	<b>13,23</b>	<b>16,49</b>

Monat	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Koeffizient a	21,020	20,359	16,443	10,427	4,618	0,133
Koeffizient b	-0,597	-0,607	-0,495	-0,413	-0,486	-0,566
$\theta$ [°C]	<b>18,35</b>	<b>17,64</b>	<b>14,23</b>	<b>8,58</b>	<b>2,44</b>	<b>-2,40</b>

maßgebende mittlere Monatstemperatur: **-3,79 °C (Jänner)**

# Berechnung der Kondensation im Inneren des Bauteils gemäß ÖNORM B 8110-2 und ÖNORM EN ISO 13788

## Aufbau A0

Standort: Klagenfurt Region Beckenlandschaft im Süden (SB)				Bauteil: <b>Aufbau A0 (25 cm HLZ + 2 cm VIP + 3 cm EPS)</b>								
Seehöhe: 448 m				Außentemperatur $\Theta_a =$								
Bereich	Temperatur $\Theta$ in °C		Wärmeüb. in $m^2 \cdot K/W$		Rel. Luftfeuchte $\varphi$ in %		W.-Sättigungsdruck $p_{sat}$ in Pa		W.-Teildruck $p$ in Pa			
innen	$\Theta_i =$	20	$R_{si} =$	0,25	$\varphi_i =$	61,21	$p_{sat,i} =$	2336,95	$p_i = p_{sat,i} \cdot \varphi_i / 100 =$ 1430,5			
außen	$\Theta_e =$	-3,79	$R_{se} =$	0,04	$\varphi_e =$	80	$p_{sat,e} =$	444,78	$p_e = p_{sat,e} \cdot \varphi_e / 100 =$ 355,8			
Differenz	$\Delta\Theta = \Theta_i - \Theta_e =$	23,79							$\Delta p = p_i - p_e =$ 1074,6			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Schichte	$d_j$	$\lambda_{n,j}$	$R_{t,j}$	$(\Delta\Theta)_j$	$\Theta_{j,j+1}$	$p_{sat,j,j+1}$	$\mu_j$	$s_{d,j}$	$(\Delta p)_j$	$p_{j,j+1}$	$p > p_{sat}$
				$d_j / \lambda_j$	$\Delta\Theta / (1/U) \cdot R_{t,j}$	$\Theta_j - \sum (\Delta\Theta)_j$	$\Theta_j - \sum (\Delta\Theta)_j$	$\mu_j \cdot d_j$	$\Delta p / \sum s_{d,j} \cdot s_{d,j}$	$p_j - \sum \Delta p_j$		
		m	W/(m · K)	$m^2 \cdot K/W$	K	°C	Pa		m	Pa	Pa	
i	Innenluft	-	-	-	-	20,00	2337,0	-	-	-	-	-
0	Rsi	-	-	0,250	1,363	18,64	2147,0	-	-	-	1430,5	NEIN
1	Kalk-Gipsputz	0,015	0,600	0,025	0,136	18,50	2128,7	10	0,15	0,00161	1430,5	NEIN
2	25 cm Hochlochziegel-Mauerwerk	0,050	0,324	0,154	0,841	17,66	2019,1	10	0,5	0,00537	1430,5	NEIN
3		0,050	0,324	0,154	0,841	16,82	1914,5	10	0,5	0,00537	1430,5	NEIN
4		0,050	0,324	0,154	0,841	15,98	1814,7	10	0,5	0,00537	1430,5	NEIN
5		0,050	0,324	0,154	0,841	15,14	1719,5	10	0,5	0,00537	1430,4	NEIN
6		0,050	0,324	0,154	0,841	14,30	1628,6	10	0,5	0,00537	1430,4	NEIN
7		Bautenschutzmatte	0,003	0,140	0,021	0,117	14,18	1616,4	0	0	0,00000	1430,4
8	1 cm Vakuum-Isolationspaneel	0,002	0,008	0,250	1,363	12,82	1479,1	5000000	10000	107,45981	1323,0	NEIN
9		0,002	0,008	0,250	1,363	11,45	1352,1	5000000	10000	107,45981	1215,5	NEIN
10		0,002	0,008	0,250	1,363	10,09	1234,8	5000000	10000	107,45981	1108,1	NEIN
11		0,002	0,008	0,250	1,363	8,73	1126,6	5000000	10000	107,45981	1000,6	NEIN
12		0,002	0,008	0,250	1,363	7,37	1026,8	5000000	10000	107,45981	893,1	NEIN
13		0,002	0,008	0,250	1,363	6,00	934,8	5000000	10000	107,45981	785,7	NEIN
14	1 cm Vakuum-Isolationspaneel	0,002	0,008	0,250	1,363	4,64	850,2	5000000	10000	107,45981	678,2	NEIN
15		0,002	0,008	0,250	1,363	3,28	772,5	5000000	10000	107,45981	570,8	NEIN
16		0,002	0,008	0,250	1,363	1,92	701,0	5000000	10000	107,45981	463,3	NEIN
17		0,002	0,008	0,250	1,363	0,55	635,5	5000000	10000	107,45981	355,8	NEIN
18	3 cm Polystyrol-Hartschaum	0,010	0,040	0,250	1,363	-0,81	571,0	60	0,6	0,00645	355,8	NEIN
19		0,010	0,040	0,250	1,363	-2,17	509,7	60	0,6	0,00645	355,8	NEIN
20		0,010	0,040	0,250	1,363	-3,54	454,5	60	0,6	0,00645	355,8	NEIN
21	Klebespachtel	0,003	0,800	0,004	0,020	-3,56	453,7	50	0,15	0,00161	355,8	NEIN
22	Silikatputz	0,002	0,700	0,003	0,016	-3,57	453,1	50	0,1	0,00107	355,8	NEIN
23	Rse	-	-	0,040	0,218	-3,79	444,8	-	-	-	355,8	NEIN
e	Außenluft	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

 $\sum d_j =$ 

0,323

 $4,365 = \sum R_{t,j} + R_{si} + R_{se} = 1/U$ 
 $100004,7 = \sum s_{d,j}$ 
 $4,075 = \sum R_{t,j} = R_1$ 
 $0,229 = U \text{ in } W/(m^2 \cdot K)$ 

Weitere Rechnung erforderlich:

**NEIN**

# Berechnung der Kondensation im Inneren des Bauteils gemäß ÖNORM B 8110-2 und ÖNORM EN ISO 13788

## Aufbau B0

Standort: Klagenfurt Region Beckenlandschaft im Süden (SB)					Bauteil: <b>Aufbau B0 (25 cm HLZ + 4 cm VIP + 3 cm EPS)</b>							
Seehöhe: 448 m					Außentemperatur $\Theta_a =$							
Bereich	Temperatur $\Theta$ in °C		Wärmeüb. in $m^2 \cdot K/W$		Rel. Luftfeuchte $\varphi$ in %		W.-Sättigungsdruck $p_{sat}$ in Pa		W.-Teildruck $p$ in Pa			
innen	$\Theta_i =$	20	$R_{si} =$	0,25	$\varphi_i =$	61,21	$p_{sat,i} =$	2336,95	$p_i = p_{sat,i} \cdot \varphi_i / 100 =$ 1430,5			
außen	$\Theta_e =$	-3,79	$R_{se} =$	0,04	$\varphi_e =$	80	$p_{sat,e} =$	444,78	$p_e = p_{sat,e} \cdot \varphi_e / 100 =$ 355,8			
Differenz	$\Delta\Theta = \Theta_i - \Theta_e =$	23,79							$\Delta p = p_i - p_e =$ 1074,6			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Schichte	$d_j$	$\lambda_{n,j}$	$R_{t,j}$	$(\Delta\Theta_j)$	$\Theta_{j,j+1}$	$p_{sat,j,j+1}$	$\mu_j$	$s_{d,j}$	$(\Delta p_j)$	$p_{j,j+1}$	$p > p_{sat}$
		m	W/(m·K)	$d_j / \lambda_j$	$\Delta\Theta / (1/U) \cdot R_{t,j}$	$\Theta_i - \sum(\Delta\Theta_j)$	ÖNORM B 8110-2, Anh. A		$\mu_j \cdot d_j$	$\Delta p / \sum s_{d,j} \cdot s_{d,j}$	$p_i - \sum \Delta p_j$	
		m	W/(m·K)	$m^2 \cdot K/W$	K	°C	Pa		m	Pa	Pa	
i	Innenluft	-	-	-	-	20,00	2337,0	-	-	-	-	
0	Rsi	-	-	0,250	0,866	19,13	2214,5	-	-	-	1430,5	NEIN
1	Kalk-Gipsputz	0,015	0,600	0,025	0,087	19,05	2202,6	10	0,15	0,000805968	1430,5	NEIN
2	25 cm Hochlochziegel-Mauerwerk	0,050	0,324	0,154	0,535	18,51	2130,2	10	0,5	0,002686558	1430,5	NEIN
3		0,050	0,324	0,154	0,535	17,98	2059,9	10	0,5	0,002686558	1430,5	NEIN
4		0,050	0,324	0,154	0,535	17,44	1991,6	10	0,5	0,002686558	1430,5	NEIN
5		0,050	0,324	0,154	0,535	16,91	1925,4	10	0,5	0,002686558	1430,5	NEIN
6		0,050	0,324	0,154	0,535	16,37	1861,0	10	0,5	0,002686558	1430,5	NEIN
7		Bautenschutzmatte	0,003	0,140	0,021	0,074	16,30	1852,3	0	0	0	1430,5
8	1 cm Vakuum-Isolationspaneel	0,002	0,008	0,250	0,866	15,43	1752,4	5000000	10000	53,73117	1376,7	NEIN
9		0,002	0,008	0,250	0,866	14,57	1657,4	5000000	10000	53,73117	1323,0	NEIN
10		0,002	0,008	0,250	0,866	13,70	1566,9	5000000	10000	53,73117	1269,3	NEIN
11		0,002	0,008	0,250	0,866	12,83	1480,7	5000000	10000	53,73117	1215,5	NEIN
12		0,002	0,008	0,250	0,866	11,97	1398,8	5000000	10000	53,73117	1161,8	NEIN
13	1 cm Vakuum-Isolationspaneel	0,002	0,008	0,250	0,866	11,10	1320,8	5000000	10000	53,73117	1108,1	NEIN
14		0,002	0,008	0,250	0,866	10,23	1246,7	5000000	10000	53,73117	1054,3	NEIN
15		0,002	0,008	0,250	0,866	9,37	1176,3	5000000	10000	53,73117	1000,6	NEIN
16		0,002	0,008	0,250	0,866	8,50	1109,4	5000000	10000	53,73117	946,9	NEIN
17	1 cm Vakuum-Isolationspaneel	0,002	0,008	0,250	0,866	7,64	1045,9	5000000	10000	53,73117	893,1	NEIN
18		0,002	0,008	0,250	0,866	6,77	985,6	5000000	10000	53,73117	839,4	NEIN
19		0,002	0,008	0,250	0,866	5,90	928,3	5000000	10000	53,73117	785,7	NEIN
20		0,002	0,008	0,250	0,866	5,04	874,1	5000000	10000	53,73117	732,0	NEIN
21		0,002	0,008	0,250	0,866	4,17	822,6	5000000	10000	53,73117	678,2	NEIN
22		0,002	0,008	0,250	0,866	3,30	773,8	5000000	10000	53,73117	624,5	NEIN
23	1 cm Vakuum-Isolationspaneel	0,002	0,008	0,250	0,866	2,44	727,7	5000000	10000	53,73117	570,8	NEIN
24		0,002	0,008	0,250	0,866	1,57	683,9	5000000	10000	53,73117	517,0	NEIN
25		0,002	0,008	0,250	0,866	0,70	642,5	5000000	10000	53,73117	463,3	NEIN
26		0,002	0,008	0,250	0,866	-0,16	602,4	5000000	10000	53,73117	409,6	NEIN
27	3 cm Polystyrol-Hartschaum	0,002	0,008	0,250	0,866	-1,03	560,7	5000000	10000	53,73117	355,8	NEIN
28		0,010	0,040	0,250	0,866	-1,89	521,7	60	0,6	0,00322	355,8	NEIN
29		0,010	0,040	0,250	0,866	-2,76	485,1	60	0,6	0,00322	355,8	NEIN
30		0,010	0,040	0,250	0,866	-3,63	450,9	60	0,6	0,00322	355,8	NEIN
31	Klebespachtel	0,003	0,800	0,004	0,013	-3,64	450,4	50	0,15	0,00081	355,8	NEIN
32	Siikatputz	0,002	0,700	0,003	0,010	-3,65	450,0	50	0,1	0,00054	355,8	NEIN
33	Rse	-	-	0,040	0,139	-3,79	444,8	-	-	-	355,8	NEIN
e	Außenluft	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
$\sum d_j =$		0,343		6,865	$= \sum R_{t,j} + R_{si} + R_{se} = 1/U$				200004,7	$= \sum s_{d,j}$		
				6,575	$= \sum R_{t,j} = R_1$							
				0,146	$= U$ in $W/(m^2 \cdot K)$							

Weitere Rechnung erforderlich:

NEIN

# Berechnung der Kondensation im Inneren des Bauteils gemäß ÖNORM B 8110-2 und ÖNORM EN ISO 13788

## Aufbau C0

Standort: Klagenfurt Region Beckenlandschaft im Süden (SB)				Bauteil: <b>Aufbau C0 (20 cm Beton + 2 cm VIP + 3 cm EPS)</b>								
Seehöhe: 448 m				Außentemperatur $\Theta_a =$								
Bereich	Temperatur $\Theta$ in °C		Wärmeüb. in $m^2 \cdot K/W$		Rel. Luftfeuchte $\varphi$ in %		W.-Sättigungsdruck $p_{sat}$ in Pa		W.-Teildruck $p$ in Pa			
innen	$\Theta_i =$	20	$R_{si} =$	0,25	$\varphi_i =$	61,21	$p_{sat,i} =$	2336,95	$p_i = p_{sat,i} \cdot \varphi_i / 100 =$ 1430,5			
außen	$\Theta_e =$	-3,79	$R_{se} =$	0,04	$\varphi_e =$	80	$p_{sat,e} =$	444,78	$p_e = p_{sat,e} \cdot \varphi_e / 100 =$ 355,8			
Differenz	$\Delta\Theta = \Theta_i - \Theta_e =$	23,79							$\Delta p = p_i - p_e =$ 1074,6			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Schichte	$d_j$	$\lambda_{n,j}$	$R_{t,j}$	$(\Delta\Theta)_j$	$\Theta_{j,j+1}$	$p_{sat,j,j+1}$	$\mu_j$	$s_{d,j}$	$(\Delta p)_j$	$p_{j,j+1}$	$p > p_{sat}$
		m	W/(m · K)	$m^2 \cdot K/W$	K	°C	Pa		m	Pa	Pa	
i	Innenluft	-	-	-	-	20,00	2337,0	-	-	-	-	-
0	Rsi	-	-	0,250	1,621	18,38	2112,5	-	-	-	1430,5	NEIN
1	20 cm Beton	0,040	2,000	0,020	0,130	18,25	2095,3	130	5,2	0,05587	1430,4	NEIN
2		0,040	2,000	0,020	0,130	18,12	2078,3	130	5,2	0,05587	1430,4	NEIN
3		0,040	2,000	0,020	0,130	17,99	2061,5	130	5,2	0,05587	1430,3	NEIN
4		0,040	2,000	0,020	0,130	17,86	2044,7	130	5,2	0,05587	1430,2	NEIN
5		0,040	2,000	0,020	0,130	17,73	2028,1	130	5,2	0,05587	1430,2	NEIN
6	Bautenschutz- matte	0,003	0,140	0,021	0,139	17,59	2010,4	0	0	0,00000	1430,2	NEIN
7	1 cm Vakuum-Isolationspaneel	0,002	0,008	0,250	1,621	15,97	1813,8	5000000	10000	107,43473	1322,8	NEIN
8		0,002	0,008	0,250	1,621	14,35	1634,2	5000000	10000	107,43473	1215,3	NEIN
9		0,002	0,008	0,250	1,621	12,73	1470,4	5000000	10000	107,43473	1107,9	NEIN
10		0,002	0,008	0,250	1,621	11,11	1321,2	5000000	10000	107,43473	1000,5	NEIN
11		0,002	0,008	0,250	1,621	9,48	1185,5	5000000	10000	107,43473	893,0	NEIN
12	1 cm Vakuum-Isolationspaneel	0,002	0,008	0,250	1,621	7,86	1062,2	5000000	10000	107,43473	785,6	NEIN
13		0,002	0,008	0,250	1,621	6,24	950,4	5000000	10000	107,43473	678,1	NEIN
14		0,002	0,008	0,250	1,621	4,62	849,0	5000000	10000	107,43473	570,7	NEIN
15		0,002	0,008	0,250	1,621	3,00	757,3	5000000	10000	107,43473	463,3	NEIN
16	3 cm Polystyrol- Hartschaum	0,010	0,040	0,250	1,621	1,38	674,5	60	0,6	0,00645	355,8	NEIN
17		0,010	0,040	0,250	1,621	-0,24	598,3	60	0,6	0,00645	355,8	NEIN
18		0,010	0,040	0,250	1,621	-1,87	523,0	60	0,6	0,00645	355,8	NEIN
19	Klebespachtel	0,003	0,800	0,004	0,024	-3,49	456,3	50	0,15	0,00161	355,8	NEIN
20		0,002	0,700	0,003	0,019	-3,51	455,4	50	0,1	0,00107	355,8	NEIN
21	Silikatputz	0,002	0,700	0,003	0,019	-3,53	454,7	50	0,1	0,00107	355,8	NEIN
22	Rse	-	-	0,040	0,259	-3,79	444,8	-	-	-	-	-
e	Außenluft	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

 $\Sigma d_j =$ 

0,258

 $3,668 = \Sigma R_{t,j} + R_{si} + R_{se} = 1/U$ 
 $100028,05 = \Sigma s_{d,j}$ 
 $3,378 = \Sigma R_{t,j} = R_t$ 
 $0,273 = U \text{ in } W/(m^2 \cdot K)$ 

Weitere Rechnung erforderlich:

