TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN

**Diplomarbeit**
**Master's Thesis**

# Auswahl und Bewertung geeigneter Innendämmsysteme im Bestand

von

Srdjan Šišković

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des
akademischen Grades
DIPLOMINGENIEUR

unter der Leitung von
O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.Dr. Jürgen DREYER
Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr. Clemens HECHT

E 206 Institut für Hochbau und Technologie
Zentrum für Bauphysik und Bauakustik

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

Wien, März 2007

## Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Applikation geeigneter Innendämmsysteme auf Außenwänden im Bestand. Es werden unterschiedliche Konstruktionsweisen vorgestellt, die in ihrer Aufbringung und Verarbeitung näher beschrieben werden. Dabei spielen vor allem die stofflichen Eigenschaften der Dämmstoffe eine Rolle. Die angeführten Konstruktionen lassen sich nach der Befestigungsmöglichkeit der Dämmstoffe charakterisieren und einteilen.
In weiterer Folge werden wichtige Konstruktionsmerkmale erläutert, deren Kenntnis für die Planung sowie Ausführung von Innendämmsystemen erforderlich ist. Damit die Funktionstüchtigkeit von Innendämmkonstruktionen gewährleistet wird, sind sie zusammen mit dem Wandbildner als Gesamtsystem zu betrachten. Dabei müssen Innendämmungen auf die Gegebenheiten im Einzelnen angepasst werden. Während die Konstruktion in der Wandfläche einfach zu bewerkstelligen ist, müssen die konstruktiven Anschlüsse zu angrenzenden Bauteilen im Detail untersucht werden, um eine optimale Anschlusslösung erzielen zu können. Die dargestellten Anschlüsse zeigen, aus welchen Sichtwinkeln eine Innendämmkonstruktion zu betrachten ist, damit eine sorgfältige Planung und Ausführung durchgeführt werden kann.
Im letzten Teil der Arbeit werden mögliche Kriterien zur Auswahl und Bewertung der dargestellten Konstruktionsvarianten beschrieben. Nach Durchführung der Bewertung der einzelnen Kriterien für die ausgewählten Konstruktionsvarianten wird eine Bewertungsmatrix erstellt. Sie zeigt im direkten Vergleich, dass sich die untersuchten Konstruktionsvarianten voneinander deutlich unterscheiden können.

## Abstract

The topic of this report is the application of appropriate interior insulation systems on existing exterior walls. Assembling and mechanical treatment of different construction systems will be discussed in detail. Thereby the properties of insulation materials are an important issue. The stated structures can be characterised and distinguished by the variety of options for mounting the insulation.
Further, important construction features are discussed. Their acquirement is essential for planning and construction of interior insulation systems. In order to provide functional efficiency, wall and the insulation system should be considered as a complete system. Therefore insulation systems must be adapted to existing structural conditions individually. In comparison to junction parts on abutting components which have to be analysed in detail for an appropriate connection, the construction on the free wall area is easier to handle. The illustrated connections show the different perspectives from which has to be looked at, in order to perform an accurate planning and construction of interior insulation systems.
The final part of the work describes the potential criterions for selection and evaluation of investigated construction systems. After an evaluation of construction criterions is been carried out, a rating matrix was established. In direct comparison the matrix shows how different the constructions systems can be.

## Danksagung

Danken möchte ich an dieser Stelle

Herrn o.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.Dr. Jürgen DREYER
durch dessen lehrreiche Vorträge mein Interesse zur Bauphysik und Sanierung vertieft wurde.

meinem Betreuer Herrn Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr. Clemens HECHT
für die fachliche und freundliche Unterstützung während der Entstehung dieser Arbeit.

meiner Familie, besonders meinen Eltern und meinem Bruder
die mich während des Studiums begleitet und unterstützt haben.

und vor allem meiner Lebensgefährtin Ivana
die mich besonders während des Studiums motiviert hat.

meinen Studienkollegen
mit denen ich eine schöne Zeit verbracht habe.

# INHALTSVERZEICHNIS


1 Einleitung ... 1

2 Konstruktionsweisen ... 2
2.1 Verklebung/Verdübelung von Platten ... 2
2.1.1 Expandierte Polystyrol-Hartschaumplatten (EPS) ... 3
2.1.2 Extrudierte Polystyrol-Hartschaumplatten (XPS) ... 4
2.1.3 Schaumglas-Platten ... 6
2.1.4 Calziumsililkat-Platten/Mineralschaum-Platten ... 8
2.1.5 Polyurethan-Hartschaum (PUR-Hartschaum) ... 10
2.1.6 Holzfaser ... 11
2.1.7 Mineralwolle ... 12
2.1.8 Kork ... 14
2.2 Verklebung/Verdübelung von Verbundplatten ... 14
2.2.1 PS-Verbundplatten ... 15
2.2.2 Polyurethan/Polyisocyanurat –Verbundplatten (PUR/PIR-Hartschaum) ... 17
2.2.3 MW-Verbundplatten ... 19
2.3 Vorsatzschalen ... 20
2.3.1 Unterkonstruktion ... 20
2.3.1.1 Direkt befestigte Vorsatzschalen ... 22
2.3.1.2 Freistehende Vorsatzschalen ... 25
2.3.2 Beplankung ... 25
2.3.2.1 Gipsbauplatten ... 25
2.3.2.2 Holzwerkstoffplatten ... 29
2.3.2.3 Calziumsilikat-Platten ... 32
2.3.3 Vorsatzschalen mit Dämmplatten, -matten oder -rollfilzen ... 33
2.3.3.1 Mineralwolle ... 34
2.3.3.2 Flachs ... 35
2.3.3.3 Holzfaser ... 36
2.3.3.4 Zellulose ... 38
2.3.3.5 Hanf ... 39
2.3.3.6 Kokos ... 40
2.3.4 Vorsatzschalen mit Einblas-, Sprüh- oder Schüttdämmung ... 41
2.3.4.1 Zellulosedämmung ... 41
2.3.4.2 Holzfaserdämmung ... 44
2.3.4.3 Wärmedämmlehm ... 44
2.3.4.4 Sonstige Dämmstoffe ... 45
2.4 Wärmedämmputze ... 45
2.5 Sonderlösungen ... 47
2.5.1 Wandheizungen/Heizplatten ... 47
2.5.2 Heraklith Innendämmsystem ... 50
2.5.3 VIP ... 51
2.5.4 Vorsatzschale mit PS-Dämmplatten ... 56

3 Konstruktionsmerkmale ... 57
3.1 Wärmeschutz ... 57
3.1.1 Behaglichkeit ... 59
3.1.2 Wärmebrücken ... 59
3.1.3 Sommerlicher Wärmeschutz ... 66
3.2 Feuchteschutz ... 66
3.2.1 Feuchtetransportprozesse im Bauteil ... 66
3.2.2 Feuchtevorkommen ... 68
3.2.3 Feuchtetransport durch Konvektion in der Luft ... 74
3.2.4 Luftdichtheit ... 76

3.2.5 Fugen und Lücken ... 76
3.2.6 Dampfbremsen ... 78
3.2.7 Hydrophobierung ... 82
3.3 Schallschutz ... 84
3.4 Brandschutz ... 89
3.5 Mechanische Beanspruchung ... 90
3.6 Gipskartonbeplankung ... 90