**NEIN**

# Berechnung der Kondensation im Inneren des Bauteils gemäß ÖNORM B 8110-2 und ÖNORM EN ISO 13788

## Aufbau D0

Standort:		Klagenfurt Region Beckenlandschaft im Süden (SB)				Bauteil:							Aufbau D0 (20 cm Beton + 4 cm VIP + 3 cm EPS)	
Seehöhe:		448 m				Außentemperatur $\Theta_a =$								
Bereich	Temperatur $\Theta$ in °C		Wärmeüb. in $m^2 \cdot K/W$		Rel. Luftfeuchte $\varphi$ in %		W.-Sättigungsdruck $p_{sat}$ in Pa		W.-Teildruck $p$ in Pa					
innen	$\Theta_i =$	20	$R_{si} =$	0,25	$\varphi_i =$	61,21	$p_{sat,i} =$	2336,95	$p_i = p_{sat,i} \cdot \varphi_i / 100 =$			1430,5		
außen	$\Theta_e =$	-3,79	$R_{se} =$	0,04	$\varphi_e =$	80	$p_{sat,e} =$	444,78	$p_e = p_{sat,e} \cdot \varphi_e / 100 =$			355,8		
Differenz	$\Delta\Theta = \Theta_i - \Theta_e =$	23,79							$\Delta p = p_i - p_e =$			1074,6		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
	Schichte	$d_j$	$\lambda_{n,j}$	$R_{t,j}$	$(\Delta\Theta_j)$	$\Theta_{j,j+1}$	$p_{sat,j+1}$	$\mu_j$	$s_{d,j}$	$(\Delta p_j)$	$p_{j,j+1}$	$p > p_{sat}$		
		m	W/(m·K)	$d_j / \lambda_j$	$\Delta\Theta / (1/U) \cdot R_{t,j}$	$\Theta_j - \sum(\Delta\Theta_j)$	ÖNORM B 8110-2 Anh. A		$\mu_j \cdot d_j$	$\Delta p / \sum s_{d,j} \cdot s_{d,j}$	$p_j - \sum \Delta p_j$			
		m	W/(m·K)	$m^2 \cdot K/W$	K	°C	Pa		m	Pa	Pa			
i	Innenluft	-	-	-	-	20,00	2337,0	-	-	-	-			
0	Rsi	-	-	0,250	0,964	19,04	2201,1	-	-	-	1430,5	NEIN		
1	20 cm Beton	0,040	2,000	0,020	0,077	18,96	2190,5	130	5,2	0,02794	1430,4	NEIN		
2		0,040	2,000	0,020	0,077	18,88	2180,0	130	5,2	0,02794	1430,4	NEIN		
3		0,040	2,000	0,020	0,077	18,80	2169,5	130	5,2	0,02794	1430,4	NEIN		
4		0,040	2,000	0,020	0,077	18,73	2159,1	130	5,2	0,02794	1430,4	NEIN		
5		0,040	2,000	0,020	0,077	18,65	2148,7	130	5,2	0,02794	1430,3	NEIN		
6	Bautenschutzmatte	0,003	0,140	0,021	0,083	18,57	2137,6	0	0	0,00000	1430,3	NEIN		
7	1 cm Vakuum-Isolationspaneel	0,002	0,008	0,250	0,964	17,60	2011,9	5000000	10000	53,72490	1376,6	NEIN		
8		0,002	0,008	0,250	0,964	16,64	1892,8	5000000	10000	53,72490	1322,9	NEIN		
9		0,002	0,008	0,250	0,964	15,67	1779,9	5000000	10000	53,72490	1269,2	NEIN		
10		0,002	0,008	0,250	0,964	14,71	1672,9	5000000	10000	53,72490	1215,4	NEIN		
11		0,002	0,008	0,250	0,964	13,75	1571,6	5000000	10000	53,72490	1161,7	NEIN		
12	1 cm Vakuum-Isolationspaneel	0,002	0,008	0,250	0,964	12,78	1475,8	5000000	10000	53,72490	1108,0	NEIN		
13		0,002	0,008	0,250	0,964	11,82	1385,1	5000000	10000	53,72490	1054,3	NEIN		
14		0,002	0,008	0,250	0,964	10,85	1299,3	5000000	10000	53,72490	1000,5	NEIN		
15		0,002	0,008	0,250	0,964	9,89	1218,3	5000000	10000	53,72490	946,8	NEIN		
16		0,002	0,008	0,250	0,964	8,93	1141,7	5000000	10000	53,72490	893,1	NEIN		
17	1 cm Vakuum-Isolationspaneel	0,002	0,008	0,250	0,964	7,96	1069,4	5000000	10000	53,72490	839,4	NEIN		
18		0,002	0,008	0,250	0,964	7,00	1001,1	5000000	10000	53,72490	785,6	NEIN		
19		0,002	0,008	0,250	0,964	6,03	936,8	5000000	10000	53,72490	731,9	NEIN		
20		0,002	0,008	0,250	0,964	5,07	876,0	5000000	10000	53,72490	678,2	NEIN		
21		0,002	0,008	0,250	0,964	4,10	818,8	5000000	10000	53,72490	624,5	NEIN		
22	1 cm Vakuum-Isolationspaneel	0,002	0,008	0,250	0,964	3,14	765,0	5000000	10000	53,72490	570,7	NEIN		
23		0,002	0,008	0,250	0,964	2,18	714,2	5000000	10000	53,72490	517,0	NEIN		
24		0,002	0,008	0,250	0,964	1,21	666,5	5000000	10000	53,72490	463,3	NEIN		
25		0,002	0,008	0,250	0,964	0,25	621,6	5000000	10000	53,72490	409,6	NEIN		
26		0,002	0,008	0,250	0,964	-0,72	575,4	5000000	10000	53,72490	355,8	NEIN		
27	3 cm Polystyrol-Hartschaum	0,010	0,040	0,250	0,964	-1,68	531,1	60	0,6	0,00322	355,8	NEIN		
28		0,010	0,040	0,250	0,964	-2,65	489,9	60	0,6	0,00322	355,8	NEIN		
29		0,010	0,040	0,250	0,964	-3,61	451,6	60	0,6	0,00322	355,8	NEIN		
30	Klebespachtel	0,003	0,800	0,004	0,014	-3,62	451,1	50	0,15	0,00081	355,8	NEIN		
31	Silikatputz	0,002	0,700	0,003	0,011	-3,63	450,6	50	0,1	0,00054	355,8	NEIN		
32	Rse	-	-	0,040	0,154	-3,79	444,8	-	-	-	355,8	NEIN		
e	Außenluft	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

 $\sum d_j =$ 

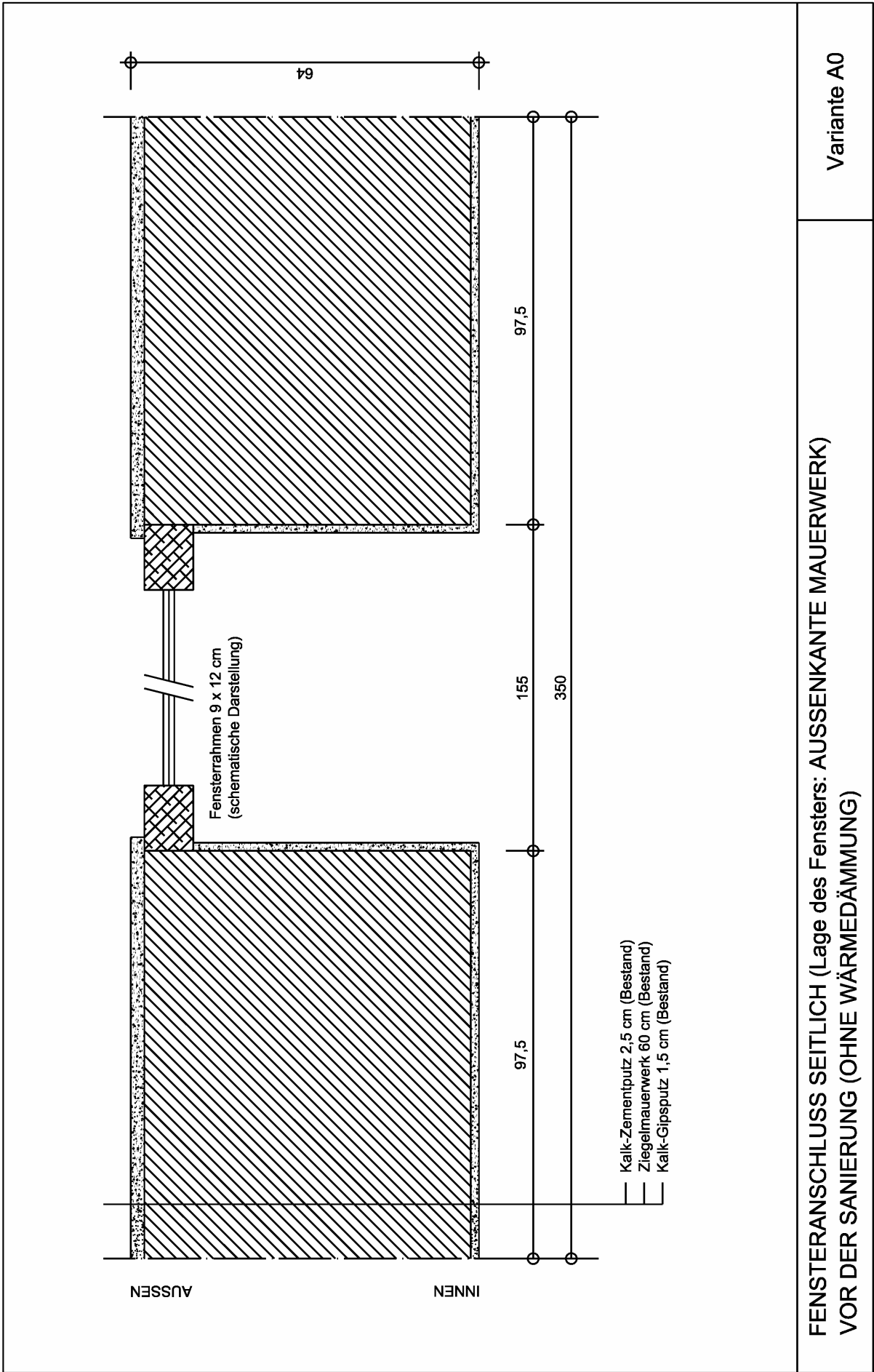
0,278

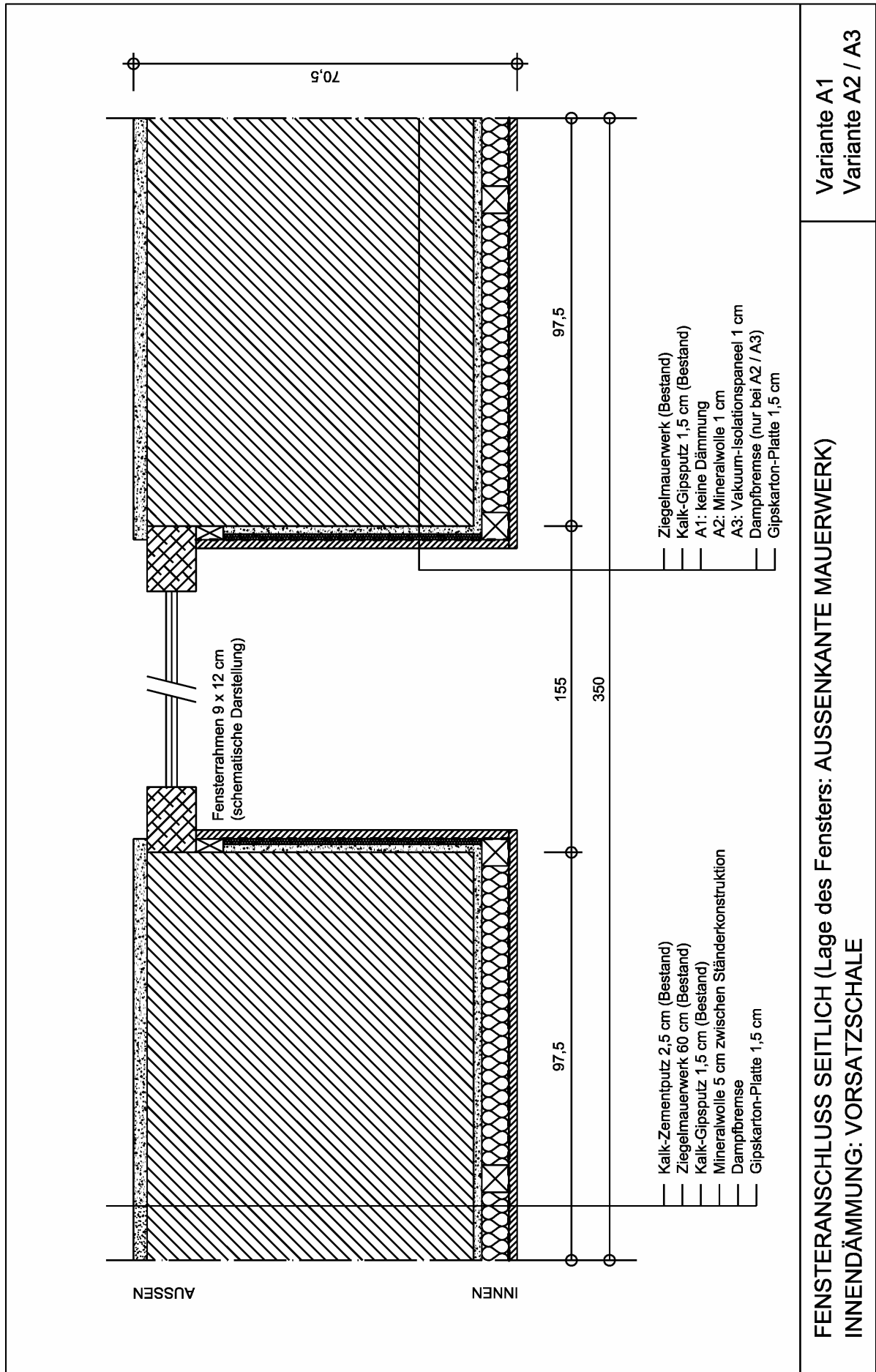
 $6,168 = \sum R_{t,j} + R_{si} + R_{se} = 1/U$ 
 $200028,05 = \sum s_{d,j}$ 
 $5,878 = \sum R_{t,j} = R_t$ 
 $0,162 = U \text{ in } W/(m^2 \cdot K)$ 

Weitere Rechnung erforderlich:

**NEIN**

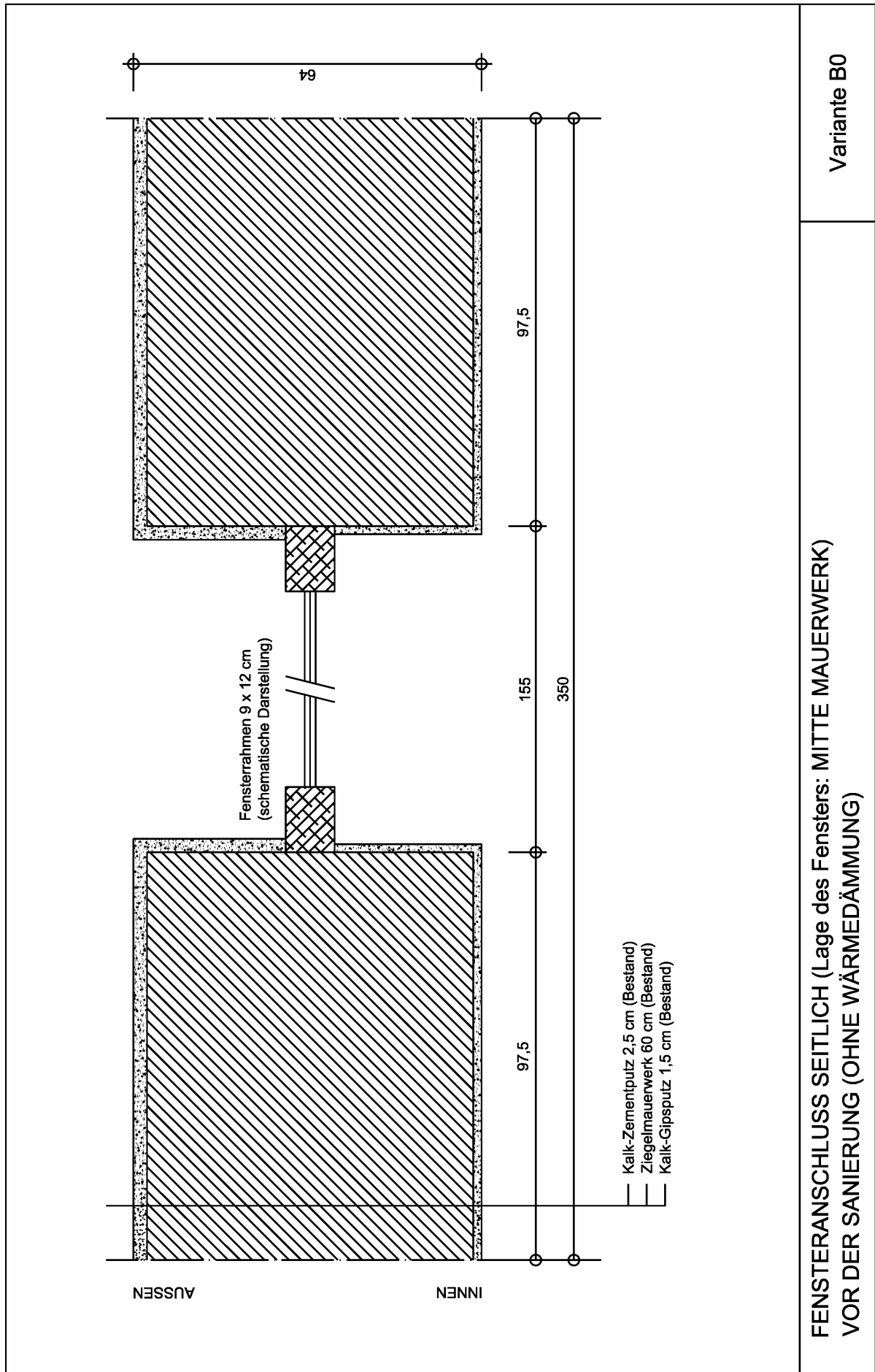


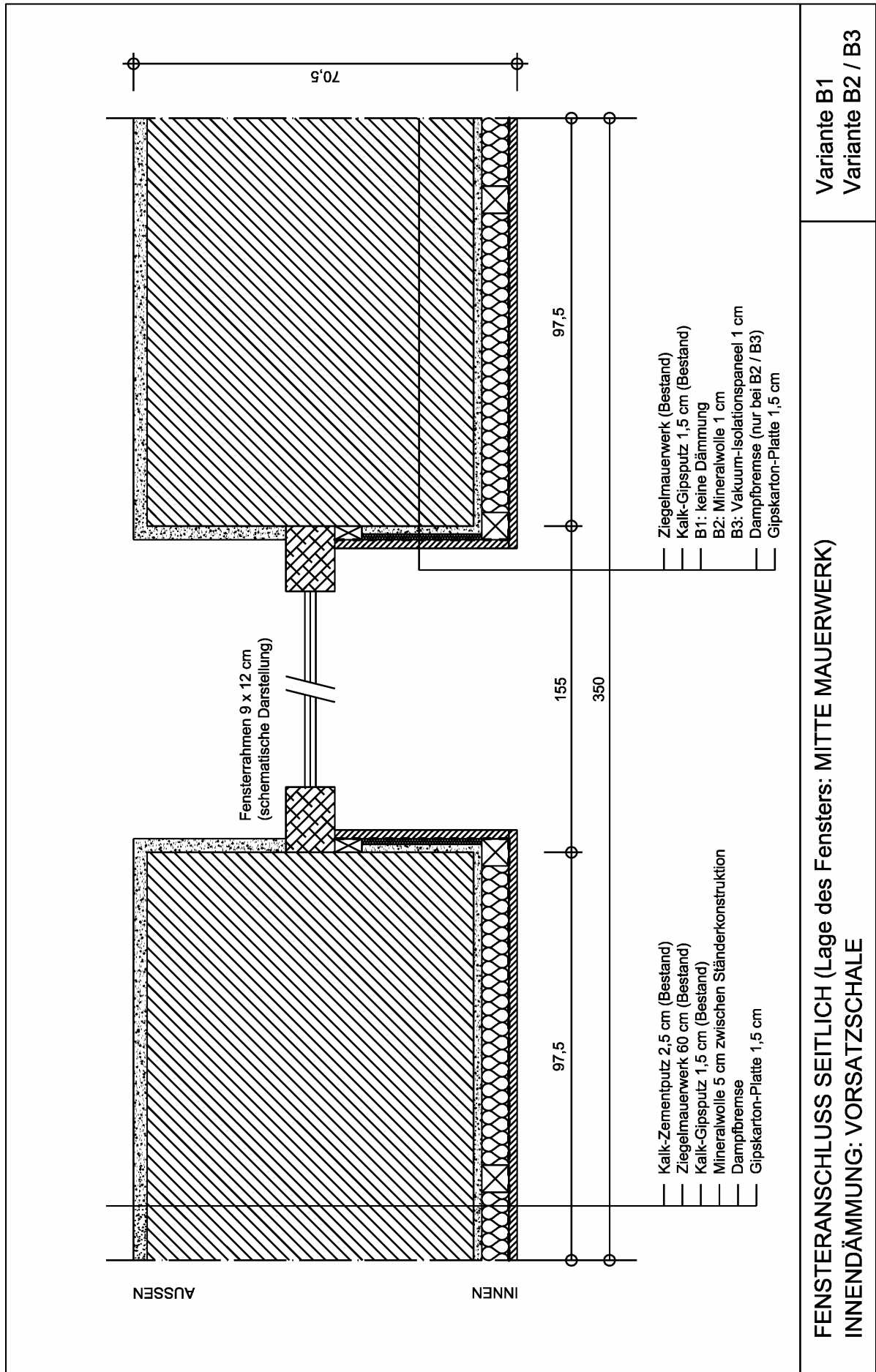




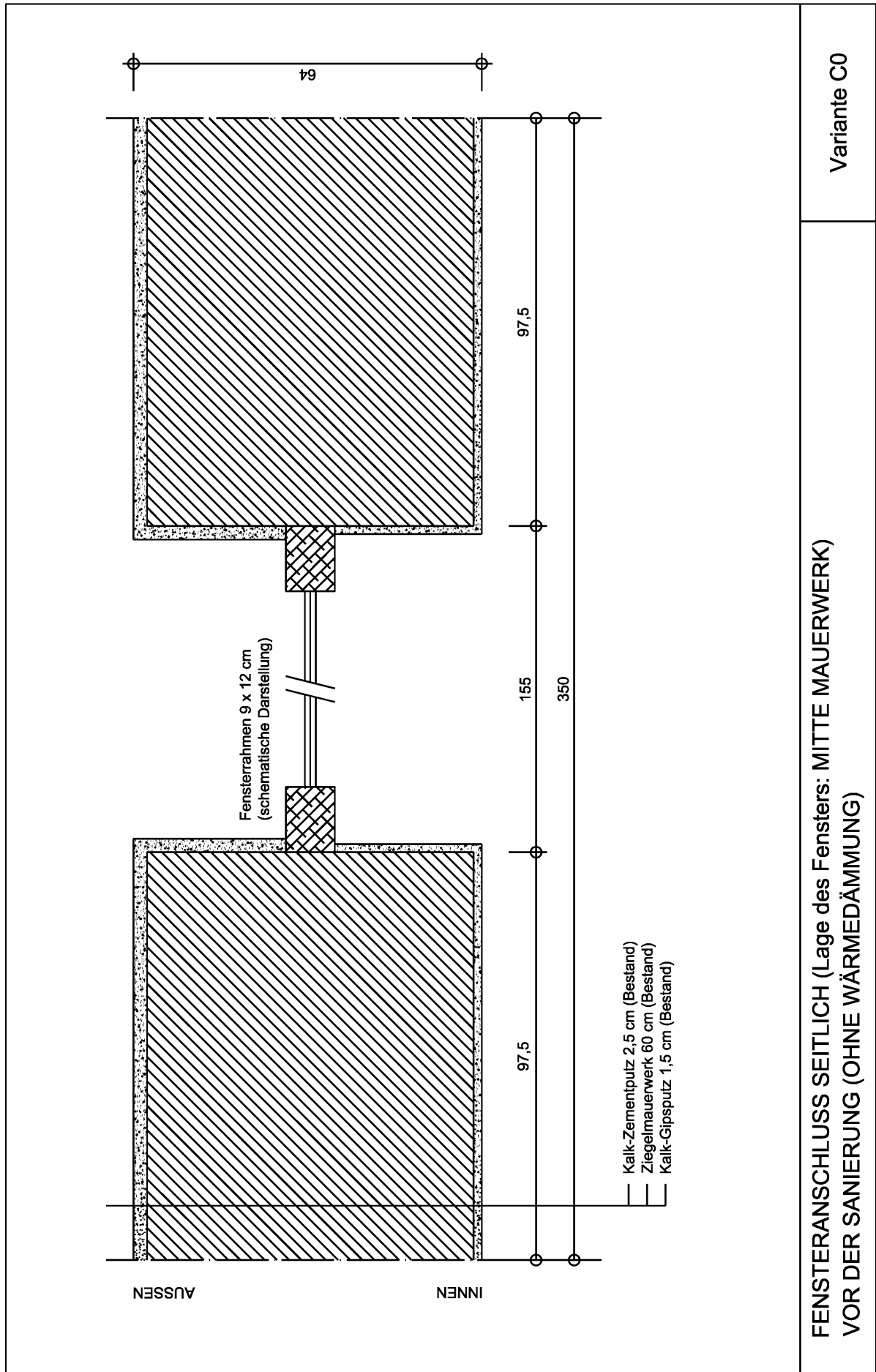
**FENSTERANSCHLUSS SEITLICH (Lage des Fensters: AUSSENKANTE MAUERWERK)**  
**INNENDÄMMUNG: VORSATZSCHALE**

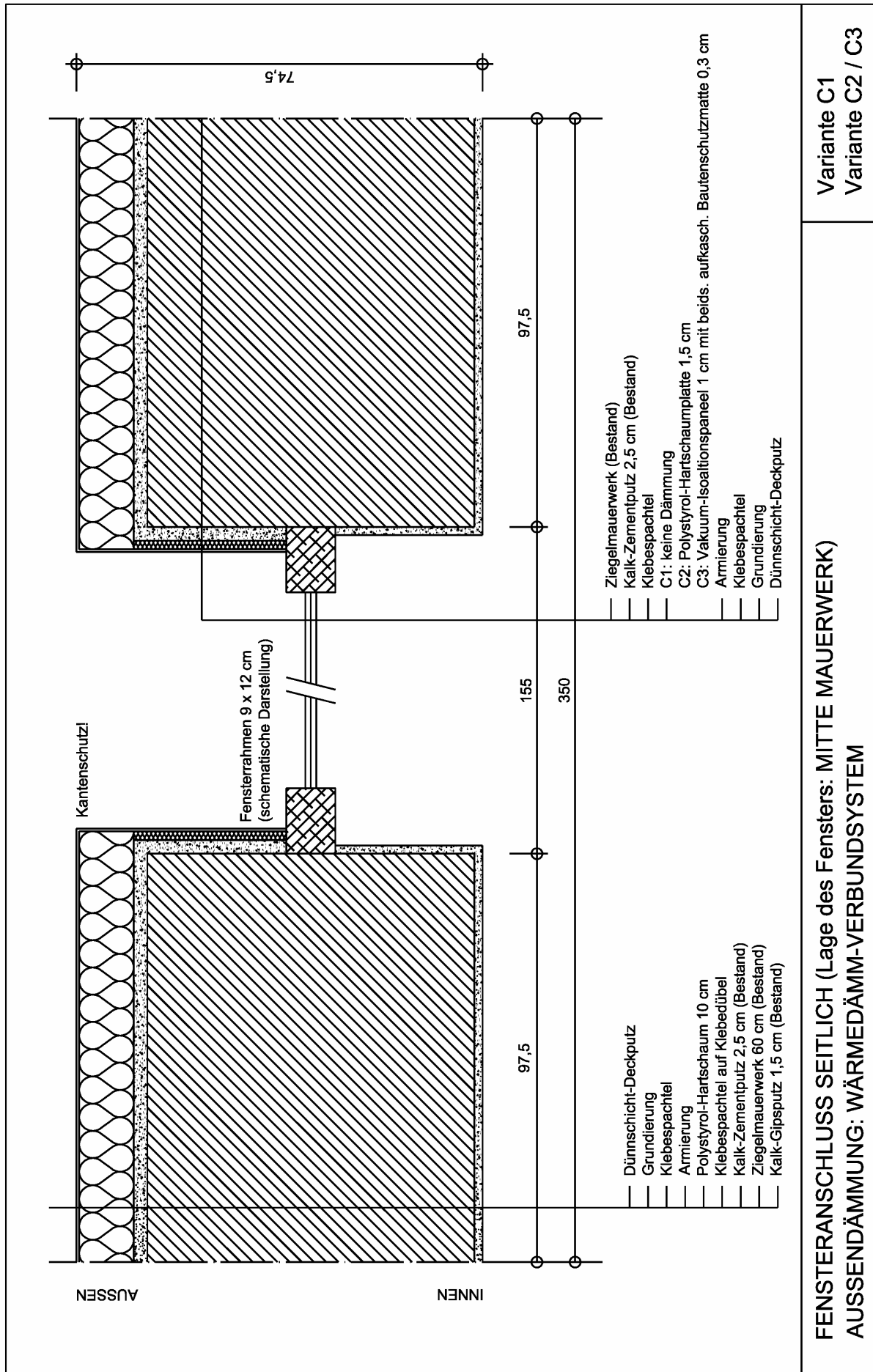
Variante A1  
 Variante A2 / A3





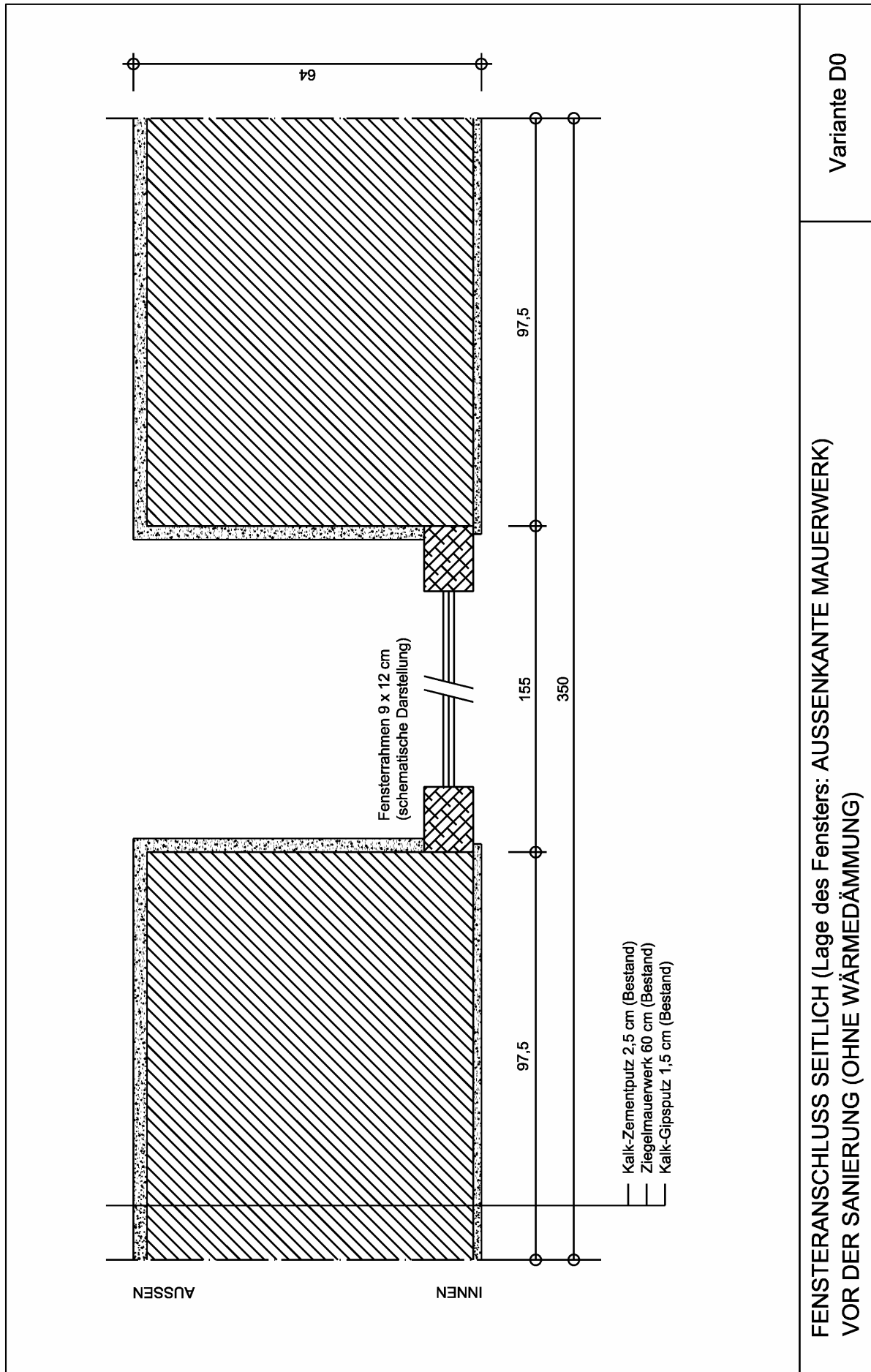
Variante B1  
Variante B2 / B3





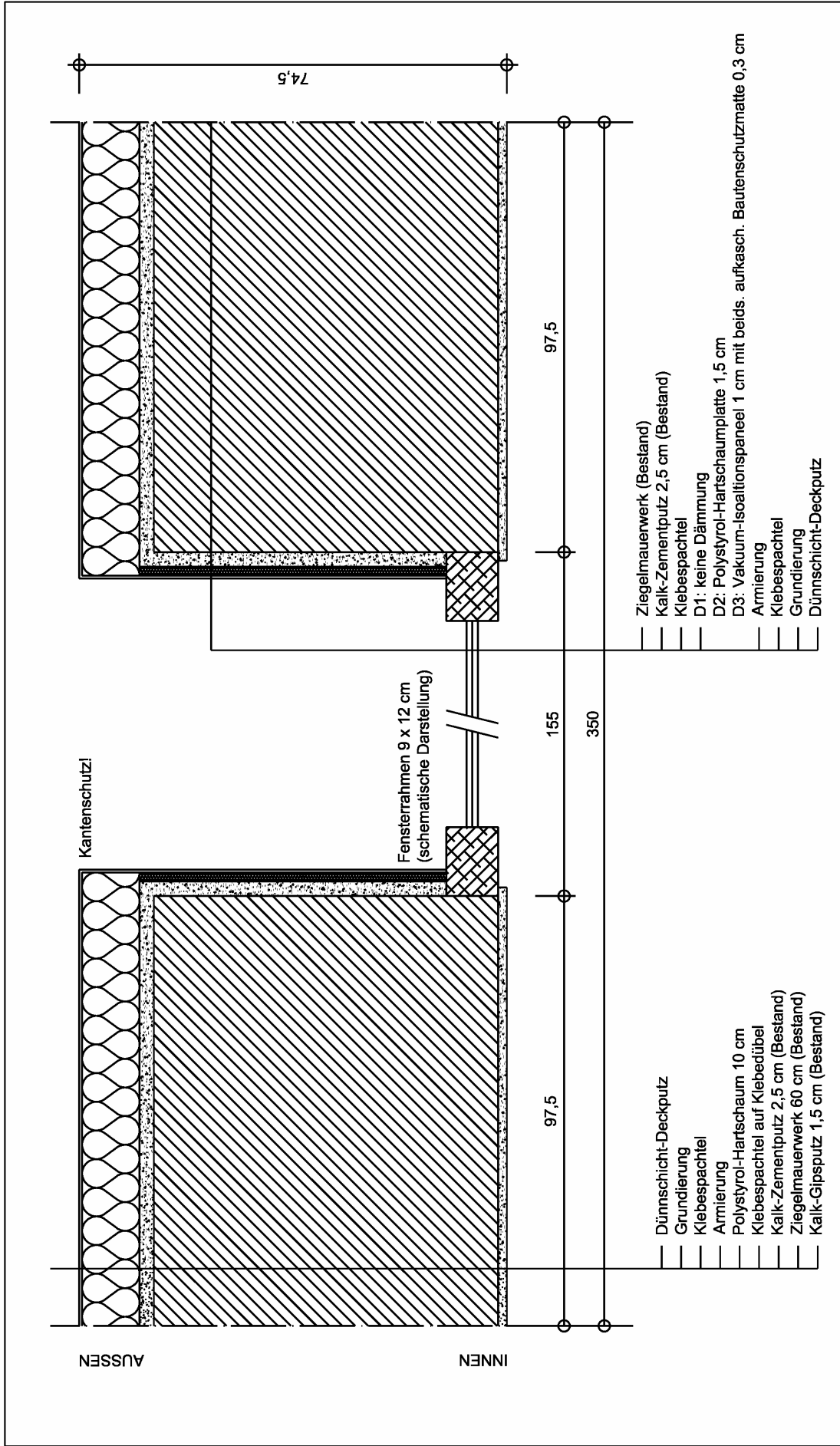
**FENSTERANSCHLUSS SEITLICH (Lage des Fensters: MITTE MAUERWERK)**  
**AUSSENDÄMMUNG; WÄRMEDÄMM-VERBUNDSYSTEM**

Variante C1  
 Variante C2 / C3



FENSTERANSCHLUSS SEITLICH (Lage des Fensters: AUSSENKANTE MAUERWERK)  
 VOR DER SANIERUNG (OHNE WÄRMEDÄMMUNG)

Variante D0



**FENSTERANSCHLUSS SEITLICH (Lage des Fensters: INNENKANTE MAUERWERK)**  
**AUSSENDÄMMUNG: WÄRMEDÄMM-VERBUNDSYSTEM**

Variante D1  
 Variante D2 / D3

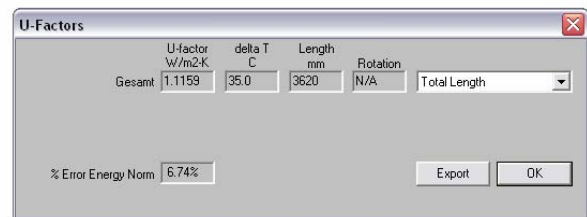


## Gruppe A

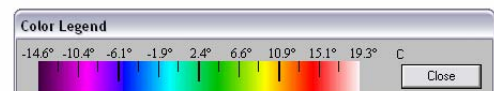
Lage des Fensters: AUSSENKANTE MAUERWERK

### Variante A0

ohne Wärmedämmung (vor der Sanierung)



*Isothermenverlauf*



*Temperaturverlauf*

## Gruppe A

Lage des Fensters: AUSSENKANTE MAUERWERK

### Variante A1

Wanddämmung: Gipskarton-Vorsatzschale innen (Mineralwolle 5 cm)

Leibungsdämmung: keine

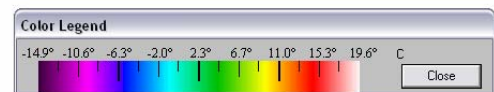
U-Factors				
	U-factor W/m <sup>2</sup> K	delta T C	Length mm	Rotation
Gesamt	0.9506	35.0	3620	N/A

% Error Energy Norm: 8.74%

Export OK



*Isothermenverlauf*



*Temperaturverlauf*

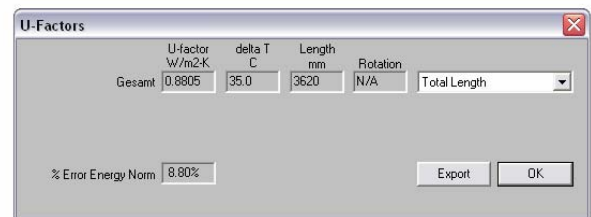
## Gruppe A

Lage des Fensters: AUSSENKANTE MAUERWERK

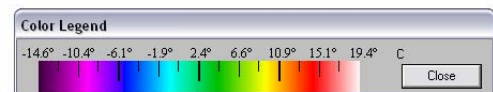
### Variante A2

Wanddämmung: Gipskarton-Vorsatzschale innen (Mineralwolle 5 cm)

Leibungsdämmung: Mineralwolle 1 cm



*Isothermenverlauf*



*Temperaturverlauf*

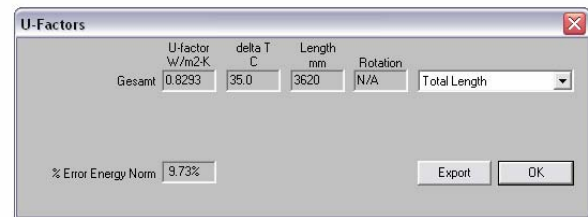
## Gruppe A

Lage des Fensters: AUSSENKANTE MAUERWERK

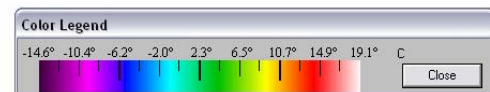
### Variante A3

Wanddämmung: Gipskarton-Vorsatzschale innen (Mineralwolle 5 cm)

Leibungsämmung: Vakuum-Isolationspaneel 1 cm



*Isothermenverlauf*



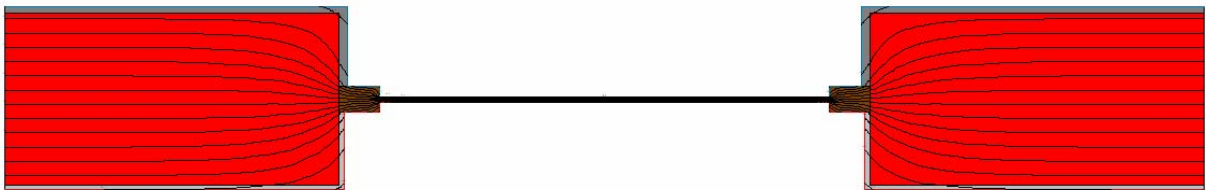
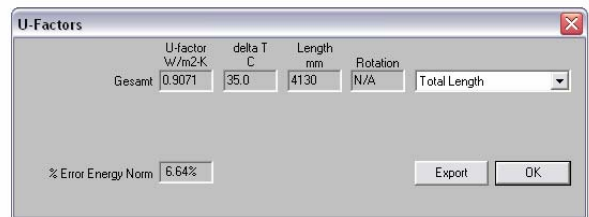
*Temperaturverlauf*

## Gruppe B

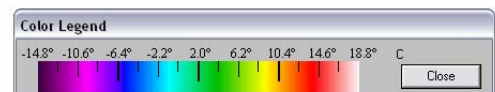
Lage des Fensters: MITTE MAUERWERK

### Variante B0 (= Variante C0)

ohne Wärmedämmung (vor der Sanierung)



*Isothermenverlauf*



*Temperaturverlauf*

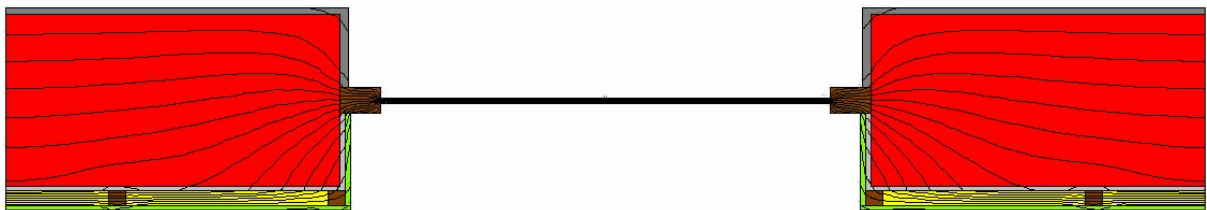
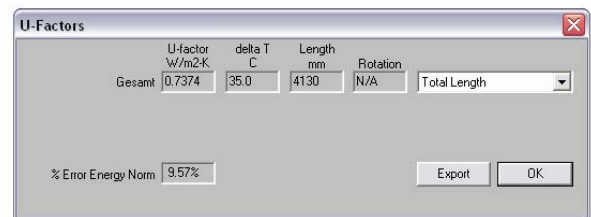
## Gruppe B

Lage des Fensters: MITTE MAUERWERK

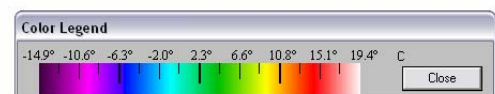
### Variante B1

Wanddämmung: Gipskarton-Vorsatzschale innen (Mineralwolle 5 cm)

Leibungsdämmung: keine



*Isothermenverlauf*



*Temperaturverlauf*

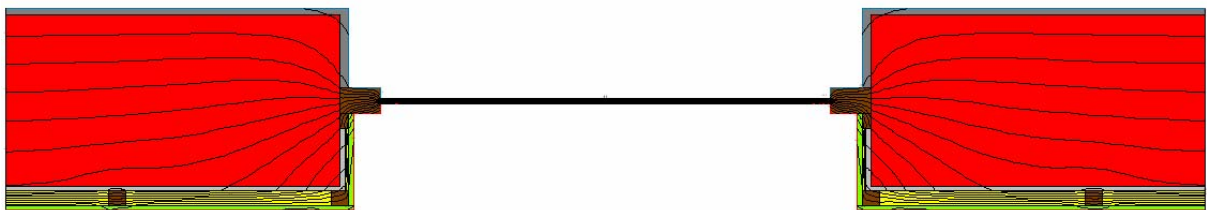
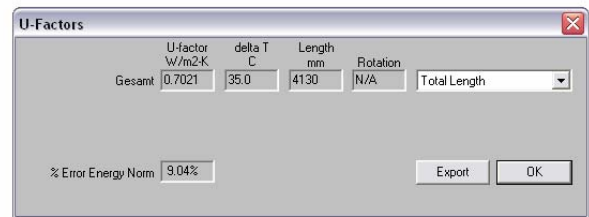
## Gruppe B