4 Kritische Detailanschlüsse ... 92
4.1 Luftdichte Anschlüsse ... 93
4.1.1 Vorsatzschalen ... 94
4.1.2 Verbundplatten ... 98
4.1.3 Sonstige Dämmkonstruktionen ... 100
4.2 Außenwand-Eckanschluss ... 100
4.3 Innenwandanschluss ... 105
4.4 Decken-/Bodenanschluss ... 112
4.5 Holzbalkendecken ... 119
4.6 Fenster- /Türanschluss ... 124
4.7 Heizkörpernischenbereich ... 137

5 Bewertung von Innendämmkonstruktionen ... 139
5.1 Herangezogene Konstruktionsvarianten ... 139
5.2 Randbedingungen ... 140
5.2.1 Vorhandener Untergrund/Oberflächenbeschaffenheit ... 140
5.2.2 Feuchter Einbauzustand ... 144
5.2.3 Stoffliche Verträglichkeit ... 147
5.2.4 Anschlussausbildung ... 150
5.3 Kriterien für die Konstruktion ... 153
5.3.1 Herstellungsaufwand ... 157
5.3.2 Komplexität/Schwierigkeit ... 159
5.3.3 Verarbeitung ... 160
5.3.4 Vorfertigung ... 162
5.3.5 Benützbarkeit ... 164
5.4 Bauphysikalische Kriterien ... 166
5.4.1 Erforderliche Systemdicke ... 167
5.4.2 Brandschutz ... 179
5.4.3 Feuchteschutz - Kapillare Aktivität ... 170
5.4.4 Feuchteschutz - Diffusion ... 171
5.4.5 Schallschutz ... 176

Abbildungsverzeichnis ... 185

Literaturverzeichnis ... 188

# 1 Einleitung

In der heutigen Zeit steigt der Anteil an Sanierungsprojekten bestehender Gebäude im Vergleich zu Neubauprojekten zunehmend an. Der Hauptbestandteil einer Gebäudesanierung liegt meistens in der nachträglichen energetischen Verbesserung des Gebäudes durch Aufbringung einer Wärmedämmung in der Außenhülle. Neben der üblichen Vorgehensweise, eine Außendämmung zu applizieren, besteht die Möglichkeit die Dämmung auf der Innenseite der Außenwand eines Gebäudes anzuordnen. Es bestehen viele Gründe, die eine Innendämmung zweckmäßigerweise erfordern können. Ein besonderes Anwendungsgebiet für Innendämmungen stellt die nachträgliche Sanierung von historischen denkmalgeschützten Gebäuden dar, wenn es darum geht, die Gebäudefassade in ihrer ursprünglichen Gestalt zu erhalten.

In dieser Arbeit sollen Innendämmsysteme genauer untersucht werden. Für die Eignung von Dämmstoffen als Innendämmung liegen bereits Untersuchungen vor. Nun soll die Innendämmung in ihrer Konstruktion näher betrachtet werden. Für die Planung und Ausführung von Innendämmsystemen ist neben der Kenntnis von Dämmstoffen vor allen die konstruktive Gestaltung von großer Bedeutung. Wenn es erforderlich wird, Innendämmungen vorzusehen, so müssen in erster Linie dem Planer mögliche Ausführungsformen von Innendämmungen bekannt sein.

Im ersten Schritt wird auf bestehende Möglichkeiten zur Aufbringung einer Innendämmung näher eingegangen. Dazu ist vor allem zu beschreiben, wie Innendämmsysteme zu verarbeiten und auf den gegebenen Untergrund zu befestigen sind.

Innendämmungen müssen in jedem Projektstadium zusammen mit dem Wandbildner als Gesamtsystem betrachtet werden. Damit eine funktionierende Konstruktion entstehen kann, ist eine sorgfältige Planung und Ausführung des Innendämmsystems notwendig. Deshalb sind in weiterer Folge verschiedene Konstruktionsmerkmale anzuführen, die bei der Realisierung einer einwandfreien Konstruktion berücksichtigt werden müssen.

Ein großer Bedarf besteht vor allem in der Lösungsfindung zur Anschlussausbildung von Innendämmungen an benachbarten Bauteilen. Anhand von Konstruktionsdetails soll die Anschlussproblematik näher untersucht und beschrieben werden.

Im letzten Schritt sind die verschiedenen Konstruktionsvarianten untereinander zu bewerten. Dazu sind mit den gewonnenen Kenntnissen aus den bisherigen Teilen der Arbeit Kriterien zur Bewertung von Innendämmsystemen aufzustellen.

<u>Hinweis:</u>

Die Quellenangaben zu Produktherstellern schließen weitere Hersteller zum gleichwertigen Produkt nicht aus bzw. repräsentieren keine allgemeine Gültigkeit für gleichwertige Produkte anderer Hersteller.

# 2 Konstruktionsweisen

Wird aus verschiedenen Gründen entschieden, die Wärmedämmung auf der Raumseite eines Gebäudes zu platzieren, sei es etwa wegen Denkmalschutz der Außenfassade oder aus ökonomischen Gründen, stehen dem Planer verschiedene Konstruktionsweisen zur Auswahl. Für eine wesentliche Erleichterung zur Entscheidungsfindung einer funktionsfähigen, auf den vorhandenen Wandbildner abgestimmten Konstruktion werden verschiedene Kriterien später erläutert. Zuerst werden die Innendämmsysteme mit den üblich verwendeten Dämmstoffen vorgestellt. Die unterschiedlichen stofflichen Eigenschaften der Dämmstoffe spielen dabei eine entscheidende Rolle.

Dämmstoffe sind in den verschiedensten Formen erhältlich. Sie können als steife oder elastische Platten, als Matten, Filz, in Form von Wolle, Granulat oder Flocken eingesetzt werden. Für die Anbringung dieser Dämmstoffe stehen nun verschiedene Befestigungsmöglichkeiten zur Verfügung, die die einzelnen Konstruktionsweisen charakterisieren.

## 2.1 Verklebung/Verdübelung von Platten

Steife Wärmedämmplatten werden direkt an die Wand befestigt. Dabei können sie durch Verklebung oder Verdübelung angebracht werden. Eine zusätzliche tragende Unterkonstruktion ist nicht erforderlich. Wesentliche Vorraussetzung für die Funktionsfähigkeit dieser Konstruktionsweise ist jedoch eine ausreichend ebene Wandoberfläche. Gründe dafür werden im Kapitel 3.2.3 erläutert.

Die Platten werden mit einem Dämmstoff sowie Wandbildner verträglichen Kleber befestigt. Um eine gute Haftung am Untergrund zu gewährleisten, ist meistens eine Vorbehandlung des Untergrundes erforderlich. Dabei werden Staub und lose Körner der bestehenden, gegebenenfalls verputzten Wand, verfestigt. Weist der untersuchte Wandbildner im Oberflächenbereich Stellen geringer Haftung auf, müssen diese abgeschlagen und eventuell nachgebessert werden. Vor allem bei verputzten Wandoberflächen sind oft Putzstellen mit geringer Haftung vorzufinden. Erkennbar ist dieser Sachverhalt am dunklen Klang durch Klopfen auf den Putz [Weber Broutin]. Eine Verdübelung wird meist bei großen Raumhöhen, kritischen Untergründen und bei Befestigung an Decken erforderlich. Dadurch wird eine bessere Verbindung der Dämmplatten mit den Wandbildner erzielt.

Nach sorgfältiger Untersuchung und Behandlung des Untergrundes, können die Dämmplatten stoßfugenversetzt angebracht werden. Dabei sind Kreuzfugen zu vermeiden.

Für die Verklebung der Platten können zwei verschiedene Verfahren verwendet werden:

- Kammbettverfahren:

Bei planebenen Untergründen kann der Kleber mittels einer Zahntraufel auf die Platte aufgekämmt werden. Durch die vollflächige Benetzung wird eine vollflächige Verklebung zum Untergrund sichergestellt.

- Punkt-Wulst-Methode:

Bei diesem Verfahren wird der Kleber am Plattenrand umlaufend mit durchgehenden Streifen aufgebracht. Im inneren Bereich der Plattenoberfläche werden punktförmig Batzen mit Kleber zusätzlich aufgebracht. Vorteil dieser Methode ist der mögliche Untergrundausgleich von Unebenheiten bis ±1 cm.

Nähere Einbauhinweise werden zu den einzelnen Dämmstoffarten im Anschluss gebracht.

### 2.1.1 Expandierte Polystyrol-Hartschaumplatten (EPS)

[113, Bachl Multipaneel, Ursa EPS W15]

Für den Einsatz von EPS-Hartschaumplatten werden abgestimmte Systemkomponenten gemäß Herstellerangaben verwendet.

Die Dämmplatten sind auch mit beschichtetem Spezialmörtel, auf beiden Seiten der Dämmstoffoberfläche, erhältlich. Damit lässt sich ein besserer Haftverbund zwischen Untergrund und Dämmplatte sowie raumseitig zwischen Dämmplatte und Oberflächenbeschichtung ermöglichen.

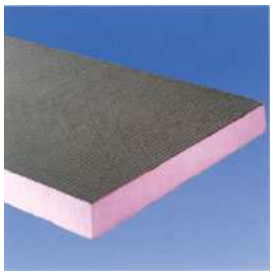


Abb. 2.1: Expandierte Polystyrol-Hartschaumplatte [Bachl]

- Verarbeitung:

Sie sind leicht verarbeitbar und können mit Stich- und Handsägen oder Teppichmessern zugeschnitten werden.

- Befestigung:

Die Befestigung auf den Wandbildner erfolgt mittels Dünnbettmörtel, Kleber oder Ansetzbinder, je nach Untergrundbeschaffenheit. Für unebenes Mauerwerk wird der

Ansetzbinder verwendet. Die Verbindung zwischen Dämmstoff und Wandbildner kann mit Hilfe von Isoliernägeln oder Profilen verstärkt werden.
Stoß- und Wandfugen werden mit Armierungsgewebestreifen und Kleber eingespachtelt und abgedichtet.

- Oberflächenabschluss:

Anschließend kann die raumseitige Beschichtung der EPS-Hartschaumplatten verputzt oder verfliest werden.

- Beständigkeit:

Der EPS-Schaumstoff ist gegenüber organischen Lösungsmitteln wie Klebern, Anstrichstoffen, Trennmitteln auf ölhaltiger Basis, Teerprodukten, Fluxmitteln sowie konzentrierten Dämpfen dieser Stoffe empfindlich.
Sie sind biologisch nicht abbaubar, feuchtigkeitsunempfindlich und gemäß ÖN B 6050 beständig gegen Schimmelpilze. Weiters sind sie nicht UV-beständig. Die Oberfläche vergilbt und versprödet unter Sonneneinstrahlung.

- maximale Plattenabmessungen:

l x b = 2.600 x 600 mm, d = 10 – 60 mm

EPS-Dämmkeilplatten sind auch erhältlich. Abmessungen konnten aus den vorhandenen Unterlagen nicht entnommen werden.

- Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung: (1)

### 2.1.2 Extrudierte Polystyrol-Hartschaumplatten (XPS)

[Uniplatte, Styrodur 2800, Styrofoam IB-A, Ursa XPS N-III-PZ-I, Merklblatt für den Einbau und das Verputzen von XPS-Platten mit rauer oder gewaffelter Struktur]

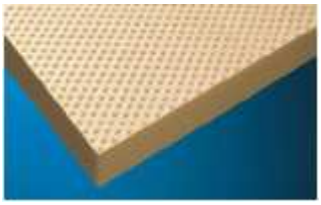


Abb. 2.2: Extrudierte Polystyrol-Hartschaumplatte XPS [URSA XPS N-III-PZ-I]

XPS-Platten weisen eine hohe Tragfähigkeit auf und sind formstabil sowie wasserfest. Außerdem besitzen sie eine hohe Haftzugfestigkeit beim Verbund mit griffiger, rauer Struktur oder beidseitig mit Textilglasgitter armierter Spezialmörtelbeschichtung oder mit verdichteter beidseitig geprägter Oberfläche in Waffelstruktur. Glatte Oberflächen würden keinen Haftverbund erzielen können. Ein mühsames Aufrauhen glatter XPS-Platten wäre nur mit großem Aufwand verbunden.

- Verarbeitung:

Die Platten lassen sich leicht mit einer Fuchsschwanzsäge oder mit einem Stanleymesser bearbeiten.

- Befestigung:

Mit geeigneten Klebemörteln werden sie im Kammbettverfahren vollflächig oder im Punkt-Wulstverfahren je nach Untergrundbeschaffenheit verklebt. Es müssen lösungsmittelfreie und diffusionsoffene Kleber verwendet werden. Falls die Platten verputzt werden, ist eine vollflächige Verklebung empfehlenswert. Bei beiden Verfahren wird der Kleber auf die Platten aufgebracht. Mit geeigneten Dämmstoffdübeln kann die Befestigung der Platten zusätzlich verstärkt werden.
Die Dämmplatten sind stoßfugenversetzt und fugendicht anzubringen. Offene Fugen oder abgebrochene Plattenecken müssen nachträglich mit geeignetem Dämmstoff (meist Füllschaum) geschlossen werden.

Eine weitere Möglichkeit besteht, die Platten durch Nagelung auf eine Unterkonstruktion zu befestigen, wobei für die Nagelköpfe zusätzlich Kunststoffplättchen zu Unterlegen sind. Durch die Hohlraumbildung zwischen Mauerwerk und Dämmplatten ist aber diese Konstruktion bedenklich (Konvektionsgefahr! → siehe Kapitel 3.2.3).

- Oberflächenabschluss:

Die raumseitige Oberflächenbeschichtung kann durch Putz, Verfliesung oder durch Aufbringen von Gipsbauplatten erfolgen.

Fliesen können direkt mit einem geeigneten Fliesenkleber im Dünnbettverfahren angeklebt werden. Hier empfiehlt es sich, die XPS-Platten zusätzlich zu verdübeln, da aufgrund des hohen Fliesengewichts ein ausreichend guter Verbund zwischen Dämmplatten und Wandbildner bewerkstelligt werden muss.