Lage des Fensters: MITTE MAUERWERK

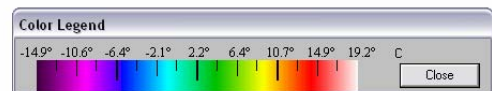
### Variante B2

Wanddämmung: Gipskarton-Vorsatzschale innen (Mineralwolle 5 cm)

Leibungsdämmung: Mineralwolle 1 cm



*Isothermenverlauf*



*Temperaturverlauf*

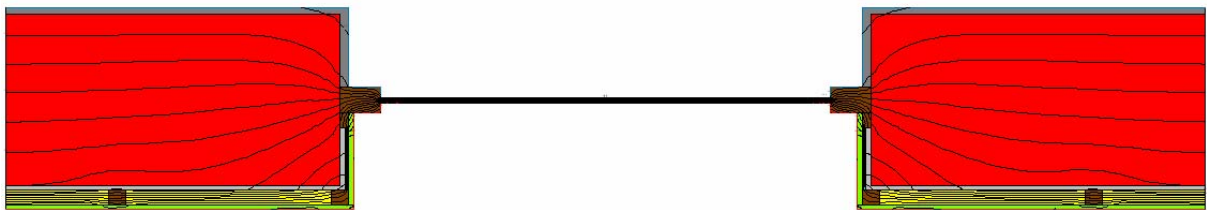
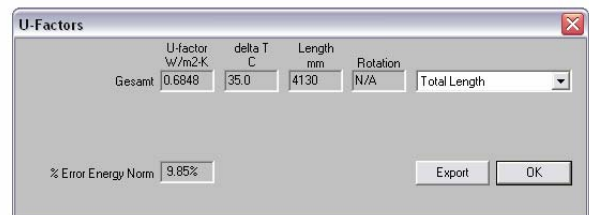
## Gruppe B

Lage des Fensters: MITTE MAUERWERK

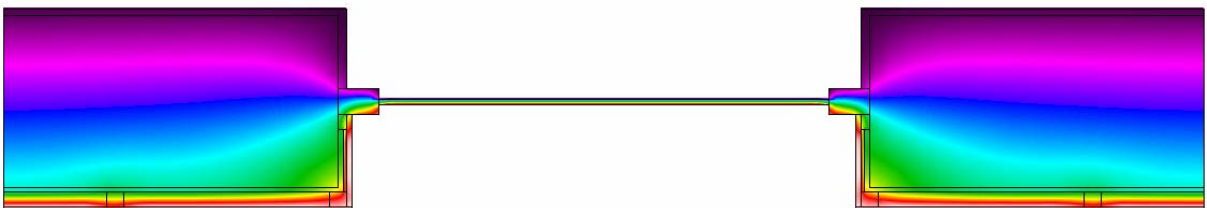
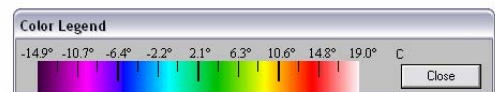
### Variante B3

Wanddämmung: Gipskarton-Vorsatzschale innen (Mineralwolle 5 cm)

Leibungsdämmung: Vakuum-Isolationspaneel 1 cm



*Isothermenverlauf*



*Temperaturverlauf*

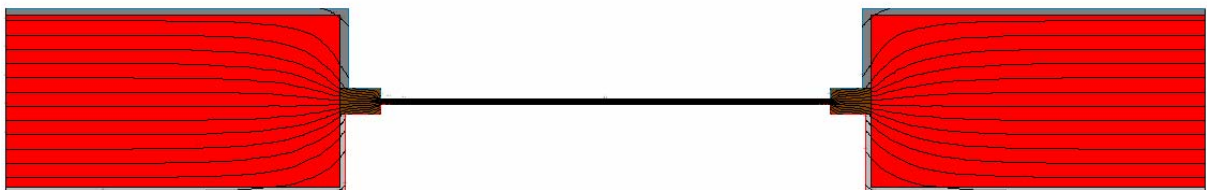
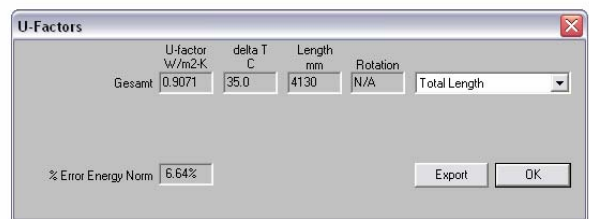


## Gruppe C

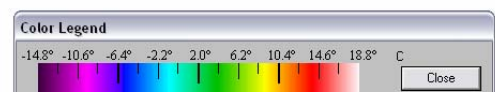
Lage des Fensters: MITTE MAUERWERK

### Variante C0 (= Variante B0)

ohne Wärmedämmung (vor der Sanierung)



*Isothermenverlauf*



*Temperaturverlauf*

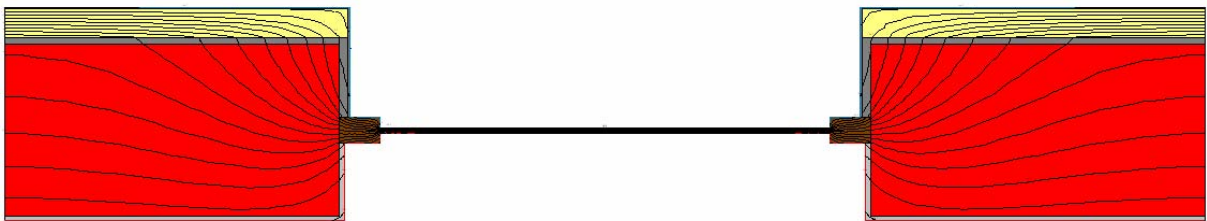
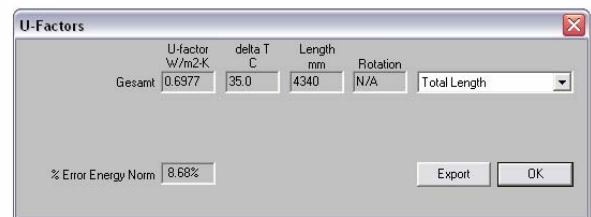
## Gruppe C

Lage des Fensters: MITTE MAUERWERK

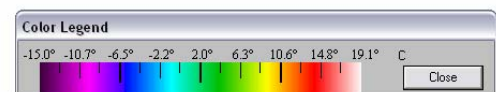
### Variante C1

Wanddämmung: Wärmedämm-Verbundsystem außen (Polystyrol-Hartschaum 10 cm)

Leibungsdämmung: keine



*Isothermenverlauf*



*Temperaturverlauf*

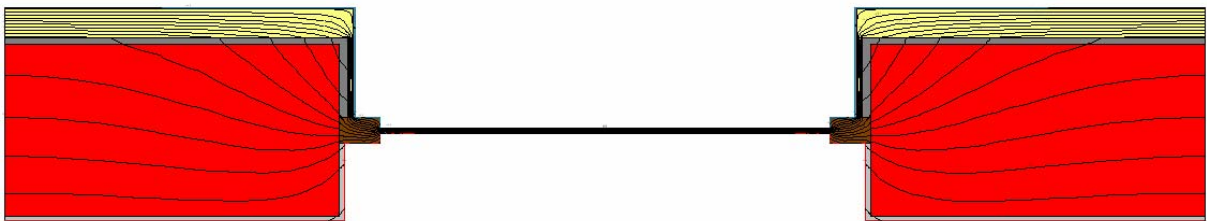
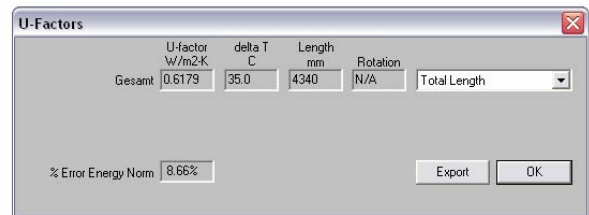
## Gruppe C

Lage des Fensters: MITTE MAUERWERK

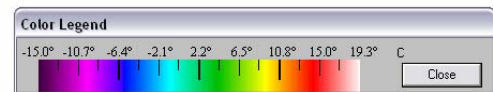
### Variante C2

Wanddämmung: Wärmedämm-Verbundsystem außen (Polystyrol-Hartschaum 10 cm)

Leibungsdämmung: Polystyrol-Hartschaum 1,5 cm



*Isothermenverlauf*



*Temperaturverlauf*

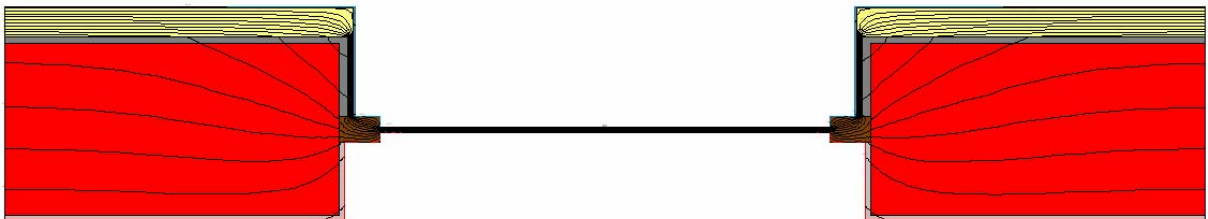
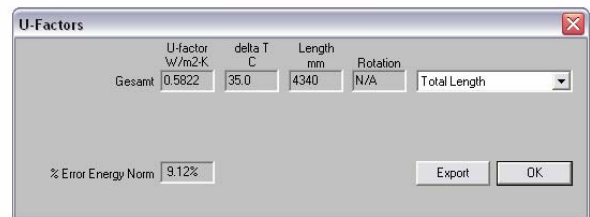
## Gruppe C

Lage des Fensters: MITTE MAUERWERK

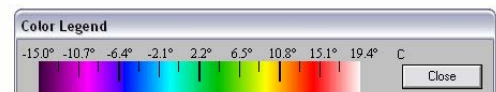
### Variante C3

Wanddämmung: Wärmedämm-Verbundsystem außen (Polystyrol-Hartschaum 10 cm)

Leibungsdämmung: Vakuum-Isolationspaneel 1 cm



*Isothermenverlauf*



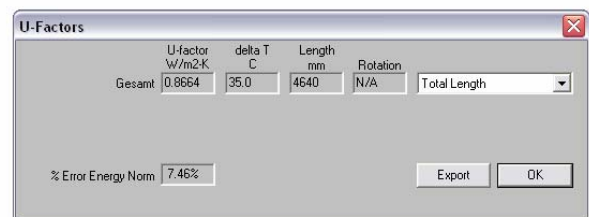
*Temperaturverlauf*

## Gruppe D

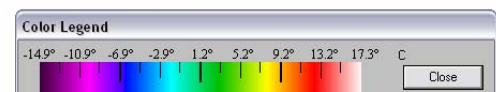
Lage des Fensters: INNENKANTE MAUERWERK

### Variante D0

ohne Wärmedämmung (vor der Sanierung)



*Isothermenverlauf*



*Temperaturverlauf*

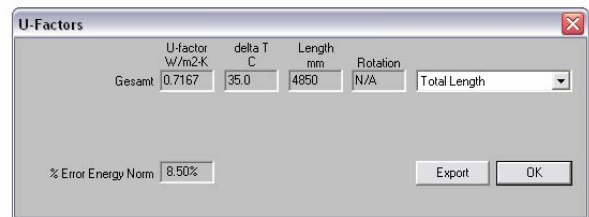
## Gruppe D

Lage des Fensters: INNENKANTE MAUERWERK

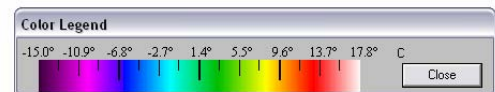
### Variante D1

Wanddämmung: Wärmedämm-Verbundsystem außen (Polystyrol-Hartschaum 10 cm)

Leibungsdämmung: keine



*Isothermenverlauf*



*Temperaturverlauf*

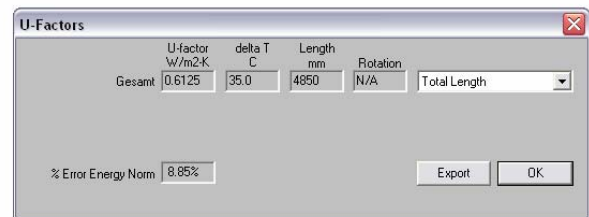
## Gruppe D

Lage des Fensters: INNENKANTE MAUERWERK

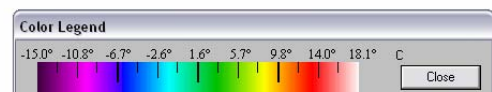
### Variante D2

Wanddämmung: Wärmedämm-Verbundsystem außen (Polystyrol-Hartschaum 10 cm)

Leibungsdämmung: Polystyrol-Hartschaum 1,5 cm



*Isothermenverlauf*



*Temperaturverlauf*

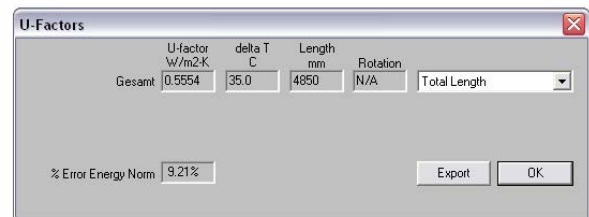
## Gruppe D

Lage des Fensters: INNENKANTE MAUERWERK

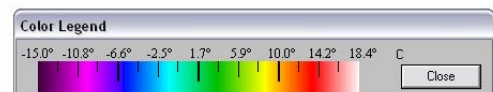
### Variante D3

Wanddämmung: Wärmedämm-Verbundsystem außen (Polystyrol-Hartschaum 10 cm)

Leibungsdämmung: Vakuum-Isolationspaneel 1 cm



*Isothermenverlauf*

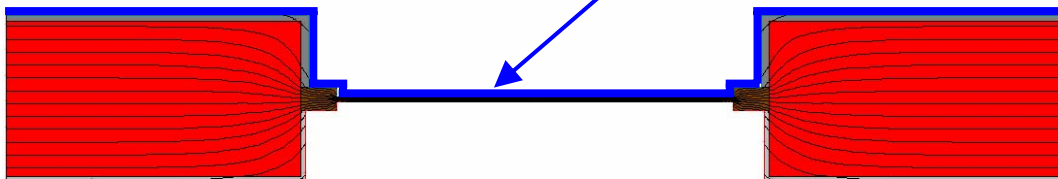
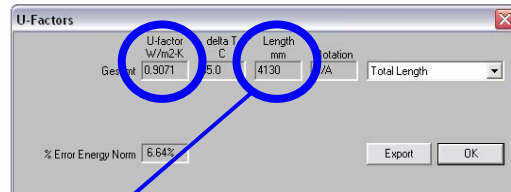


*Temperaturverlauf*



## Berechnung der thermischen Leitwerte $L^{2D}$ [W/mK]

$$L^{2D} = [\text{U-factor}] * [\text{Total Length}]$$



	Variante	[U-factor]	[Total Length]	$L^{2D}$
		W/m²K	mm	W/mK
Fenster außen Innendämmung	A0	1,1159	3620	<b>4,04</b>
	A1	0,9506	3620	<b>3,44</b>
	A2	0,8805	3620	<b>3,19</b>
	A3	0,8293	3620	<b>3,00</b>
Fenster mittig Innendämmung	B0	0,9071	4130	<b>3,75</b>
	B1	0,7374	4130	<b>3,05</b>
	B2	0,7021	4130	<b>2,90</b>
	B3	0,6848	4130	<b>2,83</b>
Fenster mittig Außendämmung	C0	0,9071	4130	<b>3,75</b>
	C1	0,6977	4340	<b>3,03</b>
	C2	0,6179	4340	<b>2,68</b>
	C3	0,5822	4340	<b>2,53</b>
Fenster innen Außendämmung	D0	0,8664	4640	<b>4,02</b>
	D1	0,7167	4850	<b>3,48</b>
	D2	0,6125	4850	<b>2,97</b>
	D3	0,5554	4850	<b>2,69</b>

## Anhang B

### Produktinformationen

B.1	„Allgemeine Verarbeitungs- und Anwendungshinweise für va-Q-vip“	[27]
B.2	„Anwendungshinweise für Vakuumdämmplatten va-Q-vip im Baubereich“	[28]
B.3	Datenblatt „POREXOTHERM Vacupor <sup>®</sup> NT“	[18]
B.4	Datenblatt „va-Q-tec: va-Q-vip“	[19]
B.5	Datenblatt „ZZ Wancor Vacucomp“	[23]
B.6	Datenblatt „Wienerberger POROTHERM 25-38 Objekt Plan“	[35]
B.7	Datenblatt „Puren Purenit“	[37]
B.8	Datenblatt „Baumit SchlagDübel NT U“	[40]
B.9	Datenblatt „Baumit FassadenDämmplatte EPS-F“	[42]
B.10	Datenblatt „Baumit MPI 20“	[43]
B.11	Datenblatt „Baumit KlebeSpachtel“	[44]
B.12	Datenblatt „Baumit SilikatPutz“	[45]
B.13	Datenblatt „Wienerberger Mauerziegel AÖF voll“	[53]
B.14	Datenblatt „ISOVER Vorsatzschalen-Dämmplatte VSDP“	[54]
B.15	Preisliste „THERMO-SYSTEMS Standardpaneele (va-Q-vip)“	[52]

## Allgemeine Verarbeitungs- und Anwendungshinweise für va-Q-vip

va-Q-vip sind thermisch hocheffiziente Dämmstoffe, die aus einem porösen Kernmaterial bestehen und von einer Hochbarrierefolie umhüllt sind. Die Dämmwirkung beruht wesentlich auf dem Funktionsprinzip des Vakuums im Inneren der Paneele. va-Q-vip sind grundsätzlich sorgfältig zu behandeln und vor der Weiterverarbeitung auf eine eventuelle Belüftung hin zu überprüfen. Eine vollständige Belüftung ist daran zu erkennen, dass die silbrig glänzende Folie nicht eng, sondern nur lose auf dem Kern aufliegt. Bei der Weiterverarbeitung der va-Q-vip sind insbesondere folgende Punkte zu beachten:

1. Bei Lieferung von va-Q-vip sind diese sofort durch eine Sichtprüfung nach den genannten optischen Kriterien auf Funktionstüchtigkeit hin überprüfen.
2. Die silbrig glänzende Hülle der va-Q-vip darf nicht mechanisch beschädigt werden. Insbesondere sind Sägen, Bohren oder Verkratzen unbedingt zu vermeiden.
3. Der Untergrund, auf den die va-Q-vip aufgebracht werden sollen, muss glatt, eben und frei von Kanten und Graten sein.
4. Die va-Q-vip dürfen weder bei Lagerung noch bei der Anwendung hohen Temperaturen, hohen Feuchten und / oder aggressiven Gasen ausgesetzt werden. Insbesondere sind dauerhafte Feuchten oberhalb von 60% rel. Luftfeuchte und dauerhafte Temperaturen oberhalb von 50°C zu vermeiden.
5. Beim Einbau und bei der Anwendung von va-Q-vip sollen diese keinen oder nur geringen mechanischen Belastungen ausgesetzt sein. Insbesondere sind punktuelle Belastungen und das längeranhaltendes Rütteln oder Ziehen an der Umhüllung zu vermeiden. Es besteht auch die Möglichkeit, Schutzfolien z.B. aus Kunststoffschäumen anzuwenden.
6. Bei Konstruktionen mit Vakuumpaneelen ist darauf zu achten, dass sie nur einer gleichmäßigen, flächigen Druckbelastung ausgesetzt werden. Zug- und Scherkräfte auf die va-Q-vip sind auszuschließen. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass die Statik in einer Konstruktion mit va-Q-vip durch anderweitige Maßnahmen gewährleistet wird und die va-Q-vip nur die rein thermische Funktion übernehmen.
7. Eine Verklebung der va-Q-vip kann beispielsweise mit 2-Komponenten Polyurethankleber oder mit Hotmelt erfolgen. Ebenfalls ist das Einschäumen der va-Q-vip mit Polyurethanschäumen möglich. In allen Fällen ist jedoch darauf zu achten, dass die dabei auftretenden Temperaturen 100 °C nicht überschreiten. Im Einzelfall ist ein Test ratsam und erforderlich.
8. Es ist zu beachten, dass Wärme- oder Kältebrücken bei VIP-Konstruktionen in weit stärkerem Maße zu Tage treten als bei Konstruktionen mit herkömmlichen Dämmstoffen.
9. Da insbesondere Luftfeuchtigkeit an kalten Stellen kondensieren kann, sind bei Konstruktionen mit va-Q-vip entsprechende Dampfsperren einzusetzen. Solche Dampfsperren sollen auch verhindern, dass sich ansammelnde Feuchtigkeit in der direkten Umgebung des Paneels bildet. Solch Wasseransammlungen sind zu vermeiden.
10. Es ist sicherzustellen, dass diejenigen Personen, die va-Q-vip verarbeiten, vorab geschult werden. Insbesondere sind dabei die Verarbeitungshinweise abgestimmt auf den Einzelfall zu erläutern.
11. Die Dämmkonstruktion ist so auszuführen, dass die Belüftung einzelner va-Q-vip nicht zu technischen Störungen des Gesamtsystems führt.