Für das Verputzen stellen die XPS-Platten einen elastischen, nicht saugfähigen Putzgrund dar. Daher ist die Wahl des geeigneten Putzsystems entscheidend. So genannte Fertigputze sind nach den Verarbeitungsrichtlinien ihrer Hersteller aufzubringen.
Zuerst ist eine geeignete Haftbrücke aufzutragen. Beim Putzauftrag ist ein Armierungsgewebe in die obere Hälfte des Putzes einzubetten. Bei Plattenstößen muss das Gewebe mindestens 100 mm überlappen, auf benachbarte Bauteile mindestens 200 mm. Ecken von Fenstern- und Türöffnungen sind zusätzlich mit diagonal angeordneten Streifen des gleichen Armierungsgewebes zu bewehren. [99] Die abschließende Beschichtung zum Innenraum erfolgt mit einem geeigneten Oberputz.

Werden Gipsbauplatten als raumabschließende Oberfläche aufgebracht, so sind diese mit Gips-Ansetzbindern direkt aufzukleben. Eine Vernagelung der Gipsbauplatten müsste bis in den Wandbildner reichen. Diese Vorgangsweise würde aber Wärmebrücken hervorrufen. Später dazu im Kapitel 3.1.2.

- Beständigkeit:

Der XPS-Schaumstoff ist gegenüber organischen Lösungsmitteln wie Klebern, Anstrichstoffen, Trennmitteln auf ölhaltiger Basis, Teerprodukten, Mineralöle, öligen Holzschutzmitteln, Fluxmitteln sowie konzentrierten Dämpfen dieser Stoffe empfindlich. Sie sind unbeständig gegen Mineralöle, ölige Holzschutzmittel und Treibstoff. Bei direktem Kontakt mit PVC-Folien können Weichmacher in den Dämmstoff wandern und diesen oberflächlich beschädigen. XPS ist biologisch nicht abbaubar, feuchtigkeitsunempfindlich, verrottungsfest und laut ÖN B 6053 beständig gegen Schimmelpilze. Er ist aber auch nicht UV-beständig. Die Oberfläche vergilbt und versprödet unter Sonneneinstrahlung.

- Maximale Plattenabmessungen:

l x b = 2.600 x 600 mm, d = 6 - 140 mm

- Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung: (2)

### 2.1.3 Schaumglas-Platten

[46, 84, Foamglas T4-040]

Für den Einsatz von Schaumglas-Platten werden abgestimmte Systemkomponenten gemäß Herstellerangaben verwendet.

- Verarbeitung:

Der Zuschnitt erfolgt mit Werkzeugen wie Sägeblatt oder Fuchsschwanz.

- Befestigung:

Zuerst ist eine lösungsmittelfreie Bitumenemulsion als Voranstrich aufzubringen. Der Untergrund muss dabei sauber, fett- und staubfrei sein. Die Bitumenemulsion kann auf trockenen oder feuchten Untergrund aufgebracht werden.
Die Verklebung der Schaumglasplatten erfolgt mit einem kunststoffvergüteten, lösungsmittelfreien Zwei-Komponentenkleber auf Bitumenbasis. Dabei wird der Kleber im Kammbettverfahren vollflächig auf die kurze und lange Seite der Schaumglasplatten aufgetragen. Die Platten werden diagonal auf den tragenden Untergrund eingeschoben und eventuell mit Ankern oder Dübel mechanisch befestigt. Dabei ist bei verputztem Oberflächenabschluss die Verankerung dem Dübel vorzuziehen, wegen möglichem Auftreten von Streiflicht und Unebenheiten.
Bei Raumhöhen über 2,60 m werden in etwa 2 Stk./m² und für Decken 4 Stk./m² Anker benötigt.
Hierbei ist ebenfalls auf eine stoßfugenversetzte Verlegung zu achten. Die Fugen müssen mit dem Kleber verfüllt werden.

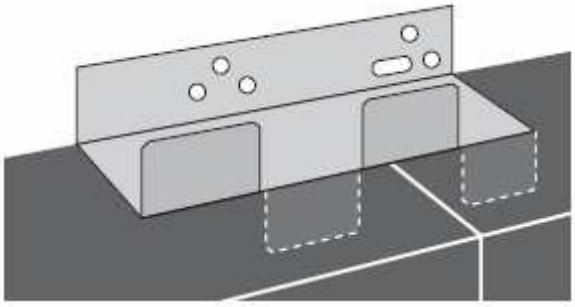


Abb. 2.3: Anker PC-F [Foamglas]

Die Platten müssen plan aufliegen, da Schaumglas durch seine Sprödigkeit keine Punktlasten aufnehmen kann.
Unebenheiten der Platten werden mit einem Schleifbrett egalisiert und nach den Schleifgang staubfrei gehalten.

- Oberflächenabschluss:

Auf die Schaumglasoberfläche wird im Anschluss ein Grundputz aufgespachtelt. Dabei wird gleichzeitig ein Armierungsgewebe in die frische Masse flächig und eben eingearbeitet. Die Nahtüberdeckung sollte ca. 100 mm betragen.
Für die Endbeschichtung darf ausschließlich Dispersionsputz zum Einsatz kommen, da Schaumglas keinen Zement verträgt.
Bei Anschlüssen an benachbarten Bauteilen ist die Putzbeschichtung mit Schwedenschnitt zu trennen und elastisch zu verfugen. Anstatt des Oberflächenputzes können Gipskartonplatten oder auch Fliesen im Dünnbettmörtelverfahren verklebt werden.

- Beständigkeit:

Mit Schaumglas sind sehr langlebige und schadensfreie Konstruktionen möglich. Schaumglas ist verrottungsfest und resistent gegen Insekten und Nagetiere. Es ist beständig gegen Schimmel und Chemikalien und auf Grund seiner Zellgeometrie ohne Stauchung auch bei Langzeitbelastung außergewöhnlich druckfest.

- Maximale Plattenabmessungen:

l x b = 600 x 600 mm, d = 40 - 180 mm

- Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung: (3)

### 2.1.4 Calziumsililkat-Platten/Mineralschaum-Platten

[Calsitherm Klimaplatte, Multipor Mineraldämmplatte, Getifix Klimaplatte, Epatherm Wohnklimaplatte, Redstone Masterclima, Röfix Renopor]

Für den Einsatz von Calziumsilikat- und Mineralschaum-Platten werden abgestimmte Systemkomponenten gemäß Herstellerangaben verwendet.

- Verarbeitung:

Die Platten lassen sich leicht verarbeiten. Mit einer Fuchsschwanz, Pendelhub- oder Handkreissäge können sie einfach zugeschnitten werden.

- Befestigung:

Der Untergrund muss sauber und tragfähig sein. Nicht tragfähiger Putz, Sperrschichten oder dichte Anstriche müssen entfernt, und anschließende Fehlstellen ausgebessert werden. Auf Grund der Verwendung zementgebundener Kleber müssen gipshaltige Untergrundbestandteile beseitigt werden. Zur Erhöhung des Haftverbundes ist eventuell eine Grundierung aufzubringen. Diese hat auch die Funktion, ein vollständiges Abbinden des Plattenklebers durch Reduktion der Wasseraufnahmefähigkeit des Untergrundes sicherzustellen. Die vollflächige Verklebung der Platten erfordert einen ebenen Untergrund, deshalb müssen Unebenheiten durch Verputzen ausgeglichen werden.
Der hydraulisch erhärtende Klebemörtel wird mit Hilfe einer Zahntraufel im Kammbettverfahren vollflächig auf die Platte oder den Untergrund aufgetragen. Dabei soll die Zahnung eine ausreichende Höhe aufweisen (in etwa 8 mm), um kleinere Unebenheiten ausgleichen zu können.

Manche Hersteller bieten die Möglichkeit Unebenheiten des Untergrundes durch die Verklebung mit der Punkt-Wulst-Methode unter Umständen auszugleichen, da eine bessere Ausrichtung der Platten ermöglicht wird. Auf Grund der Gefahr möglicher konvektiver Feuchtigkeitseinträge in die Hohlräume bei unsachgemäßer Ausführung stellt dieses Klebeverfahren ein Risiko dar. Zudem ist die volle Funktionsfähigkeit der Konstruktion mit diesen Platten nicht gegeben.

| Produkt | Kammbett-verfahren | Punkt-Wulst-Verfahren | Kleber auf Wand | Kleber auf Platte | Stoßfugen verklebt | Stoßfugen nicht verklebt |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Multipor Mineraldämmplatte | + | | | + | | + |
| Calsitherm Klimaplatte | + | | + | | + | |
| Epatherm Wohnklimaplatte | + | + | + | | | + |
| Getifix Klimaplatte | + | + | + | + | + | |
| Redstone Masterklimaplatte | + | + | | + | + | |
| Röfix Multipor | + | + [1] | | + | (+) | + |

[1] mind. 70 % der Kontaktfläche erforderlich

Tab. 2.1: Klebeverfahren unterschiedlicher Produkte

Die Platten werden stoßfugenversetzt im Verband angeordnet, wobei eine Verklebung der Stoßfugen je nach Verarbeitungsrichtlinien des Herstellers gefordert werden kann. Durch Anfasen der Kanten kann einerseits ein besserer Ausgleich im Übergang unebener Platten erzielt werden, andererseits wird die Haftfläche für die Verspachtelung vergrößert. Die unterschiedlichen Kantenhöhen im Stossfugenbereich können aber auch mit einem Schleifbrett egalisiert werden. Kommt es zu keiner Stoßfugenverklebung, ist besonders auf eine fluchtrechte Ausrichtung der ersten Reihe zu achten, um offene Stoßfugen möglichst zu unterbinden. (Bemerkung: Ein Kleber in den Stoßfugen würde das Egalisieren mit dem Schleifbrett nach dem Abbinden des Klebers erschweren bzw. nicht ermöglichen).

Zur Erhöhung der Tragfähigkeit der Platten auf kritischen Untergründen, sowie zur Anbringung auf Decken werden rostfreie Tellerdübel verwendet. Es werden je nach statischem Erfordernis und gemäß Herstellerangaben 1-5 Stück pro Platte benötigt. Für Wandbefestigungen werden Flachdübel in die Wand bündig eingeschlagen.

- Oberflächenabschluss:

Der raumseitige Oberflächenabschluss erfolgt durch Spachtelung oder Verputzen mit geeigneten sorptionsfähigen und diffusionsoffenen Baustoffen. Ein Armierungsgewebe ist generell vollflächig einzuarbeiten, um eine Rissbildung an nicht verklebten Plattenfugen zu verhindern.

Wird nur eine dünne Schicht mit Spachtelmasse auf der Plattenoberfläche aufgebracht, ist vor allem auf eine planebene Verlegung zu achten, da sich sonst die Stoßfugen im Streiflicht erkennbar machen können. Dies erfordert, wie schon anfangs erwähnt, einen ebenen Untergrund.
Generell dürfen keine dampfdichte raumabschließende Schichten aufgebracht werden, da sonst die bauphysikalische Funktionsfähigkeit der Platten eingeschränkt wird. Manche Hersteller bieten die Möglichkeit Fliesen im begrenzten Umfang aufzubringen, wobei auf die beschränkte Funktionalität verwiesen wird.

Bei Verkleidung der Innendämmung mit Tapeten, wird darauf hingewiesen, den Einsatz von Rauhfasertapeten zu unterlassen, da durch häufiges Überstreichen der Tapete die Diffusionsoffenheit vermindert wird.

Eine weitere Möglichkeit besteht vor den Platten senkrechte Holzlatten mit Trockenbauplatten anzubringen (raumseitig). Somit kann eine Installationsebene geschaffen werden. Fragwürdig ist, ob das Austrocknungspotential nach innen dadurch nicht beeinträchtigt wird (stehende Luftschicht!).

- Beständigkeit:

Die Platten haben einen hohen pH-Wert und entziehen somit die Grundlage für Schimmelpilzbildung.

- Maximale Plattenabmessungen:

l x b = 1.250 x 1.220 mm, d = 25 - 50 mm
l x b = 1.000 x 240 mm, d = 15 - 20 mm (Leibung)
l x b = 1.000 x 600 mm, d = 5 - 40 mm (Dämmkeil, auch als Zierleisten erhältlich)

- Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung: (4)

### 2.1.5 Polyurethan-Hartschaum (PUR-Hartschaum)

[113, Steinothan, Korff Universal Dämmkeil]

Für die PU-Hartschaumplatten mit beidseitiger strukturierter Alu-Beschichtung, werden systemkonforme Komponenten gemäß Herstellerangaben eingesetzt.

- Verarbeitung:

PUR-Dämmplatten können mit der Säge oder einem Spezialmesser abgelängt werden.

- Befestigung:

Zuerst wird eine reaktive zweikomponentige Kunstharzdispersion als Haftbrücke auf die Platten aufgebracht.
Die Platten werden in weiterer Folge mit einer Klebe-Spachtelmasse auf Zementbasis stoßfugenversetzt auf die Wand geklebt und mit Dübeln mechanisch befestigt (mind. 6 Stk/m2). Dabei wird der Kleber im Kammbettverfahren mit einer Zahntraufel auf die PUR-Hartschaumplatten aufgetragen. Sämtliche Plattenstöße, benachbarte Anschlüsse an Wänden, Böden und Decken sowie Dübel sind mit einem Aluklebeband zur Sicherung der Diffusionsdichtheit abzukleben. PU-Platten sind auch mit Stufenfalz oder Nut und Feder erhältlich. Dadurch wird die Verlegung wesentlich erleichtert.

Zur weiteren Oberflächenbehandlung wird die aufkaschierte Alufolie der PUR-Hartschaumplatte mit einem Kunstharzvoranstrich als Haftbrücke gestrichen. Nachdem der Voranstrich getrocknet ist, wird noch innerhalb kurzer Zeit (2 Tage, siehe Steinothan) die Klebe-Spachtelmasse dünn aufgetragen, und gleichzeitig ein Armierungsgewebe darin eingebettet.

- Oberflächenabschluss:

Als Oberflächenabschluss eignen sich alle Arten von Putzen und Fliesen.

- Beständigkeit:

Die Beständigkeit gegen Schimmlepilze ist gemäß ÖNORM materialbedingt in ausreichendem Ausmaß gegeben. PUR-Dämmstoff ist mit allen Baustoffen verträglich und beständig gegen alle praktisch vorkommende Lösungsmittel sowie gegen die in Abdichtungsfolien enthaltenen Weichmacher, gegen Mineralöl, verdünnte Säuren und Alkalien.