Stand 09/2005, va-Q-tec AG

## Anwendungshinweise für Vakuumdämmplatten va-Q-vip im Baubereich

### Verarbeitung

Vakuumdämmplatten von va-Q-tec ermöglichen eine sehr gute Wärmedämmung bei geringstem Platzbedarf. Der mikroporöse Pulverkern ist mit einer dünnen gas- und wasserdampfdichten Folie vakuumdicht umhüllt. Diese aus mehreren Schichten bestehende Kunststoffolie hat eine Stärke von etwa 0,1 mm und kann daher durch äußere Einflüsse leicht verletzt werden. Die Vakuumdämmplatten dürfen bei der Verarbeitung daher nicht durchstoßen, geschnitten oder in sonstiger Weise beschädigt werden, da sie sich sonst sofort belüften (die Wärmeleitfähigkeit steigt dann maximal auf 0,020 W/mK an). Ein belüftetes Paneel ist daran zu erkennen, dass die Hüllfolie nicht mehr fest anliegt. Ein sorgsamer Umgang mit den Paneelen während der Verarbeitung ist daher notwendig. Spitze Gegenstände sollten möglichst nicht in der Umgebung der va-Q-vip getragen werden oder zugänglich sein.

Vakuumpaneele sollten nur auf saubere, nicht raue Flächen gelegt und sehr vorsichtig gehandhabt werden. Es empfiehlt sich bei der Anwendung als Bodendämmung unter die Vakuumdämmplatten eine 2-3 mm starke Schutzlage vorzusehen. Vorteilhaft ist es weiterhin konventionelle Dämmplatten (z.B. 8 mm Holzfaserplatten) auf die Vakuumdämmplatten auszulegen, so dass eventuelle Fugen abgedeckt werden und der gedämmte Bereich gleich wieder begehbar ist. Die ungeschützten Vakuumdämmplatten sollten nicht betreten werden.

### Wärmebrücken

Da die Vakuumdämmpaneele va-Q-vip innerhalb einer sehr dünnen Schicht ihre Dämmwirkung entfalten, wirken sich Wärmebrücken noch stärker aus als bei konventionellen Dämmstoffen. Daher sollte die Dämmebene in den Fugen zwischen den Paneelen möglichst wenig, z.B. durch metallische Halterungen, durchbrochen sein. Ansonsten entstehen übermäßige Wärmebrücken, die die gute Dämmwirkung der Vakuumdämmung wieder verschlechtern. Zur sicheren Befestigung der Paneele müssen daher für jede Art von Anwendung zum Teil spezielle Lösungen gefunden werden, um Wärmebrückenprobleme auf ein Minimum zu reduzieren. Dies gilt insbesondere für Wanddämmung außen und innen sowie Dämmung unterhalb der Decke. Problemlos ist dagegen im allgemeinen die Anwendung im Fußbodenbereich.

Eine wärmetechnische Betrachtung der Dämmkonstruktion, d.h. vor allem eine Optimierung der Wärmebrücken, ist bei allen Konstruktionen dringend empfohlen. Aufgrund der sehr niedrigen Wärmeleitfähigkeit der Vakuumdämmpaneele und der sehr dünnen Dämmschichtdicken können thermisch nicht optimierte Durchdringungen und Fugen die Dämmwirkung der Gesamtkonstruktion deutlich reduzieren. Die Breite der Fugen kann aufgrund der speziellen Kantenausführung der va-Q-vip auf ein Minimum beschränkt werden. Gegebenenfalls können Fugen z.B. mit einem PU-Schaum oder Dichtschaumband verfüllt werden.

### Einwirkung von Feuchtigkeit und Temperatur auf die Vakuumdämmung

Die Vakuumdämmplatten va-Q-vip sollten bei Anwendungen im Gebäudebereich möglichst selten überhöhter Temperatur und Feuchtigkeit ausgesetzt sein, da dies langfristig ihre Lebensdauer herabsetzen kann. Auch bei niedrigen Temperaturen müssen ständige hohe Feuchtigkeiten an den Paneeloberflächen vermieden werden. Schon beim Einbau der Paneele ist darauf zu achten, dass keine Feuchtigkeit z.B. durch Regen in den Bereich der Paneele gelangt. Alkalische, wasserhaltige Baukleber sollten vermieden werden, da diese schlecht austrocknen und die Siegelnähte gefährden.

# Vacupor<sup>®</sup> NT

## Besondere Kennzeichen

Vacupor<sup>®</sup> NT ist ein mikroporöser thermischer Dämmstoff mit extrem niedrigen Wärmeleitzahlen, d.h. mit sehr gutem Wärmedämmvermögen.

Vacupor<sup>®</sup> NT besteht aus anorganischen, silikatischen Substanzen. Hauptbestandteil ist hochdisperse Kieselsäure. Die übrigen Bestandteile sind Trübungsmittel zur Minimierung der Infrarotstrahlung.

Vacupor<sup>®</sup> NT (Plattenkern) ist nicht brennbar und erfüllt die Anforderungen nach IMO FTPC Teil 1 und DIN ISO 4102 Teil 1 A1.

Vacupor<sup>®</sup> NT ist in einer metallisierten Kunststoffverbundfolie unter Vakuum verschweißt. Durch den sehr geringen Innendruck und den mikroporösen Plattenkern werden die außerordentlich niedrigen Wärmeleitfähigkeitswerte ermöglicht.

## Anwendung

Vacupor<sup>®</sup> NT wurde speziell entwickelt für Anwendungen im Bereich der Vakuumisolations-Technik. Aufgrund niedriger Dichte sowie der in diesem Typ enthaltenen und speziell entwickelten

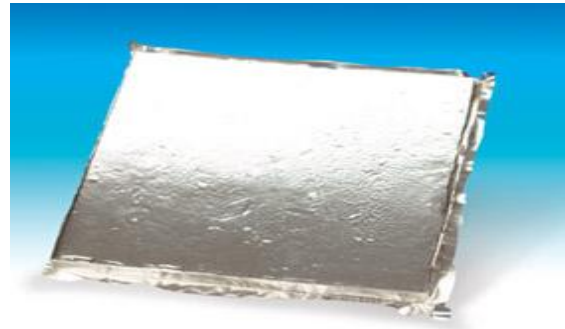
IR- Trübungsmittel, konnte die Wärmeleitfähigkeit der Vacupor<sup>®</sup> NT Systeme erheblich gesenkt werden.

### In dieser Funktion erfüllt Vacupor<sup>®</sup> NT mehrere Aufgaben, wie z.B.:

- genau kontrollierte Energieabgabe
- Verringerung von Gewicht und Isolations-Volumen
- Erhöhung des Wärmerückhaltevermögens
- Steigerung des Nutzvolumens

### Des Weiteren wird Vacupor<sup>®</sup> NT bereits erfolgreich als Isolationsmaterial in folgenden Bereichen eingesetzt:

- Haushaltskühlgeräte
- Absorptionskühlgeräte
- Kryogenkühlgeräte
- Temperaturkontrollierte Verpackungen
- Kühlboxen
- Fassadenelemente
- Terrassendämmungen
- Kühlhaus-Bodendämmungen
- Tankcontainer



## Lieferform

### 1. Standardgrößen:

- 600 mm x 250 mm
- 1000 mm x 300 mm
- 600 mm x 500 mm
- 1200 mm x 500 mm
- 1000 mm x 600 mm
- 1200 mm x 1000 mm

### 2. Standardstärken:

- 10 mm, 15 mm, 20 mm, 25 mm, 30 mm
- Weitere Stärken sind auf Anfrage möglich

### 3. Sonderformate auf Anfrage möglich

## Anwendungseinschränkung

Die metallisierte Kunststoffverbundfolie der Vacupor<sup>®</sup> NT Paneele darf nicht beschädigt werden (z. B. bohren, schneiden, fräsen, nageln), da sonst der Innendruck der Paneele ansteigt und die besonderen Eigenschaften der Platte verloren gehen, insbesondere das sehr gute Wärmedämmvermögen.

## Lagerbeständigkeit

Vacupor<sup>®</sup> NT ist sehr lange lagerfähig. Bitte beachten Sie den Graph zur Tabelle: Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit des Innendrucks.

## Zusammensetzung

Siliciumdioxid	SiO <sub>2</sub>	ca. 80%
Siliciumcarbid	SiC	ca. 15%
Andere		ca. 5%

## Produktdaten

Eigenschaften (gültig für Standardformat)	Bemerkungen	Normen	Einheiten	Werte
Farbe	Bedingt durch Folie			Silber
Dichte <sup>1</sup>			kg / m <sup>3</sup>	150-300
Wärmeleitfähigkeit @ 1 mbar <sup>2</sup> @ Umgebungsdruck	Gemessen bei 22,5 °C (72.5 °F) mittlerer Temperatur	DIN 52612	W / mK	≤ 0,005
			W / mK	≤ 0,019
Temperaturbeständigkeit <sup>3</sup>	bedingt durch die Folien- schweißnaht		°C	-50 <T< 120
Maximaler Folienüberstand			mm	100
Innendruck <sup>2</sup>	bei Auslieferung		mbar	≤ 5
Rechnerischer Druckanstieg	bei Normalbedingungen		mbar / a	0,5
Plattenabmessungen	Länge		mm	150 - 2200
	Breite		mm	150 - 1000
	Stärke		mm	10 - 50
Längtoleranzen	0 bis 500 mm		mm	+ 1,0 / - 2,0
	501 bis 1000 mm		mm	+ 1,0 / - 4,0
	> 1000 mm		mm	+ 1,0 / - 6,0
Dickentoleranzen	< 20 mm		mm	± 1,0
	20 mm bis 30 mm		mm	+ 1,0 / - 2,0
	> 30 mm		mm	+ 1,0 / - 3,0
Temperaturwechselbeständigkeit	Vacupor <sup>®</sup> NT (Plattenkern) ist unempfindlich gegen Wärme- und Kälteschocks.			

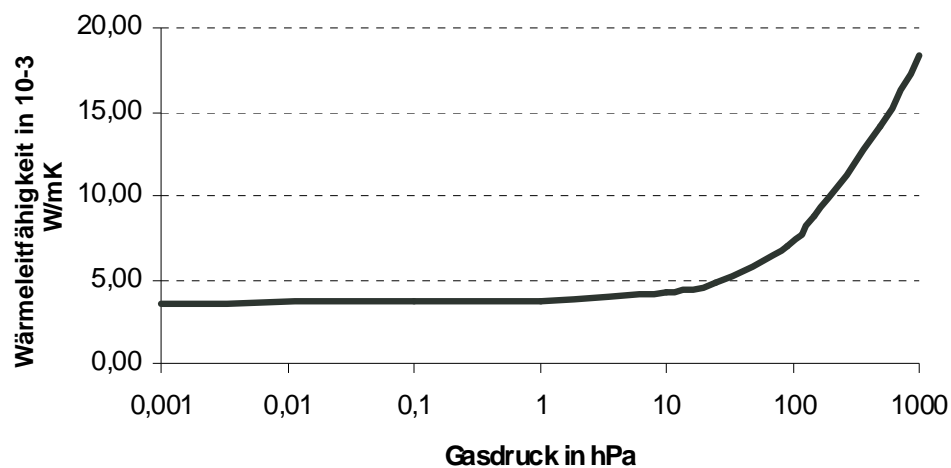
<sup>1</sup> Abhängig von der Paneeldicke.

<sup>2</sup> In Abhängigkeit von der Panelgröße und Paneeldicke kann der Innendruck zwischen 0.5 – 5 mbar betragen. Der Standard-Innendruck in der Evakuierkammer liegt bei < 0.5 mbar.

<sup>3</sup> Grenzwerte ergeben sich durch die verwendete Folie (Siegschicht); konstante Belastung: ≤ 80°C (176°F); kurzzeitig mit 120°C (248°F): circa 30 Minuten.

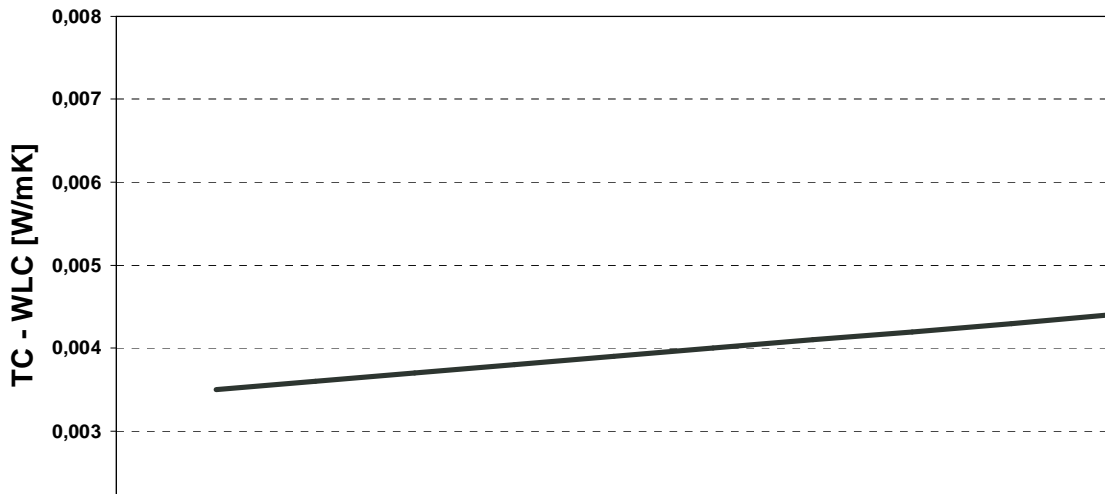
Diese Angaben stellen Richtwerte dar und sind nicht zur Erstellung von Spezifikationen bestimmt.

### Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit zum Innendruck ( DIN 52612 )

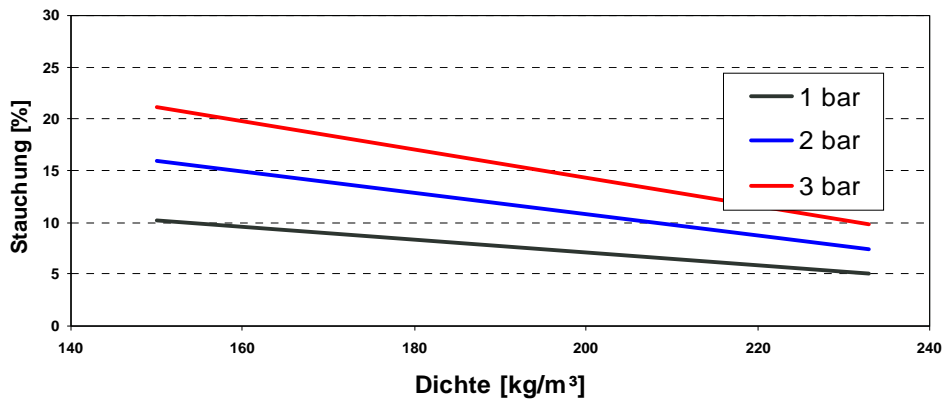


gas pressure p <sub>gas</sub> [ hPa ]	U- Wert [ W/(m <sup>2</sup> K) ]	I [ 10 <sup>-3</sup> W/(mK) ]
< 10 <sup>-3</sup>	0.187	3.63
0.1	0.188	3.66
1.0	0.193	3.75
10	0.219	4.25
150	0.448	8.70
1000	0.943	18.30

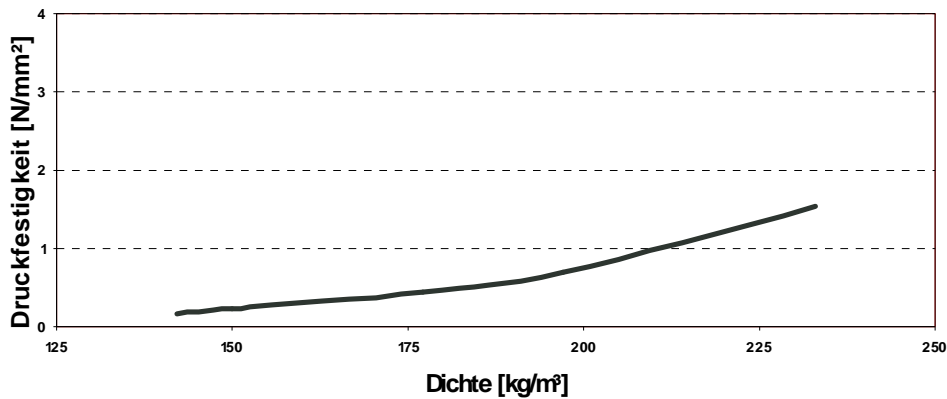
**Wärmeleitfähigkeit (Plattenkern) nach DIN 52612**



**Stauchungsverhalten (Plattenkern)**



**Kaltdruckfestigkeit (Plattenkern)**



## Sicherheitstechnische Hinweise

Vacupor® NT ist kein Gefahrstoff nach Richtlinie 91/155/EG.  
Bitte beachten Sie auch unser Sicherheitsdatenblatt.

Vacupor® NT setzt keine gefährlichen Zersetzungsprodukte frei und verursacht nach derzeitigem Wissensstand keine gesundheitliche Gefährdung für Mensch und Umwelt.

---

Die in diesem Merkblatt mitgeteilten Daten entsprechen dem derzeitigen Stand. Der Abnehmer ist von sorgfältigen Eingangsprüfungen im Einzelfall dadurch nicht entbunden. Änderungen der Produktkennzahlen im Rahmen des technischen Fortschritts oder durch betrieblichbedingte Weiterentwicklung behalten wir uns vor. Die in diesem Merkblatt gegebenen Empfehlungen erfordern wegen der durch uns nicht beeinflussbaren Faktoren während der Verarbeitung, insbesondere bei der Verwendung von Rohstoffen Dritter, eigene Prüfungen und Versuche. Unsere Empfehlungen entbinden nicht von der Verpflichtung, eine evtl. Verletzung von Schutzrechten Dritter selbst zu überprüfen und gegebenenfalls zu beseitigen. Verwendungsvorschläge begründen keine Zusicherung der Eignung für den empfohlenen Einsatzzweck.



und Vacupor® sind eingetragene  
Marken der Porextherm GmbH.

Version 1.03 vom 12-07-05

Alle technischen, die Qualität und  
Produktsicherheit betreffenden  
Fragen richten Sie bitte an:

Porextherm Dämmstoffe GmbH  
Heisinger Strasse 8  
D-87437 Kempten

[www.porextherm.com](http://www.porextherm.com)  
[info@porextherm.com](mailto:info@porextherm.com)



DIN EN ISO 9001:2000  
Zertifikat: 01 100 030449



## Kennzeichen

va-Q-vip ist eine evakuierte Dämmplatte mit sehr geringer Wärmeleitfähigkeit. Der Kern der Dämmplatte besteht aus einem gepressten Pulver, dessen Hauptbestandteil mikroporöse Kieselsäure ist, mit Zusätzen von Infrarottrübungsmitteln zur Minimierung des Wärmestrahlungsdurchgangs. Der Plattenkern ist nicht brennbar und in die Brandschutzklasse A2 eingestuft

Der Pulverkern wird von va-Q-tec in einem speziellen Verfahren mit einer gas- und wasserdampfdichten Kunststoffolie umhüllt, evakuiert und verschlossen. Im allgemeinen werden rechteckförmige Platten hergestellt. Andere Plattenformen sind auf Anfrage möglich. va-Q-vip-Elemente zeichnen sich aufgrund ihrer besonderen Folienfalttechnik durch glatte Kanten aus. Einzelne Elemente lassen sich daher praktisch fugenlos aneinander setzen.

## Anwendung

Überall wo mit wenig Platz sehr gut thermisch gedämmt werden soll, haben va-Q-vip-Systeme sehr gute Einsatzmöglichkeiten. Die drastische Verringerung der Dämmstärke mit va-Q-vip führt zu Dämm Lösungen, die vorher technisch nicht möglich waren, z.B. bei Fußbodenaufbauten mit sehr geringer Dämmstärke bei gleichzeitiger Erfüllung der Dämmvorschriften oder bei der Steigerung des Nutzvolumens bei Transport- und Lagerbehältern von temperaturgeführten Gütern. va-Q-vip Elemente können eingesetzt werden in Gebäuden (Dämmung von Fußböden, Dachgauben, schlanke Fassadenelemente), Logistik (Kühlboxen, Kühlzellen) und Hausgeräten (Kühl- und Gefrierschränke).

## Eigenschaften

Farbe	Folie		silbrig
äußeres Erscheinen	kein Folienüberstand, glatte Kanten *		
Dichte (Rohplatte)			170-190 kg/m <sup>3</sup>
Wärmeleitfähigkeit	bei 10 °C und Dichte 184 kg/m <sup>3</sup> Gasdruck < 5 mbar	DIN 52612	0,0042 W/(m*K)
Temperaturbeständigkeit	bedingt durch die Folie		-70 °C ... +80 °C
Feuchtenbeständigkeit	rel. Feuchte bei Raumtemperatur		0% ... 60 %
rechnerischer Anstieg des Gasdrucks	bei Raumtemperatur und 20 mm Stärke	je nach Folie	1... 2 mbar/Jahr
Innendruck	bei Auslieferung		0,5 ... 3 mbar
spez. Wärmekapazität Pulverplatte	bei Raumtemperatur		0,8 kJ/kg*K
maximale Plattenabmessungen	Länge Breite Stärke		1200 mm 1000 mm 40 mm
Längentoleranzen	0 bis 500 mm 501 bis 1000mm		+ 2 / - 4 mm + 2 / - 5 mm
Stärkentoleranzen (ohne Siegelnaht)			+/- 1 mm

U-Wert	bei 20 mm Stärke		0,25 W/(m <sup>2</sup> K)
Flächengewicht	bei 20 mm Stärke und U-Wert 0,25 W/(m <sup>2</sup> K)		4 kg/m <sup>2</sup>
Druckbelastbarkeit	10% Stauchung		ca. 160 kPa
Temperaturwechselbeständigkeit	unempfindlich gegen Wärme- und Kälteschocks im angegebenen Temperaturbereich		

\* bei 10 mm und 15 mm starken Paneelen liegt ein Teil der Randlasche auf der Paneelfläche  
Alle Angaben stellen Richtwerte dar und sind nicht zur Erstellung von Spezifikationen bestimmt.

### Zusatzausstattung

Wie alle Vakuumisulationspaneele der va-Q-tec AG enthält auch va-Q-vip zur Qualitätskontrolle das va-Q-check Sensorsystem. Dies ist durch einen runden Abdruck an einer Stelle der VIP Oberfläche zu erkennen.

### Qualitätskontrolle

Alle Vakuumisulationspaneele der va-Q-tec AG werden vor Auslieferung einzeln auf Ihren Innengasdruck überprüft. Auf Wunsch kann ein entsprechendes Testprotokoll mit den Seriennummern der VIP und den dazugehörigen Gasdrucken als Ausdruck oder File angefordert werden.

### Lagerbeständigkeit

va-Q-vip-Elemente sind unter geeigneten Bedingungen (relative Luftfeuchtigkeit und niedrige Temperaturen) mehrere Jahre lagerfähig. Um eine maximale Einsatzdauer der Vakuumpaneele in der jeweiligen Anwendung zu ermöglichen, sollten va-Q-vip-Elemente sorgfältig und zügig in die jeweilige Anwendung verbaut werden. Bitte besprechen Sie Ihre Anforderungen mit der va-Q-tec.

### Anwendungseinschränkungen

Die Kunststoffolie der va-Q-vip darf nicht durch Bohren, Schneiden, Fräsen, Nageln, Stoßen an scharfen Kanten oder rauchen Flächen etc. beschädigt werden, da sich die Paneele dadurch belüften. Die Folienumhüllung muss stets ungeöffnet und unbeschädigt bleiben, um die Funktion des VIP zu gewährleisten. Die Wärmeleitfähigkeit im belüfteten Zustand beträgt ca. 0,020 W/mK. Die Verträglichkeit der Kunststoffolie mit Klebesystemen ist vor der Anwendung zu prüfen. Keine alkalischen wasserhaltigen Kleber verwenden.

### Chemische Analyse Pulverkern laut Hersteller

Siliziumdioxid	SiO <sub>2</sub>	ca. 80 %
Siliziumcarbid	SiC	ca. 15 %
andere		ca. 5%

Der gepresste Pulverkern der va-Q-vip ist mit einem Polyester-Vlies umhüllt.

**Folienaufbau (Beispiel, prinzipiell):**

Siegelschicht (innenliegend): PE, ca. 40 µm

Metallbedampfung: Al, ca. 0,04 µm

Außenschicht: PET, ca. 60 µm

Zur Verbindung mit anderen Materialien ist bei den va-Q-vip die außenliegende PET-Schicht maßgebend.

**Verarbeitung**

Bitte beachten Sie auch die Verarbeitungshinweise, die dem Produkt beiliegen. Bitte besprechen Sie Ihre Anwendungen mit der va-Q-tec AG

**Sicherheitstechnischer Hinweis**

Laut Hersteller ist der Pulverkern kein Gefahrstoff nach Richtlinie 91/155/EEC. Er setzt keine gefährlichen Zersetzungsprodukte frei und verursacht nach derzeitigem Wissensstand keine gesundheitliche Gefährdung beim Menschen. va-Q-vip Paneele sollten nicht geöffnet werden.

**Lieferformen:**

1. Standardstärke: 10 mm, 15 mm, 20 mm, 25 mm, 30 mm, 40 mm
2. Standardgrößen: 1000 mm x 600 mm,
3. Sonderformate auf Anfrage möglich

Die in diesem Merkblatt mitgeteilten Daten entsprechen dem derzeitigen Stand. Änderungen der Produktkennzahlen sind vorbehalten. Die angegebenen Empfehlungen erfordern wegen der durch uns nicht beeinflussbaren Faktoren während der Verarbeitung eigene Prüfungen und Versuche. Verwendungsvorschläge begründen keine Zusicherung der Eignung für den empfohlenen Einsatzzweck. Stand 06/2006

# Vacucomp

## Hochleistungswärmedämmung

Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  Rechenwert **0.008 W/(mK)**

0.008 W/(mK) ist der derzeit angenommene Rechenwert bei 1 mbar Vakuum. Rand- und Fugenverluste sowie Folienqualität (Permeation) sind darin, im Gegensatz zum gemessenen Wert von 0.005 W/(mK), miteingerechnet. Der Rechenwert entspricht einem Plattenformat von > 600 x 500 mm. Bei abweichenden Formaten müssen auf Grund des variierenden Fugenanteils, Wertabgleichungen vorgenommen werden. Die aufgeführten Angaben basieren auf Forschungs- und Messuntersuchungen verschiedener Prüfinstitute wie z.B. der EMPA (Stand Januar 2004).

### Produktdaten

#### Vacucomp Platte

Wärmeleitfähigkeit $\lambda$	Messwert	0,005 W/(mK)
$\mu$ - Wert:		5'000'000
$S_D$ - Wert:		1'000 m
Rohdichte		180 - 220 kg/m <sup>3</sup>
Druckspannung bei 10% Stauchung		100 kPa
Brandkennziffer VKF		In Prüfung
Maximale Anwendungstemperatur:		80°C

#### Bautenschutzmatte

Wärmeleitfähigkeit $\lambda$		0,14 W/(mK)
Wasserdampfdurchlässigkeit		Dampfdurchlässig
Reissfestigkeit		>0.40 (N/mm <sup>2</sup> )
Rohdichte		850 kg/m <sup>3</sup>
Längenausdehnungskoeffizient		23.1 10 <sup>-5</sup> /°C +3,4%
Baustoffklasse (DIN 4102)		B2
Maximale Anwendungstemperatur:		-30°C bis +80°C

#### Stärken Vacucomp S, P1, P2

Dicke mm	Dicke mm	Dicke mm	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)
S	P1	P2	
15	18	21	0,42
20	23	26	0,33
25	28	31	0,27
30	33	36	0,23

Weitere Stärken auf Anfrage

#### Standardformate Vacucomp S, P1, P2

Format mm
S, P1, P2
1200 x 1000
1000 x 600
1200 x 500
600 x 500

Sonderformate auf Anfrage

Die deklarierten Produkteigenschaften entsprechen dem aktuellen Stand der Technik, Stand Januar 2004. Alterungseigenschaften und Lebensdauer der Platten sind Gegenstand umfangreicher internationaler Forschungsarbeiten. Es liegen daher noch keine genauen Kenntnisse vor, welche verbindlichen Aufschluss über das Langzeitverhalten der Platten geben würden.

### Anwendung

Die Anwendung von Vacucomp bedarf gewisser Erfahrung und Beachtung der Verarbeitungshinweise. ZZ Wancor unterstützt den sachgemässen Einsatz durch Beratung und entsprechende Planungsunterlagen. Es wird davon ausgegangen, dass sich Anwender vor der Applikation der Platten mit ZZ Wancor in Verbindung setzen und Pläne für eine massgenaue Bestellung zur Verfügung stellen. Sollte die Anwendung unsachgemäss und ohne Miteinbezug von ZZ Wancor erfolgen, lehnen wir jegliche Haftung ab.

### Lagerung

Die Platten sind vor Witterungs- und mechanischen Einflüssen geschützt zu lagern und trocken einzubauen. Um allfällige Schäden zu verhindern liefert ZZ Wancor die Platten eingepackt in Luftkissenfolie.

### Verarbeitungshinweise

Bei der Verarbeitung ist darauf zu achten, dass die Folie nicht beschädigt wird. Das Bearbeiten durch Sägen, Schneiden, Bohren oder ähnliches ist nicht zulässig und führt zum Verlust des Vakuums. Generell ist eine erhöhte Vorsicht im Umgang mit den Dämmplatten geboten und im Zweifelsfall der Kontakt mit unseren Spezialisten empfohlen. Es gelten die allgemeinen Verkaufs- und Lieferbedingungen der ZZ Wancor.

### Lieferfrist

ca. 2-4 Wochen

# POROTHERM 25-38 Objekt PLAN

Der POROTHERM 25-38 Objekt Plan mit mörtelloser Nut- und Feder Stoßfugenverbindung eignet sich für 25 cm dicke tragende Innenwände und für den mehrschaligen Mauerwerksbau. Der POROTHERM 25-38 Objekt Plan stellt die ideale Ergänzung zum POROTHERM 38 Plan - Außenwandziegel dar.

## PRODUKTINFORMATION

Ziegelformat (B x L x H):	25/37,5/24,9 cm
Stückmasse:	22,0 kg
Ziegelfestigkeitsklasse:	15* N/mm <sup>2</sup>
Ziegelbedarf:	10,5 Stk/m <sup>2</sup>
Rechn. Mörtelbedarf:	2,5 l/m <sup>2</sup>
Rechn. flächenbezogene Masse (unverputzt) bei Mörtelart: Dünnbettmörtel	235 kg/m <sup>2</sup>

Form- / Ergänzungssteine: [1/1 HA]

\* auch höhere Druckfestigkeiten in einzelnen Werken unter Berücksichtigung eventuell höherer Transportkosten lieferbar



### AUSSCHREIBUNGSTEXT

09 W1 01  
Mauerwerk (Mwk.) aus keramischen Hochlochziegeln (Hochlochzieg.) mit planparallel geschliffenen Lagerflächen, versetzt mit Dünnbettmörtel (Dünnb.), Lagerfuge 1 mm dick.

09 W1 01 M Mwk.Hochlochzieg.Plan  
Dünnb.25cm 1,06W/m<sup>2</sup>K  
25 cm dick,  
Ziegelformat: 25 x 37,5 x 24,9 cm,  
U-Wert: 1,06 W/m<sup>2</sup>K,  
Brutto-Trockendichte: 942 kg/m<sup>3</sup>,  
Druckfestigkeit: 15 N/mm<sup>2</sup>,  
R unverputzt: 0,77 m<sup>2</sup>K/W,  
z.B. WIENERBERGER POROTHERM 25-38  
OBKEKT PLAN mit POROTHERM-  
DÜNNBETTMÖRTEL oder Gleichwertiges.  
Angebotenes Erzeugnis: ....

## WÄRMESCHUTZ

Verarbeitung / Aufbau		Wärmeleitfähigkeit (Rechenwert) λ <sub>R</sub> [W/mK]	Wärmedurchlasswiderstand R [m <sup>2</sup> K/W]	Wärmedurchgangskoeffizient U [W/m <sup>2</sup> K]
Dünnbettmörtel	unverputzt	0,324	0,77	1,06 (0,97)**
ISO-Mörtel		—	—	—
Leca-Mörtel		—	—	—
KZ-Mörtel		—	—	—
WDVS 8 cm	Innenputz: 1,5 cm Kalk-Gipsputz (λ = 0,6 W/mK) WDVS (λ = 0,04)	—	—	0,34
WDVS 10 cm		—	—	0,29
—		—	—	—

Attest: RO 2002.Z.008

\*\* Wert in Klammer für Innenwand

## SCHALLSCHUTZ

Verarbeitung / Aufbau	Bewertetes Schalldämmmaß [dB]
DBM; 1,5 cm KZM-Putz / Fugenglattstrich	51
DBM; 1,5 cm KZM-Putz / 8 cm EPS-F	48
DBM; 1,5 cm Gipsputz / 10, 16 oder 20 cm EPS-F	47
DBM; 1,5 cm Gipsputz / 10 cm EPS-FS	52
DBM; 1,5 cm Gipsputz / 16 oder 20 cm EPS-FS	53

Attest: MA39 VFA

## BRANDSCHUTZ

Brennbarkeitsklasse (lt. ÖNORM B 3800-1): A - nicht brennbar  
Brandwiderstandsklasse (lt. ÖNORM B 3800-2 und B 3800-4): F90

## SONSTIGE BAUPHYSIKALISCHE WERTE

Spezifische Wärmekapazität bei mittleren Bauverhältnissen  
Ziegelmauerwerk unverputzt: c = 0,92 kJ/kgK  
Wasserdampfdiffusionswiderstandsfaktor (unverputzte Wand): μ = 5/10

### ZIEGELQUALITÄT

Wienerberger-Ziegel entsprechen den Anforderungen der ÖNORM EN 771-1 und unterliegen einer werkseigenen Produktionskontrolle. Diese Qualitätskontrollen sichern Ihnen ausgezeichnete Produkteigenschaften bei fachgerechter Verarbeitung. In Abhängigkeit vom Rohstoff Ton kann die Farbe der Ziegel unterschiedlich sein.

Bitte beachten Sie unsere Wienerberger Verarbeitungshinweise POROTHERM Ziegelbausystem.

Änderungen bleiben dem technischen Fortschritt vorbehalten. Verarbeitungshinweise verstehen sich als unverbindliche Empfehlung; sie beruhen auf unserem derzeitigen Wissensstand. Mit diesem Merkblatt verlieren alle vorausgegangenen ihre Gültigkeit.

# purenit – der wirtschaftliche und wandlungsfähige Konstruktionswerkstoff.

8

industrie

## Wenn Vielseitigkeit gefragt ist.

Mit purenit steht ein neuartiger Konstruktionswerkstoff zur Verfügung, der durch Vielseitigkeit und werkstoffspezifische Eigenschaften voll überzeugt. Wo Holz oder Holzspan-Werkstoffe an ihre Grenzen stoßen, behauptet sich purenit mit überragenden Eigenschaften:

- Feuchtigkeitsstabil (praktisch keine Dickenquellung)
- hart und mechanisch hoch belastbar
- temperaturbeständig
- schraubbar
- wärmedämmend
- sehr leicht
- haft- und klebefreundlich
- chemikalienbeständig
- verarbeitungsfreundlich
- wirtschaftlich



## Einfach eine Klasse für sich.

purenit ist ein Konstruktionsdämmstoff auf FCKW- und HFCKW-frei hergestellter PUR-Hartschaumbasis. Je nach Typ weist purenit eine Rohdichte von ca. 400 bis 700 kg/m<sup>3</sup> auf. Somit verursacht das Material nur sehr geringe Gewichtsbelastungen und ist aufgrund seiner homogenen Struktur, seiner Dichte und Rohstoffbasis eine echte Alternative zu Produkten auf Holzbasis. purenit ist ausgesprochen klebefreundlich und kann mit den unterschiedlichsten Deckschichten kaschiered werden. Selbst bei dauernder Feuchteinwirkung entsteht praktisch keine Dickenquellung, zudem ist purenit außerordentlich hart und mechanisch hoch belastbar.

Und ganz wichtig: purenit ist ein echtes Recyclingprodukt, hergestellt aus PUR-Reststoffen!



*Leistungsfähig, vielseitig, umweltfreundlich und enorm belastbar: purenit von puren setzt als Konstruktionswerkstoff eigene Maßstäbe.*







## Einsatz:

- Profile oder Leisten
- Einleimer in Nass- und Feuchträumen, Fassaden
- Bad- und Schiffsmöbelbau
- Küchenarbeitsplatten, Sandwichelemente

## Werkstoff:

Konstruktionswerkstoff mit hohem Wärmedämmwert auf FCKW und HFCKW-freier Polyurethan (PUR/PIR)-Hartschaumbasis, veredeltes Recyclingprodukt mit allen Holzbearbeitungsmaschinen bearbeitbar, recycelbar, unkaschiert

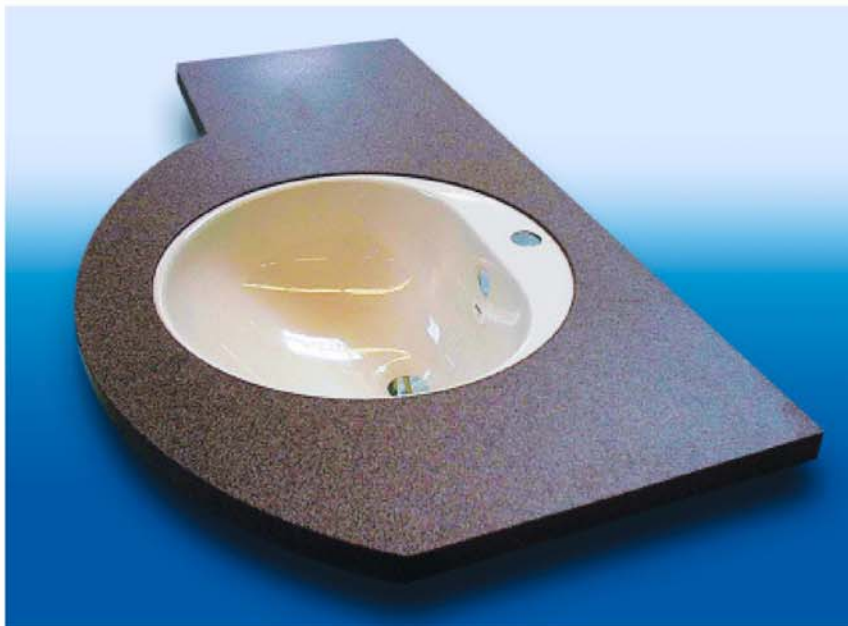
## Format:

Stärken: ab 6 mm  
Standard: 2000 x 1200 mm  
andere Formate auf Anfrage

## Vorteile:

- Brandverhalten: B2, nicht abtropfend DIN 4102
- Wärmeleitfähigkeit:  
 $\lambda = 0,06-0,10 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- einsetzbar im Temperaturbereich:  
 $-50^\circ \text{ C bis } +100^\circ \text{ C}$
- Rohdichte: 400 bis 700  $\text{kg/m}^3$
- Druckspannung bei 10 % Stauchung nach DIN EN 826: 1,5 bis 8 MPa
- Alterungsbeständigkeit: fäulnisbeständig und unverrottbar
- Beständigkeit: gegenüber den meisten am Bau üblichen Materialien
- kaschier- und beschichtbar: mit unterschiedlichsten Deckschichten

Biologisch und bauökologisch unbedenklich, feuchtigkeitsstabil, hart und mechanisch hoch belastbar.



Was denkbar ist, ist möglich: purenit kann mit allen Deckschichten kaschiert werden. Z. B. Küchenarbeitsplatten haben oft einen Kern aus purenit.

# Baunit SchlagDübel NT U



**Produkt** Schlagdübel mit Stahlnagel zur zusätzlichen mechanischen Befestigung von Dämmplatten in Wärmedämmverbundsystemen. Geprüft nach ÖNORM B 6124, ETAG 014 sowie ETAG 004 im System. Geeignet für Hohl- und Vollbaustoffe.

**Technische Daten**

Europäische Technische Zulassung: ETA-05/0009

Dübeldurchmesser: 8 mm  
 Tellerdurchmesser: 60 mm  
 Mindestbohrlochtiefe: 35 mm  
 Mindestverankerungstiefe h: 25 mm im tragendem Untergrund<sup>1)</sup>  
 Wärmebrückeneinfluss ( $\kappa_p$ -Wert): < 0,002 W/K pro Dübel  
 Nutzungskategorien: A, B, C  
 Werkstoff: Dübelhülse: Polyäthylen  
 Nagel: Stahl, galvanisch verzinkt

1) Bei Mantelbeton Verankerung im Kernbeton.

**Gebrauchslast-  
klasse je Dübel**

Vollziegel	Normalbeton	Hochlochziegel
0,20 kN	0,20 kN	0,20 kN

**Dübellänge**

Dämmstoffdicke [mm]	Dübellänge [mm]	
	Neubau <sup>1)</sup>	Altbau <sup>2)</sup>
80	115	135
100	135	155
120	155	175
140	175	195
160	195	215
180	215	

<sup>1)</sup> 10 mm Kleberdicke

<sup>2)</sup> 10 mm Kleberdicke + 20 mm Altputz

**Lieferform**

Karton 100 Stk.