- Maximale Plattenabmessungen:

l x b = 1.200 x 1.200 mm, d = 20 - 160 mm
l x b = 1.000 x 300 mm, d = 3 - 20 mm (Dämmkeil, mit Tapezierkarton beschichtet)

- Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung: (5)

### 2.1.6 Holzfaser

[Unger Diffutherm, Gutex Thermowall]

Ein neuartiges Wärmedämm-System für die Innendämmung bietet sich durch den Einsatz von diffusionsoffenen formstabilen Holzfaserdämmplatten an, die als Sandwichelement aus unterschiedlichen abgestimmten Rohdichten in mehreren Schichten hergestellt werden. Dabei sind einzelne Systemkomponenten unter Beachtung der Herstellerrichtlinien auf den Wandbildner aufzubringen.

- Verarbeitung

Der Zuschnitt der Holzfaserdämmplatten erfolgt mit einer handelsüblichen Kreissäge oder einem Wellenschliffmesser.

- Befestigung:

Die Holzfaserdämmplatten werden in einen Lehmunterputz vollflächig stoßfugenversetzt eingebettet und mit systemkonformen Dübeln mechanisch befestigt. Die Nut- und Federverbindung ermöglicht eine planebene Verlegung sowie

einen besseren Verbund zwischen den Platten. Durch den Auftrag einer größeren Schichtdicke des Lehmunterputzes werden auch größere Unebenheiten im Untergrund ausgeglichen. Zusätzlich können noch vorhandene Plattenunebenheiten mit einem Elektrohobel egalisiert werden. Eventuell vorhandene Fugen werden mit einem Dämmstoff ausgefüllt.

Im Sockelanschlussbereich sind die Platten mit einer entsprechenden Spachtelmasse zu kleben und zu dübeln. Die Verdübelung ist an den vorhandenen Wandbildner unter Berücksichtigung der Herstellervorschriften anzupassen.

- Oberflächenabschluss:

Auf die Platten wird ein besonderer System-Grundputz aufgebracht, der die Funktion als Putzträger sowie in feuchtetechnischer Hinsicht als Dampfbremse übernimmt. Dafür muss eine Mindestauftragsdicke dieser Schicht eingehalten werden, um die Funktionalität als Dampfbremse nicht zu beeinträchtigen. Zusätzlich wird ein Armierungsgewebe vollflächig in diesen Grundputz eingearbeitet und verspachtelt.

Als Oberflächenabschluss wird dann ein systemkonformer Oberputz aufgebracht.

- Beständigkeit:

Wie bei anderen Holzwerkstoffen auch ist für die Haltbarkeit die Feuchtigkeitsbelastung bestimmend. Die Praxisbewährung beträgt über 50 Jahre. [113]

- Maximale Plattenabmessungen:

l x b = 1.300 x 790 mm, d = 60 - 100 mm

- Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung: (6)

### 2.1.7 Mineralwolle

[Rockwool RP-X, Isover Akustik VP]

Hierfür werden verdichtete Steinwolledämmplatten verwendet, die senkrecht zur Wandebene ausreichende Zugfestigkeit aufweisen (MW-WV), um verklebt werden zu können.

- Verarbeitung:

Mineralwolledämmungen sind leicht zu verarbeiten. Sie können mit einem Messer abgelängt werden. Sie sind unter möglichst trockenen Bedingungen einzubauen und konstruktiv dauerhaft vor Feuchte zu schützen. Beim Einbau können sie durch mechanische Einwirkungen auf die Haut, Bindehaut und Schleimhaut

vorübergehende, von selbst abklingende Erscheinungen wie z.B. Jucken auslösen. Bei Verwendung von Staubmasken und adäquater Arbeitsbekleidung können derartige Erscheinungen vermindert werden. Die frei werdenden Feinstäube der heute hergestellten zugelassenen Steinwolle oder Glaswolle ist frei vom Verdacht der Krebserregung. [113]

- Befestigung

Zuerst wird streifenweise ein Glattstrich als Haftvermittler auf die Dämmplatte aufgebracht. Anschließend wird ein Ansetzbinder, mineralischer Klebemörtel oder geeigneter Baukleber vollflächig auf die Rückseite der Dämmplatten aufgetragen. Dieser ist mit einem Randabstand von 5 cm aufzubringen, wobei die Plattenstöße vom Kleber freizuhalten sind. Die Platten werden dichtstoßend angesetzt und mit einem Reibebrett auf den trockenen, staubfreien Untergrund angedrückt. Alternativ kann der Kleber auch batzen- oder wulstförmig aufgetragen werden, wenn z. B. die Wand kleine Unregelmäßigkeiten aufweist. Die Plattenoberfläche ist gemäß DIN 18 181 mit Ansetzmörtel vollflächig zu überspachteln und die Überspachtelung aufzurauhen. [Isover Akustic VP]

- Oberflächenabschluss:

Der Oberflächenabschluss erfolgt mit einer Gipskartonplatte, die rückseitig mit einer Dampfbremse aus Alu-Folie und Natronkraftpapier aufkaschiert ist und mit Ansetzbinder oder Klebemörtel angebracht wird. Sie müssen zusätzlich eine Beschichtung erhalten, um die Haftung mit dem Ansetzbinder oder Klebemörtel sicherzustellen. [31]

- Beständigkeit:

Mineralwolle ist laut ÖN B 6035 gegen Schimmelpilze materialbedingt in ausreichendem Maß beständig. Weiters ist sie weitgehend alterungs- und formbeständig gegen Säuren und schwache Alkalien. Mineralwolle-Dämmstoffe dürfen nicht nass werden, da sie dadurch unbrauchbar werden. [113]
Die Platten sind feuchtigkeitsempfindlich und verlieren ihre Dämmwirkung bei Feuchtebelastung.

- Maximale Plattenabmessungen:

l x b = 1.250 x 600 mm, d = 20 - 100 mm

- Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung: (8)

### 2.1.8 Kork

[84, Emfa Korkplatte, Haacke Cellco Korkplatte]

Für Innendämmungen werden auch Dämmkorkplatten verwendet. Sie sind maßbeständig und druckfest, besitzen ein relativ hohes Raumgeweicht und eine poröse Struktur.

- Verarbeitung:

Der Zuschnitt erfolgt mit Holzbearbeitungsmaschinen (Hand- oder Tischkreissäge) bzw. elektrischem Fuchsschwanz. Vor Verwendung im Innenbereich sollten die Platten abgelüftet werden.

- Befestigung

Die Platten werden mit geeigneten Klebern oder Mörteln geklebt und gedübelt. Eine vollflächige und kapillar aktive Ankopplung lässt sich mit einem speziellen Mörtel erzielen. Die Platten werden mit Tellerdübeln an die Wand zusätzlich befestigt.

- Oberflächenabschluss:

Der Oberflächenabschluss erfolgt mit einem speziellen Mörtel, um die kapillare Aktivität des Systems zu erhöhen.

- Beständigkeit:

Korkplatten sind fäulnis- und verrottungsfest, relativ unempfindlich gegen Feuchtigkeit und Schimmelbefall.