**Bohren der  
Dübellöcher**

Erst nach ausreichender Erhärtung des Klebers mit dem Bohren, im Bereich des Klebebettes, beginnen. Der Durchmesser des Bohrers muss dem Nenndurchmesser des Dübelschaftes entsprechen. Schlagbohrereinrichtung oder Bohrhammer nur bei Normalbeton und Vollziegel verwenden. Mineralwolleplatten (MW-PT) sind mit stillstehendem Bohrer zu durchstoßen. Anordnung der Bohrlöcher ohne Beschädigung der Bewehrung.

Anschlagtiefe für Bohrtiefe einstellen = Dübellänge + 10 bis 15 mm.



**Setzen der Dübel**

Die Auswahl, die Anzahl und die Anordnung der Dübel hat nach den ÖNORMEN B 6400 bzw. B 6410 zu erfolgen. Vor dem Setzen des Dübels ist zu prüfen, ob der Verankerungsgrund, in den der Dübel gesetzt werden soll, den charakteristischen Tragfähigkeiten entspricht.

Die Dübel dürfen erst gesetzt werden, wenn der Kleber erhärtet ist. Die Dübel sind oberflächenbündig anzubringen. Die Dübel sind auf festen Sitz zu prüfen.

Gestauchte oder nicht festsitzende Dübel sind zu entfernen. Daneben ist ein neuer zu setzen. Die entstanden Löcher sind mit gleichem Dämmstoff auszustopfen.

**Hinweise und Allgemeines**

Setzen des Dübels bei einer Untergrundtemperatur  $\geq 0^\circ \text{C}$ .

spo

**Unsere anwendungstechnischen Empfehlungen in Wort und Schrift, die wir zur Unterstützung des Käufers/Verarbeiters aufgrund unserer Erfahrungen, entsprechend dem derzeitigen Erkenntnisstand in Wissenschaft und Praxis geben, sind unverbindlich und begründen kein vertragliches Rechtsverhältnis und keine Nebenverpflichtungen aus dem Kaufvertrag. Sie entbinden den Käufer nicht davon, unsere Produkte auf ihre Eignung für den vorgesehenen Verwendungszweck selbst zu prüfen.**

# Baunit

## FassadenDämmplatte EPS-F



<b>Produkt</b>	Wärmedämmplatten aus blockgeschäumten und expandierten Polystyrol-Partikelschaumstoff für das Baunit WärmedämmverbundSystem EPS. Geprüft nach EN 13163, sowie ETAG 004.	
<b>Zusammensetzung</b>	Expandiertes Polystyrolgranulat	
<b>Eigenschaften</b>	Weiße Dämmplatte aus Polystyrol mit sehr guten Wärmedämmeigenschaften. Maßgenau, form- und alterungsbeständig, schwindfrei, schwerbrennbar. Frei von (FCKWs), HFCKWs bzw. HFKWs.	
<b>Anwendung</b>	Für Neu- und Altbauten bis zur Hochhausgrenze. Im Sockelbereich empfehlen wir die Anwendung von Baunit SockelDämmplatte XPS.	
<b>Technische Daten</b>	Produktart:	EPS-F gemäß ÖNORM B 6000
	Designation-Code:	EPS-EN 13163-L1-W2-T2-S2-P4-DS(N)2-DS(70,-)1-TR150-BS100
	Rohdichte:	ca. 15 - 18 kg/m <sup>3</sup>
	Querzugfestigkeit:	≥ 150 kPa
	Wärmeleitzahl $\lambda_D$ :	0,040 W/mK
	Dampfdiffusionswiderstandszahl $\mu$ :	ca. 60
	Plattenformat:	100 x 50 cm
	Brandverhalten:	E (Euroklasse) gem. EN 13501-1 B1, Q3, Tr1 gem. ÖNORM B 3800-1
<b>Einstufung lt. Chemikaliengesetz</b>	Nicht kennzeichnungspflichtig.	
<b>Lagerung</b>	Trocken lagern, vor UV-Einstrahlung (Sonne), Feuchtigkeit und mechanischer Beschädigung schützen.	
<b>Qualitätssicherung</b>	Eigenüberwachung durch das Herstellerwerk, Fremdüberwachung durch akkreditierte Prüfanstalten.	
<b>Lieferform</b>	Foliert im Paket.	

Dicke <sup>*)</sup> [mm]	50	60	80	100	120	140	160	180	200
Stück/Paket	10	8	6	5	4	3	3	3	2
m <sup>2</sup> /Paket	5,0	4,0	3,0	2,5	2,0	1,5	1,5	1,5	1,0

\*) Auf Anfrage Lieferdicken bis 400 mm erhältlich.

<b>Untergrund</b>	Der Untergrund muss sauber, trocken, frostfrei, staubfrei, nicht wasserabweisend frei von Ausblühungen, tragfähig und frei von losen Teilen sein. Die Prüfung des Untergrundes hat nach den ÖNORMEN B 2259, B 3346 und B 6410 zu erfolgen. Die Ebenheit der Wand hat der ÖNORM DIN 18202 zu entsprechen.
-------------------	--

## Verarbeitung

**Sockel- und Spritzwasserbereich:** Der untere Abschluss der Fassade ist dicht zum Untergrund abzuschließen. Im Spritzwasserbereich (mind. 30 cm hoch) und unter der Geländeoberkante sind Bauplatten mit SockelDämmplatten XPS zu verwenden. Wird der Abschluss mit einem Sockelprofil hergestellt, ist ein Profil ohne Lochung des horizontalen Schenkels zu verwenden (Bauplatten mit SockelProfil). Das Sockelprofil ist nur über der Geländeoberkante auszuführen.

**Sockelausbildung mit Bauplatten SockelProfil:** Die Befestigung des Bauplatten SockelProfils erfolgt im Abstand von ca. 30 cm mit Dübel (z.B. Bauplatten SockelprofilDübel). Bei Wandunebenheiten ist das Sockelprofil zu unterfüllen (z.B. Bauplatten SockelprofilDistanzstücke). Die Profilstöße sind zu verbinden (z.B. Bauplatten SockelprofilVerbinder). Zusätzlich kann das Sockelprofil mit Bauplatten KantenFix verklebt werden. Für die Ausbildung der Gebäudekanten empfiehlt sich die Verwendung des Bauplatten SockelEckprofils.

**Dämmplattenverlegung:** Grundsätzlich sind nur ganze Dämmplatten von unten nach oben satt aneinander gestoßen und „voll auf Fuge“ im Verband zu verlegen. Die Verwendung von Reststücken (Mindestbreite 15 cm) ist zulässig, sie dürfen nur vereinzelt über die Fläche verteilt werden, jedoch nicht an Gebäudeecken. Auf planebene und fugenfreie Verlegung der Dämmplatten ist zu achten. In die Plattenstöße darf kein Kleber gelangen. Plattenstöße dürfen nicht in die Kanten von Öffnungen (z.B. Fenster- und Türöffnungen) übergehen. Die Ausbildung der Gebäudekanten erfolgt verzahnt in Plattenbreite. Hier dürfen nur ganze und halbe Platten eingesetzt werden.

**Kleberauftrag:** Der Klebeauftrag erfolgt mittels der Rand-Wulst-Punkt-Methode. Die Menge an aufgetragenem Kleber ist so zu wählen, dass sich unter Berücksichtigung der Untergrundtoleranzen und der Schichtdicke des Klebers (ca. 1 bis 2 cm) eine Kontaktfläche mit dem Untergrund von mind. 40% ergibt. Am Rand der Platte wird umlaufend ein ca. 5 cm breiter Streifen und in der Mitte der Platte werden drei etwa Handteller große Klebepunkte aufgetragen. Unebenheiten bis 10 mm können im Klebett ausgeglichen werden.

Ergänzend zu den zitierten Normen, ist die Bauplatten Verarbeitungsanleitung für Wärmedämmverbundsysteme in der jeweils gültigen Fassung zu beachten!

## Hinweise und Allgemeines

Die Luft-, Material- und Untergrundtemperatur muss während der Verarbeitung und des Abbindevorganges mind. +5°C betragen. Fassade vor direkter Sonneneinstrahlung, Regen oder starkem Wind schützen (z.B. mittels Gerüstschutznetz). Hohe Luftfeuchtigkeit und tiefe Temperaturen können die Trocknungszeit deutlich verlängern. Auf Fassadenplatten, die länger als 2 Wochen der UV-Strahlung ausgesetzt waren (vergilbte Platten), darf nicht gespachtelt werden; ein neuerliches Überschleifen und Entstauben ist erforderlich.

**Kleber:**

- Bauplatten KlebeSpachtel
- Bauplatten KlebeSpachtel Spritzbar
- Bauplatten DickschichtKlebespachtel
- Bauplatten DispersionsKleber

**Unterputzmörtel:**

- Bauplatten KlebeSpachtel
- Bauplatten KlebeSpachtel Spritzbar
- Bauplatten DickschichtKlebespachtel
- Bauplatten SpachtelMasse Zementfrei

cpo

Unsere anwendungstechnischen Empfehlungen in Wort und Schrift, die wir zur Unterstützung des Käufers/Verarbeiters aufgrund unserer Erfahrungen, entsprechend dem derzeitigen Erkenntnisstand in Wissenschaft und Praxis geben, sind unverbindlich und begründen kein vertragliches Rechtsverhältnis und keine Nebenverpflichtungen aus dem Kaufvertrag. Sie entbinden den Käufer nicht davon, unsere Produkte auf ihre Eignung für den vorgesehenen Verwendungszweck selbst zu prüfen.

# Baunit MPI 20



<b>Produkt</b>	Werksgemischter Kalk-/Gips- Trockenfertigmörtel für die maschinelle Verarbeitung im Innenbereich.	
<b>Zusammensetzung</b>	Kalkhydrat, Gips, Feinsande, Perlite, Zusätze	
<b>Eigenschaften</b>	Innenputz für verriebene, malerfertige Oberflächen; gute Regulierung der Luftfeuchtigkeit für ein behagliches Raumklima.	
<b>Anwendung</b>	Einlagiger Maschinenputz mit verriebener Oberfläche für Innenräume im Wohnbereich, sowie im Spritzwasserbereich (Beanspruchungsgruppen: W1, W2 und W3). Untergrundvorbehandlung bei Verfliesung gemäß ÖNORM B 2207, für Wandheizungen bis zu einer Vorlauftemperatur von max. + 40° C geeignet.	
<b>Technische Daten</b>	Größtkorn:	1 mm
	Druckfestigkeit (28d):	> 2,0 N/mm <sup>2</sup>
	Biegezugfestigkeit (28d):	> 0,8 N/mm <sup>2</sup>
	Wärmeleitfähigkeit λ :	0,6 W/mK
	μ-Wert:	ca. 10
	Trockenrohddichte:	ca. 1200 kg/m <sup>3</sup>
	Materialverbrauch:	ca. 12 kg/m <sup>2</sup> bei 10 mm Putzdicke
	Mindestputzdicke:	Wand: 10 mm Decke: 8 mm
	Max. Putzdicke:	25 mm in einem Arbeitsschritt
<b>Einstufung lt. Chemikaliengesetz</b>	Gefahrensymbol :	Xi reizend
	R-Sätze:	R 36: Reizt die Augen R 38: Reizt die Haut
	S-Sätze:	S 2: Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen S 22: Staub nicht einatmen S 24: Berührung mit der Haut vermeiden S 25: Berührung mit den Augen vermeiden S 26: Bei Berührung mit den Augen gründlich mit Wasser abspülen und Arzt konsultieren. S 28: Bei Berührung mit der Haut sofort abwaschen S 37: Geeignete Schutzhandschuhe tragen
	Der allgemeine Staubgrenzwert gemäß MAK-Werteliste von 2001 ist zu beachten. (Feinstaubkonzentration max. 6 mg/m <sup>3</sup> , Gesamtstaubkonzentration max. 15 mg/m <sup>3</sup> )	
	Im abgebundenen, erhärteten Zustand ist das Produkt unbedenklich.	
<b>Lagerung</b>	Trocken auf Holzrost 3 Monate foliert lagerfähig.	
<b>Qualitätssicherung</b>	Eigenüberwachung durch unsere Werklabors.	

<b>Lieferformen</b>	Sack 40 kg Lose im Silo
<b>Untergrund</b>	Der Untergrund muss sauber, trocken, frostfrei, staubfrei, nicht wasserabweisend, frei von Ausblühungen, tragfähig, und frei von losen Teilen sein. Die Putzgrundprüfung hat nach den Richtlinien der ÖNORM B 3346 zu erfolgen.
<b>Hinweise auf produkt-spezifische Untergründe</b>	<p>Die angeführten Hinweise gelten für normgemäß hergestelltes Mauerwerk und setzen vor allem geschlossene Fugen voraus (ggf. zeitgerecht vorher verschließen).</p> <p><b>Ziegel gebrannt (Hochlochziegel/Normalformatziegel):</b></p> <p>Bei stark bzw. ungleich saugendem Untergrund empfohlen: Baumit SaugAusgleich 1:3 mit Wasser Standzeit: mind. 12 Stunden (temperatur- und witterungsabhängig);</p> <p><b>Zementgebundene Mauersteine mit Leicht- oder Normalzuschlag und Zementgebundene Mauersteine mit integrierter Wärmedämmung:</b></p> <p>Vorbehandlung des Untergrundes nicht erforderlich, Putzarmierung nicht erforderlich.</p> <p><b>Mineralisch gebundene Holzwolle und Holzspanleichtbauplatten einschichtig &lt; 50 mm (als Mantelbeton oder mitbetoniert) und mineralisch gebundene Holzwolle und Holzspanleichtbauplatten einschichtig &gt; 50 mm, mehrschichtig, Schallschutzplatten:</b></p> <p>Wand: Eingelegte Baumit MaschinenputzArmierung (Achtung: Putzauftrag „frisch in frisch“) Decke: Baumit VorSpritzer bewehrt <sup>1)</sup>, Standzeit: mind. 21 Tage Verbrauch: ca. 20 kg/m<sup>2</sup></p> <p>1) Bewehrung: Punktgeschweißtes, verzinktes Drahtgitter 20 x 20 – 25 x 25 mm Maschenweite, Ø 1 mm.</p> <p><b>Mineralisch gebundene Holzspanmantelsteine mit und ohne integrierter Wärmedämmung:</b></p> <p>Vorbehandlung des Untergrundes nicht erforderlich, Putzarmierung nicht erforderlich.</p> <p><b>Porenbeton:</b></p> <p>Baumit SaugAusgleich 1:2 mit Wasser Standzeit: mindestens 24 Stunden (temperatur- und witterungsabhängig)</p> <p><b>Beton:</b></p> <p>Baumit Betonkontakt Standzeit: mindestens 3 Stunden (temperatur- und witterungsabhängig); Verbrauch: ca. 0,5 kg/m<sup>2</sup></p>

## Verarbeitung

Vor Putzbeginn sind, zwecks einfacher Verarbeitung, bei allen Kanten und Ecken rostfreie Kantenschutzprofile zu versetzen.

Baumit MPI 20 wird auf den ggf. vorbehandelten Untergrund mit einer geeigneten Putzmaschine raupenförmig in erforderlicher Dicke aufgebracht (mind. 10 mm, max. 25 mm je Arbeitsgang). Mit H-Kartätsche eben abziehen und nach dem Ansteifen mit der Flächenspachtel schneiden, mit Wasser gleichmäßig besprühen und anschließend mit einem Schwammbrett filzen. Nach kurzer, neuerlicher Ansteifungszeit wird die Fläche mit dem Reibbrett verrieben.

Bei erforderlicher Mehrdicke (z.B. Unebenheiten im Untergrund) ist nach einer Ansteifungszeit, je nach Untergrund (10 – 20 Minuten) „frisch in frisch“ auf die erforderliche Putzdicke aufzuputzen.

Weitere Angaben siehe Maschinenblatt!

## Hinweise und Allgemeines

Die Luft-, Material- und Untergrundtemperatur muss während der Verarbeitung und des Abbindevorganges über +5°C liegen. Bei Verwendung von Heizgeräten insbesondere Gasheizgeräten, ist auf eine gute Querbelüftung zu achten. Direkte Beheizung des Putzes ist unzulässig.

Bei gipshaltigen Putzen ist es notwendig, ein kontinuierliches, zügiges Austrocknen innerhalb der ersten 14 Tage einzuhalten, um die Bildung einer glasigen, schlecht saugenden Oberfläche zu vermeiden. Eine während der Trocknungs- und Abbindungsphase nachträgliche Be- und Durchfeuchtung des Putzes (z.B. Kondensatfeuchte, Feuchtigkeitseintrag durch Estrich etc.) ist zu unterbinden.

Für die Ebenflächigkeit ist die ÖNORM DIN 18202 anzuwenden.

Elektro- und Installationsschlitze sind vor dem Verputzen mit einem geeigneten gipshaltigen Material zu verschließen. Korrosionsgefährdete Metallteile sind dauerhaft zu schützen (z.B. Rostschutzanstrich). Beim Ein- und Anbau anderer Wandbaustoffe oder Decken (besonders bei Flachdächer, Sargdeckelkonstruktionen, Stiegenlaufuntersichten), ist vor dem Reiben ein Kellenschnitt bis zum Putzgrund auszuführen.

Zu verfliesende Flächen dürfen nicht gefilzt und verrieben werden (Ebenflächigkeit, Mindestdruckfestigkeit und Fliesenformat gemäß ÖNORM B 2207).

Vor jeder weiteren Beschichtung muss der Baumit MPI 20 vollkommen ausgetrocknet sein und in Abhängigkeit von der Folgebeschichtung entsprechend grundiert werden. Bei der Verwendung von silikatgebundenen Anstrichen sind Probeflächen anzulegen (ggf. Vorbehandlung mit Baumit SperrGrund 2x).

Betreffend der Putzoberfläche ist das Merkblatt O2 über „Putzoberfläche Herstellung, Beurteilung, Sanierung“ der ÖAP in der jeweils gültigen Fassung heranzuziehen.

### Die Baumit MaschinenputzArmierung ist wie folgt einzulegen:

- Aufspritzen von ca. zwei Drittel der gesamten Putzdicke
- Baumit MaschinenputzArmierung einlegen (mind. 25 cm über den gefährdeten Bereich hinaus und an anderen eventuellen Stößen mind. 10 cm überlappend) und vollflächig eindrücken
- Auf eine möglichst ebene Einbettung achten
- Auftragen des restlichen Putzes entsprechend der Gesamtdicke
- Sind größere Wandflächen zu armieren, dürfen maximal Flächen von 20 m<sup>2</sup> in einem Arbeitsgang geputzt werden (auf Absteifungsbeginn achten!); größere Flächen sind entsprechend zu unterteilen, um ein „frisch in frisch“ – Arbeiten zu gewährleisten
- Eine Flächenarmierung kann die Rissbildung nicht mit Sicherheit verhindern, wohl aber das Risiko absenken

**An Decken ist grundsätzlich kein eingelegtes Textilglasgitter auszuführen**, ausgenommen sind Kleinflächen (z.B. Randzonen, Übergänge).

Zu beachten sind auch die Verarbeitungsrichtlinien für Werkputzmörtel der österreichischen Arbeitsgemeinschaft Putz in der jeweils letztgültigen Fassung!

Für Silobaustellen erforderliche Anschlüsse:

- Strom: 380 Volt, 25 Ampere, träge abgesichert
- Wasser: mindestens 3 bar, Anschluss  $\frac{3}{4}$  Zoll
- Zufahrt: muss für Schwer-LKW befahrbar und ständig frei sein
- Siloauffstellfläche: mindestens 3 x 3 m, auf tragfähigem Boden

Maße und Gewichtsangaben unserer Silos und Aufstellfahrzeuge sind dem Siloblatt zu entnehmen.

---

Unsere anwendungstechnischen Empfehlungen in Wort und Schrift, die wir zur Unterstützung des Käufers/Verarbeiters aufgrund unserer Erfahrungen, entsprechend dem derzeitigen Erkenntnisstand in Wissenschaft und Praxis geben, sind unverbindlich und begründen kein vertragliches Rechtsverhältnis und keine Nebenverpflichtungen aus dem Kaufvertrag. Sie entbinden den Käufer nicht davon, unsere Produkte auf ihre Eignung für den vorgesehenen Verwendungszweck selbst zu prüfen.

# Baunit KlebeSpachtel

## Baunit KlebeSpachtel Spritzbar



<b>Produkt</b>	Werkgemischter, mineralischer Pulverkleber und Unterputzmörtel (Spachtelmasse) für das Baunit WärmedämmverbundSystem EPS. Geprüft nach ETAG 004 im System.	
<b>Zusammensetzung</b>	Zement, organische Haftvermittler, Sande, Zusätze.	
<b>Eigenschaften</b>	Kleber und Unterputzmörtel für außen und innen mit hoher Klebekraft. Wasseraufnahmemehmend und gut verarbeitbar.	
<b>Anwendung</b>	Zum Kleben und Bewehren von Baunit FassadenDämmplatten EPS-F, Baunit FassadenDämmplatten EPS-F plus und Baunit SockelDämmplatten XPS, sowie zum Überspachteln von ebenen, tragfähigen Putz- und Betonoberflächen. Für die maschinelle Verarbeitung mittels geeigneter Putzmaschine empfehlen wir Baunit KlebeSpachtel Spritzbar	
<b>Technische Daten</b>	Größtkorn:	0,6 mm
	Trockenrohichte:	ca. 1400 kg/m <sup>3</sup>
	Wärmeleitzahl $\lambda$ :	ca. 0,8 W/mK
	Dampfdiffusionswiderstandszahl $\mu$ :	ca. 50
	$s_d$ -Wert:	0,15 m (bei 3 mm Schichtdicke)
	Wasserbedarf:	ca. 6-7 l/Sack
	Mindestschichtdicke:	2-3 mm
	Verbrauch:	Kleben: ca. 4,0-5,0 kg/m <sup>2</sup> Spachteln: ca. 3,5-4,5 kg/m <sup>2</sup>
<b>Einstufung lt. Chemikaliengesetz</b>	Gefahrensymbol: Xi reizend	
	R-Sätze:	R 36: Reizt die Augen R 38 Reizt die Haut R 43: Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich
	S-Sätze:	S 2: Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen S 24: Berührung mit der Haut vermeiden S 25: Berührung mit den Augen vermeiden S 26: Bei Berührung mit den Augen gründlich mit Wasser abspülen und Arzt konsultieren. S 27: Beschmutzte, getränkte Kleidung sofort ausziehen S 28: Bei Berührung mit der Haut sofort abwaschen S 37: Geeignete Schutzhandschuhe tragen
	Der allgemeine Staubgrenzwert gemäß MAK-Werteliste von 2001 ist zu beachten. (Feinstaubkonzentration max. 6 mg/m <sup>3</sup> , Gesamtstaubkonzentration max. 15 mg/m <sup>3</sup> ) Im abgeordneten, erhärteten Zustand ist das Produkt unbedenklich.	
<b>Lagerung</b>	Trocken auf Holzrost 12 Monate foliiert lagerfähig.	
<b>Qualitätssicherung</b>	Eigenüberwachung durch unsere Werklabors. Fremdüberwachung der laufenden Produktionskontrolle durch eine notifizierte Stelle.	



<b>Lieferform</b>	25 kg Säcke Lose im Silo
<b>Untergrund</b>	Der Untergrund muss sauber, trocken, frostfrei, staubfrei, nicht wasserabweisend, frei von Ausblühungen, tragfähig und frei von losen Teilen sein. Die Prüfung des Untergrundes hat nach den ÖNORMEN B 2259, B 3346 und B 6410 zu erfolgen. Die Ebenheit der Wand hat der ÖNORM DIN 18202 zu entsprechen.
<b>Verarbeitung</b>	<b>Anmischen:</b> Pulverkleber in reines Wasser einstreuen und mit einem geeigneten Rührwerk durchmischen bis eine klumpenfreie Masse entsteht (im Durchlaufmischer konstante Wasserzugabe; ein Nachmischen mittels Rührwerk ist erforderlich). Etwa 5 Minuten rasten lassen und nochmals durchrühren. Verarbeitungszeit: ca. 1,5 Stunden. Bereits angesteiftes Material darf keines Falls mit Wasser wieder „gängig“ gemacht werden. Jede Beigabe von Zusatzmittel (z.B. Frostschutz, Schnellbinder) ist unzulässig.

#### **Baumit WärmedämmverbundSystem EPS:**

**Kleberauftrag:** Der Klebeauftrag erfolgt mittels der Rand-Wulst-Punkt-Methode. Die Menge an aufgetragenem Kleber ist so zu wählen, dass sich unter Berücksichtigung der Untergrundtoleranzen und der Schichtdicke des Klebers (ca. 1 bis 2 cm) eine Kontaktfläche mit dem Untergrund von mind. 40% ergibt. Am Rand der Platte wird umlaufend ein ca. 5 cm breiter Streifen und in der Mitte der Platte werden drei etwa Handteller große Klebepunkte aufgetragen. Unebenheiten bis 10 mm können im Klebett ausgeglichen werden.

**Dämmplattenverlegung:** Grundsätzlich sind nur ganze Dämmplatten von unten nach oben satt aneinander gestoßen und „voll auf Fuge“ im Verband zu verlegen. Die Verwendung von Reststücken (Mindestbreite 15 cm) ist zulässig, sie dürfen nur vereinzelt über die Fläche verteilt werden, jedoch nicht an Gebäudeecken. Auf planebene und fugenfreie Verlegung der Dämmplatten ist zu achten. In die Plattenstöße darf kein Kleber gelangen. Plattenstöße dürfen nicht in die Kanten von Öffnungen (z.B. Fenster- und Türöffnungen) übergehen. Die Ausbildung der Gebäudekanten erfolgt verzahnt in Plattenbreite. Hier dürfen nur ganze und halbe Platten eingesetzt werden.

**Dübelung:** Falls eine Dübelung erforderlich ist, dann kann diese bereits 24 Stunden nach der Verklebung der Dämmplatten durchgeführt werden. Siehe ÖNORMEN B 6124, B 6400 und B 6410.

Die Dübelköpfe sind vor dem Aufbringen der Flächenbewehrung mit gleichem Material zu überziehen.

**Flächenbewehrung:** Nach Abbinden des Klebers werden die Dämmplatten überschliffen und gereinigt. Danach wird Baumit KlebeSpachtel mit einer rostfreien Zahnschachtel (10 mm Zahnung) aufgezogen. In den frischen Unterputzmörtel wird das Baumit Textilglasgitter in faltenfreien, möglichst durchgehenden Bahnen mit einer mind. 10 cm breiten Überlappung eingebettet. Das Textilglasgitter muss mind. 1 mm (im Überlappungsbereich mind. 0,5 mm; max. 3 mm) mit Baumit KlebeSpachtel überdeckt sein. Das eingebettete Textilglasgitter ist „nass in nass“ mit Unterputzmörtel zu überziehen. Ein übermäßiges Glätten ist zu vermeiden. Entstandene Spachtelgrate sind nach der Trocknung abzustoßen.

Ergänzend zu den zitierten Normen, ist die Baumit Verarbeitungsanleitung für Wärmedämmverbundsysteme in der jeweils gültigen Fassung zu beachten!

**Spachtelung:**

**Auf Beton:** Untergrund gründlich reinigen und Trennmittel (z.B. Schalwachs, Schalöl) entfernen.

**Auf Kalk-/Zementputzen:** Untergrund gründlich reinigen, Risse in eigenem Arbeitsgang schließen.

**Auf Anstrichen:** Der Anstrich muss verseifungsbeständig sein, fest am Untergrund haften (Messerschnittprobe) und darf nicht kreiden.

**Hinweise und  
Allgemeines**

Die Luft-, Material- und Untergrundtemperatur muss während der Verarbeitung und des Abbindevorganges mind. +5°C betragen. Fassade vor direkter Sonneneinstrahlung, Regen oder starkem Wind schützen (z.B. mittels Gerüstschutznetz). Hohe Luftfeuchtigkeit und tiefe Temperaturen können die Trocknungszeit deutlich verlängern. Auf Fassadendämmplatten, die länger als 2 Wochen der UV-Strahlung ausgesetzt waren (vergilbte Platten), darf nicht gespachtelt werden; ein neuerliches Überschleifen und Entstauben ist erforderlich.

Vor jeder weiteren Beschichtung ist eine Standzeit von mind. 2-3 Tagen<sup>1)</sup> einzuhalten, wobei es vor allem wichtig ist, dass die Beschichtung ein einheitliches trockenes Bild ohne feuchte Stellen (dunkle Flecken auf der Fassade) ergibt.

1) Bezogen auf eine Umgebungstemperatur von +20° C und rel. Luftfeuchte ≤ 70 %. Ungünstige Klimabedingungen können die Abbindezeit verlängern.

**Endbeschichtung:**

Baumit UniversalGrund mit Baumit GranoporPutz  
Baumit UniversalGrund mit Baumit SilikatPutz  
Baumit UniversalGrund mit Baumit SilikonPutz  
Baumit UniversalGrund mit Baumit ArtlinePutz <sup>2)</sup>  
Baumit UniversalGrund mit Baumit MosaikPutz

2) Produktdatenblatt Baumit ArtlinePutz zusätzlich beachten!



## Untergrund

Der Untergrund muss sauber, trocken, frostfrei, staubfrei, nicht wasserabweisend frei von Ausblühungen, tragfähig und frei von losen Teilen sein. Die Prüfung des Untergrundes hat nach den ÖNORMEN B 2259, B 3346 und B 6410 zu erfolgen. Die Ebenheit der Wand hat der ÖNORM DIN 18202 zu entsprechen.

### Geeignet auf:

- Mineralischen Unterputzmörtel auf Wärmedämmverbundsystemen
- Kalk-/Zementputzen, Beton
- Gut haftenden Silikatanstrichen und –putzen
- Gipskartonplatten (Vorbehandlung: 2 x Baunit SperrGrund)

### Bedingt geeignet auf:

- Gipshältigen Putzen (Probefläche anlegen)

### Nicht geeignet auf:

- Kunststoffen und Harzen
- Lack- und Ölfilmern
- Leim- und Dispersionsfarben
- Kalkanstrichen

## Untergrund- vorbehandlung

- Kreidende bzw. leicht sandende Oberflächen verfestigen (z.B. Baunit PutzFestiger; Standzeit mind. 14 Tage)
- Sinterhaut mechanisch entfernen
- Schalölrückstände auf Beton mit Heißdampf oder speziellen handelsüblichen Schalölentferner entfernen
- Verschmutzte Flächen mit Baunit FassadenReiniger reinigen
- Algenbefallene Untergründe mit Spezialmittel (z.B. Baunit SanierLösung) behandeln
- S Schlecht haftende, verwitterte Anstriche mechanisch oder mit Baunit AbbeizMittel entfernen
- Schadhafte bzw. rissige, mineralische Flächen mittels Spachtelmasse (z.B. Baunit HaftMörtel) überziehen und ggf. mit Baunit TextilglasGitter bewehren

**Im Normalfall sind alle Untergründe mit Baunit UniversalGrund vorzubehandeln (Standzeit: mind. 24 Std.)**

## Verarbeitung

### Beschichtungsaufbau:

- 1 x Baunit UniversalGrund (volldeckend und gleichmäßig)
- 2 x Baunit UniversalGrund (auf ausgebesserten mineralischen Untergründen)
- 1 x Baunit SilikatPutz

Nach einer Trockenzeit des Baunit UniversalGrundes von mind. 24 Stunden kann Baunit SilikatPutz aufgebracht werden.

Baunit SilikatPutz wird vor dem Aufbringen gründlich mit einem Rührwerk angemischt. Der Oberputz wird mit einer rostfreien Stahltraufel vollflächig aufgezogen oder mit einer geeigneten Feinputzmaschine aufgespritzt, auf Kornstärke abgezogen und unmittelbar nach dem Auftrag mit einem Kunststoffreibbrett verrieben.

Nicht mit anderen Anstrichmitteln vermischen. Gleichmäßig und ohne Unterbrechung arbeiten.

## Hinweise und Allgemeines

Die Luft-, Material- und Untergrundtemperatur muss während der Verarbeitung und des Abbindevorganges mindestens +8° C betragen. Die Fassade vor direkter Sonneneinstrahlung, Regen oder starkem Wind schützen (z.B. mittels Gerüstschutznetz). Hohe Luftfeuchtigkeit und tiefe Temperaturen können die Trocknungszeit deutlich verlängern und den Farbton ungleichmäßig verändern. Farbgleichheit kann nur innerhalb einer Produktionscharge gewährleistet werden. Die Farbtonentwicklung kann durch die Untergrundverhältnisse, Temperatur und Luftfeuchtigkeit beeinflusst werden. Baunit SilikatPutz kann auf Wunsch algenhemmend eingestellt werden (eine vorbeugende und verzögernde Wirkung wird dadurch erreicht, jedoch kann ein Ausbleiben von Algenbefall nicht gewährleistet werden).

Bei Verwendung von verschiedenen Chargen sind diese unbedingt vor Beginn zu vermischen.

Der Helligkeitsbezugswert darf bei Anwendung auf Wärmedämmverbundsystemen den Wert 25 nicht unterschreiten.

**Sicherheitsvorkehrungen:** Augen und Hautflächen, sowie die Umgebung der Beschichtungsflächen, insbesondere Glas, Keramik, Klinker, Naturstein, Lack und Metall schützen. Gegebenenfalls Spritzer mit viel Wasser abspülen, nicht bis zum Austrocknen und Erhärten des Putzes warten.

Werkzeuge und Geräte sofort nach Gebrauch mit Wasser reinigen.

### Überstreichbar:

- Baunit SilikatFarbe
- Baunit SilikonFarbe

# Mauerziegel AÖF voll

## PRODUKTINFORMATION

Ziegelformat (B x L x H):	14/29/6,5 cm
Stückmasse:	4,1 kg
Ziegelfestigkeitsklasse:	35,0 N/mm <sup>2</sup>
Ziegelbedarf:	44 (88)* Stk/m <sup>2</sup>
Rechn. Mörtelbedarf:	28 (59)* l/m <sup>2</sup>
Rechn. flächenbezogene Masse (unverputzt) bei Mörtelart:	KZM 230 (470)* kg/m <sup>2</sup>
Form- / Ergänzungssteine:	keine

## WÄRMESCHUTZ

Verarbeitung / Aufbau		Wärmeleitfähigkeit (Rechenwert) $\lambda_R$ [W/mK]	Wärmedurchlasswiderstand R [m <sup>2</sup> K/W]	Wärmedurchgangskoeffizient U [W/m <sup>2</sup> K]
Dünnbettmörtel	unverputzt	—	—	—
ISO-Mörtel		—	—	—
Leca-Mörtel		—	—	—
KZ-Mörtel		0,630	0,22 (0,46)**	2,55 (1,59)**
		—	—	—
		—	—	—
		—	—	—

Attest: MA35 B1105/92

\*\* Wert in Klammer für Innenwand

## SCHALLSCHUTZ

Verarbeitung / Aufbau	Flächenbezogene Masse [kg/m <sup>2</sup> ]
KZM; unverputzt	230 (470)*

\* Klammerwert für Wanddicke = 29 cm

## BRANDSCHUTZ

Brennbarkeitsklasse (lt. ÖNORM B 3800-1): A - nicht brennbar  
Brandwiderstandsklasse (lt. ÖNORM B 3800-2 und B 3800-4): F90

## SONSTIGE BAUPHYSIKALISCHE WERTE

Spezifische Wärmekapazität bei mittleren Bauverhältnissen  
Ziegelmauerwerk unverputzt:  $c = 0,92 \text{ kJ/kgK}$   
Wasserdampfdiffusionswiderstandsfaktor (unverputzte Wand):  $\mu = 5/10$

### AUSSCHREIBUNGSTEXT

09 W1 21  
Mauerwerk (Mwk.) aus Mauerziegeln, mit Normalmauermörtel gemauert.

09 W1 21 C Mwk.Mauerziegel AÖF+Normalmörtel voll Mauerziegel voll, Ziegelformat: 14 x 29 x 6,5 cm (AÖF), Brutto-Trockendichte: 1554 kg/m<sup>3</sup>, Druckfestigkeit: 35 N/mm<sup>2</sup>, z.B. WIENERBERGER MAUERZIEGEL AÖF VOLL mit Normalmörtel oder Gleichwertiges. Angebotenes Erzeugnis: .....


### ZIEGELQUALITÄT

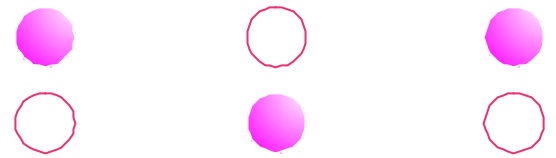
Wienerberger-Ziegel entsprechen den Anforderungen der ÖNORM EN 771-1 und unterliegen einer werkseigenen Produktionskontrolle. Diese Qualitätskontrollen sichern Ihnen ausgezeichnete Produkteigenschaften bei fachgerechter Verarbeitung. In Abhängigkeit vom Rohstoff Ton kann die Farbe der Ziegel unterschiedlich sein.

Bitte beachten Sie unsere Wienerberger Verarbeitungshinweise POROTHERM Ziegelbausystem.

Änderungen bleiben dem technischen Fortschritt vorbehalten. Verarbeitungshinweise verstehen sich als unverbindliche Empfehlung; sie beruhen auf unserem derzeitigen Wissensstand. Mit diesem Merkblatt verlieren alle vorausgegangenen ihre Gültigkeit.

## ISOVER - PRODUKTINFORMATION

<b>Produktname</b>	<b>VORSATZSCHALEN-DÄMMPLATTE VSDP</b>		
<b>Produktbeschreibung</b>	Vorsatzschalen-Dämmplatte mit hoher Schall- und Wärmedämmung. Luftschallschutz-Verbesserung von bis zu 10 dB.		
<b>Anwendungsbereich</b>	Zur Luftschall- und Wärmedämmung von Wohnungs- und Stiegenhauswänden mit Gipsputz.		
<p>Die VSDP wird vollflächig mittels Klebemörtel an der Wand befestigt - durch Auftragen von Gipsputz mit Armierung wird eine biegeeweiche Vorsatzschale hergestellt. Der Gipsputz darf nicht starr an die Wände und Decken anschließen. Die Trennung kann so ausgeführt werden, dass eine 6-8 mm breite Fuge zwischen Gipsputz und Deckenuntersicht (oder Wand) bis zum Dämmstoff hergestellt wird. Ein auf 20% komprimiertes Schaumstoffband wird auf die Decke (Wand) verklebt. Alternativ kann ein Kunststoff-Winkelprofil an der Deckenuntersicht aufgeklebt und 1-2 mm Luft zum Gipsputz freigelassen werden. Laut Verarbeitungsrichtlinien für Werkputzmörtel der Österreichischen Arbeitsgemeinschaft Putz, muss das Textilglasgitter am Übergang vom mittleren Drittel zum äußeren Drittel eingebettet sein. Über den gesamten Querschnitt des Gipsputzes muss ein homogenes Gefüge vorliegen. Es darf keine Hautbildung (Gipsputz-Membrane) einsetzen, der Putz ist "frisch auf frisch" zu verarbeiten. Es wird empfohlen den Gipsputz mit lösungsmittelhaltigem Sperrgrund zu grundieren und einen mineralischen Anstrich (keine kalkhaltigen Farben) - evl. Halbdispersion - anzubringen.</p>			
<b>Lieferdaten für Standardformate</b> (Sonderformate auf Anfrage)	<b>Kurzzeichen und Bestelldicke [mm]</b>	<b>Rollen- abmessung Länge x Breite [cm]</b>	<b>Menge pro Verpackungseinheit [m<sup>2</sup>]</b>
	<b>VSDP 55</b>	120 x 60	2,88
	<b>VSDP 35</b>	120 x 60	5,04
<b>Verpackung</b>	Paket in PE-Folie		
<b>Produktart</b> gemäß ÖNORM B 6000	<b>MW-WV</b>		
<b>Nr. EG-Konformitätszertifikat</b>	1139-CPD-0174/02	6. Neufassung	
<b>Bezeichnungsschlüssel</b>	MW - EN 13162 - T6 - CS(10)10 - TR5 - PL(5)100 - MU1 - SDx <sup>1</sup> - CP4 <sup>2</sup> - AFR5		
<sup>1</sup> die dynamischen Steifigkeiten SD entnehmen Sie unten angeführter Tabelle <sup>2</sup> VSDP 55 CP5			
<b>Anwendungsgrenztemperatur</b>	200 °C		
<b>Chemisches Verhalten</b>	Chemisch indifferent, schwefelfrei, fäulnisfest, feuchtigkeitsinaktiv		
<b>Brandverhalten</b> gemäß ÖNORM EN 13501-1	<b>A2-s1, d0</b>		
<b>Brandverhalten</b> gemäß ÖNORM B 3800-1	Brennbarkeitsklasse	A	
	Qualmbildungsstufe	Q 1	
	Tropfenbildungsstufe	Tr 1	
<b>Nennwert der Wärmeleitfähigkeit</b> $\lambda_D$		[W/mK]	0,033
<b>Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl</b>		$\mu$	1
<b>Dynamische Steifigkeit</b> [MN/m <sup>3</sup> ]	<b>Produkt</b>		<b>s'</b>
	VSDP 55		6 (SD6)
	VSDP 35		9 (SD9)



# VAKUUM-ISOLATIONS-PANEELE

## Preisliste Standardpaneele

Stand: JÄNNER 2005

FORMAT	STÄRKE						
	in mm	10 mm	15 mm	20 mm	25 mm	30 mm	40 mm
<b>1000 / 500</b>	52,04 €	58,09 €	65,14 €	79,25 €	90,59 €	115,04 €	
<b>500 / 500</b>	32,95 €	35,97 €	39,50 €	46,56 €	52,23 €	65,71 €	
<b>250 / 500</b>	23,40 €	24,92 €	26,68 €	30,21 €	33,04 €	41,04 €	
<b>250 / 250</b>	18,63 €	19,39 €	20,27 €	22,03 €	23,45 €	28,71 €	
<b>1000 / 250</b>	32,95 €	35,97 €	39,50 €	46,56 €	52,23 €	65,71 €	
<b>650 / 1000</b>	62,56 €	68,61 €	79,44 €	93,30 €	107,16 €	135,64 €	
<b>ZUBEHÖR</b>							
<b>AKB</b>	Reinaluklebeband 50 mm breit/100 lfm					per Stk.	19,90 €

Unsere Preise verstehen sich exkl. Ust  
 Für Formate, die nicht unseren Standardpaneelen entsprechen (Passstücke) kontaktieren Sie uns bitte.