- Maximale Plattenabmessungen:

l x b = 1.000 x 500 mm, d = 20 -120 mm

- Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung: (8)

## 2.2 Verklebung/Verdübelung von Verbundplatten

[105]

Verbundplatten sind vorgefertigte Plattenelemente, die in der Regel aus einer Dämmschicht und einer harten, druckfesten Platte bestehen. Sie werden auch mit integrierten dampfbremsenden Folien zwischen den beiden Schichten angeboten.
Wasserführende Leitungen in der Dämmschicht sind nicht zulässig.

Normen:

DIN 18184, ÖN EN 13950, ÖN EN 14496

### 2.2.1 PS-Verbundplatten

[69, Bachl Verbundplatte, Rigips Rigitherm Doublissimo, Rigips Rigitherm PS, Knauf Verbundplatte, Fibrotherm HWL-Verbundplatten PS]

Die Dämmschicht besteht aus einer formstabilen Polystyrol-Hartschaumplatte. Sie wird werkseitig mit einer harten Platte, wahlweise auch mit integrierter Dampfbremse (Alufolie, Natronkraftpapier), in Verbund, gebracht. Dafür werden Gipskarton-, Gipsfaserplatten oder Holzwolleleichtbauplatten verwendet, Hersteller bieten abgestimmte Systemkomponenten an, damit Mängel während der Montage der Innendämmung bezüglich Produktverträglichkeit nicht entstehen.
Der Untergrund des Wandbildners muss fest, trocken, und möglichst eben sein. Mauerwerk als Wandbildner muss vollfugig gemauert sein, um Wärme- und Schallbrücken zu vermeiden. Zu beachten ist, ob Putze, Anstriche oder Fliesen als Untergrund geeignet sind.

Verarbeitung:

Der Zuschnitt der Verbundplatten erfolgt mit feinzahniger Fuchsschwanz- oder Stichsäge.

Befestigung:

Die großformatigen Platten werden senkrecht und raumhoch mit geeignetem Kleber oder Ansetzbinder im Dünnbettverfahren unter Verwendung eines Kammschlittens oder mit streifenförmigen Batzen direkt auf die Wand aufgebracht und ausgerichtet. Wichtig ist vor allem, dass umlaufend ein Streifen aufgesetzt werden muss, um Luftzirkulationen zwischen Verbundplatte und Wandbildner zu unterbinden. Das Ansetzen und Ausrichten hat zu erfolgen, solange der Ansetzbinder noch weich ist, andernfalls wird das bildende, Festigkeit bestimmende Kristallgefüge zerstört.

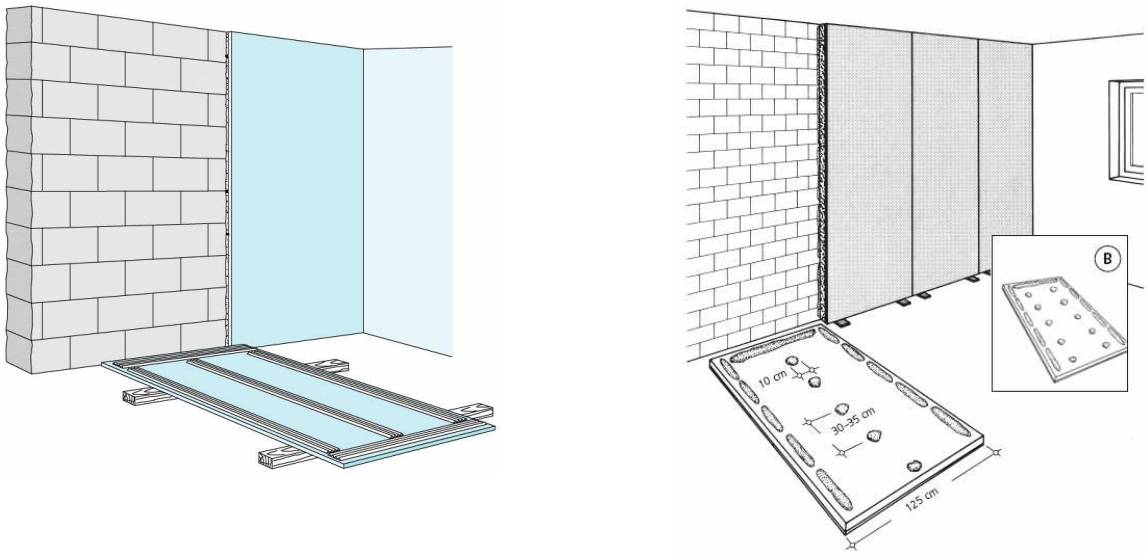



Abb. 2.4: Dünnbettverfahren links [Knauf], Mörtelbatzen streifenförmig rechts [Rigips]

Hersteller bieten noch andere Verfahren zur Verklebung der Platten, wie etwa mit punktförmigen Mörtelbatzen oder Plattenstreifen an.
Diese Verfahren werden für stark unebene Untergründe verwendet, sind aber für Innendämmmaßnahmen eher ungeeignet.
(Konvektionsgefahr! → siehe Kapitel 3.2.3).

Es besteht auch die Möglichkeit, die Platten in Trockenbauweise auf Holzlatten anzuschrauben, die vorher mit Dübeln in die Wand befestigt werden. Die Hohlraumbildung zwischen Wand und Dämmung ist aus gleichem, oben angeführtem Grund bedenklich. Dabei dürfen die Schrauben die Wand nicht durchdringen (Wärmebrückengefahr!). Sie können auch in Trockenbauweise an Holzleisten angeschraubt werden, die vorher über Dübel an die Wand befestigt werden. Dabei dürfen die Schrauben die Wand nicht durchdringen (Wärmebrückengefahr!).

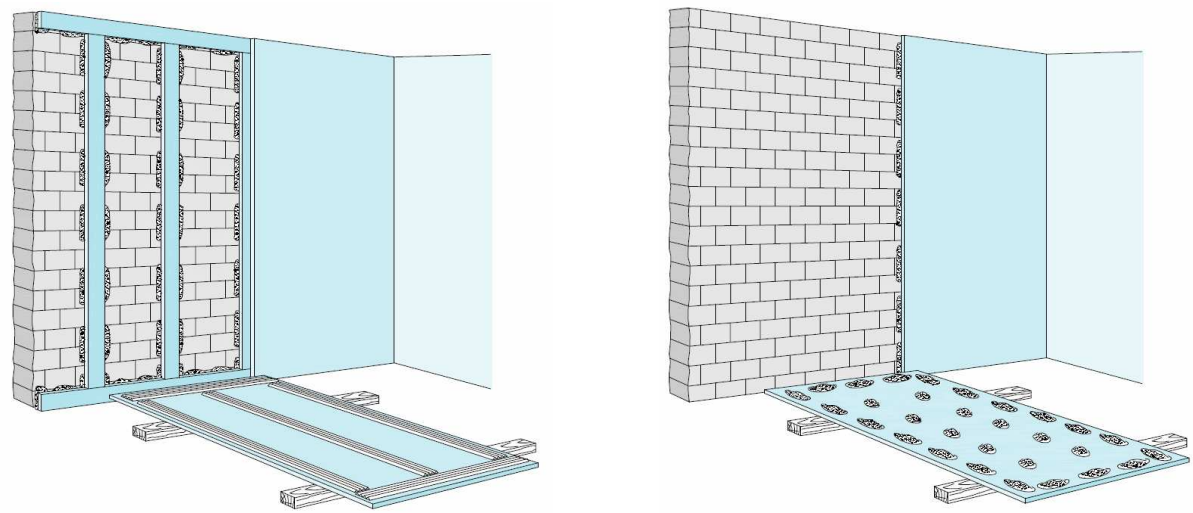


Abb. 2.5: Plattenstreifen links, Mörtelbatzen rechts [Knauf]

Anschließende Verbundplatten sind dicht zu stoßen, wobei kein Kleber in die Stossfugen wegen der Gefahr von Wärme- und Schallbrückenbildung eindringen darf. Anschlüsse zu Nachbarbauteile sind ebenfalls dicht herzustellen → siehe Kapitel 5.7.2.

Je nach Beschaffenheit des Untergrundes werden die Platten zur Erhöhung der Tragfähigkeit mit Dübeln mechanisch befestigt.

Werden dünne PS-Verbundplatten eingesetzt, so können diese aus feuchteschutztechnischen Gründen mit werkseitig versehenen Dampfbremsfolien ausgeführt werden.

Die Fugen zwischen den Gipsfaser- und Gipskartonplatten sind mit einer Spachtelmasse zu verfüllen und eventuell mit einem Papier- oder Glasfaserbewehrungsstreifen zur Erhöhung der Risssicherheit zu verspachteln.

- Oberflächenabschluss:

Die raumabschließende Oberfläche kann mit einem Anstrich, einer Verfliesung, Tapezierung oder mit einem Putz versehen werden. Alkalische Beschichtungen wie Kalk-, Wasserglas und Silikatfarben sind nicht geeignet zur Beschichtung von Untergründen aus Gipsplatten. Dispersions-Silikatfarben können bei entsprechender Empfehlung der Farbenhersteller und genauer Beachtung derer Hinweise verwendet werden.

- Beständigkeit:

→ siehe Kapitel 2.1.1

- Plattenabmessungen:

l x b = 2.500 - 2.750 x 600 - 1.250 mm, d = 20 - 80 mm (PS) + 9,5 -12,5 mm (GK, GF)

- Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung: (11)

### 2.2.2 Polyurethan/Polyisocyanurat –Verbundplatten (PUR/PIR-Hartschaum)

[83, Linzmeier PAL GKW]

Verbundplatten aus Gipskarton- und Gipsfaserplatten mit PUR-Hartschaum werden für Innendämmungen eingesetzt. Sie werden mit einer beidseitig integrierten Dampfsperre hergestellt.

- Verarbeitung:

Die Platten können mit einer Handkreis- oder Fuchsschwanzsäge zugeschnitten werden. Die leichten und handlichen Platten werden großformatig hergestellt und erleichtern durch eine Nut- und Federverbindung eine leichte und schnelle Verlegung.

- Befestigung:

Die Platten werden senkrecht auf die Wand oder Putz mit geeigneten Klebern verklebt, wobei die rückseitige Folie vorher entfernt wird. Durch eine Nut- und Federverbindung entsteht eine homogene, luftdichte Dämmung. (aluminiumkaschierte Feder). Bei der Verlegung ist auf einen Versatz der Querstoßverbindungen zu achten (siehe Abbildung 2.6).

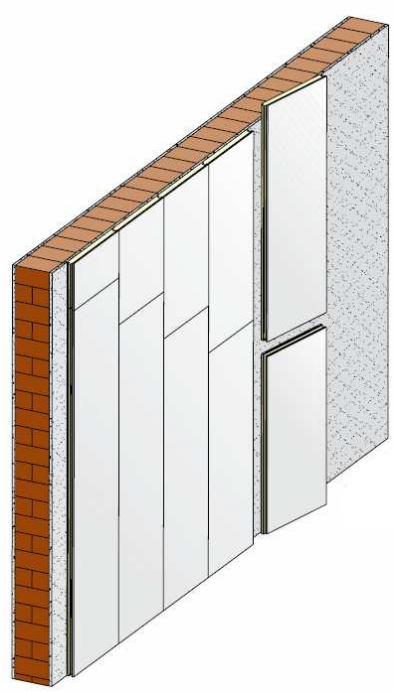


Abb. 2.6: Versetzte Querstoßverbindung [Linzmeier]

- Oberflächenabschluss:

Die kaschierten Gipskarton- und Gipsfaserplatten werden verspachtelt und können nach dem Trocknen tapeziert oder verputzt werden.

- Beständigkeit:

Sie sind verrottungssicher, druckfest, unempfindlich und geruchsneutral. Weitere Angaben zur Beständigkeit des Dämmstoffes siehe Kap. 2.1.5.

- Plattenabmessungen:

l x b = 2.500 x 620 mm, d = 30 - 60 mm (PUR) + 9,5 -10 mm (GK, GF)

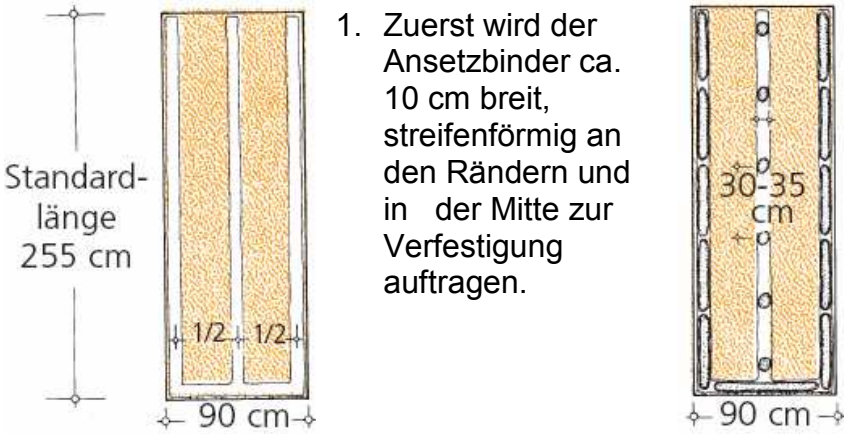
- Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung: (12)

### 2.2.3 MW-Verbundplatten

[Knauf-Verbundplatte MF, Rigips Rigitherm MF]

Im Unterschied zu PS- und PUR-Verbundplatten hat die MW-Verbundplatte eine Dämmschicht aus Mineralwolle. Außerdem werden die Dämmplatten nur in Kombination mit Gipskartonplatten angeboten. Zwischen den beiden Schichten befindet sich zur Sicherung des Feuchteschutzes eine aufkaschierte Dampfbremse.

Die großformatigen MW-Verbundplatten werden auf gleiche Weise senkrecht und raumhoch angebracht. Dabei sind zwei Arbeitsgänge auszuführen [105]:




1. Zuerst wird der Ansetzbinder ca. 10 cm breit, streifenförmig an den Rändern und in der Mitte zur Verfestigung auftragen.
2. Auf die noch frischen Ansetz-Gipsstreifen Ansetzbinder in Batzen auftragen, im Randbereich streifenförmig in Plattenmitte punktförmig.

Abb. 2.7: Kleberauftrag auf MW-Verbundplatten [Rigips]

Es ist zu beachten, dass Dämmschicht und Dampfbremse im Fugenbereich nicht unterbrochen, sondern flächig durchgeführt werden.

Beim Ansetzen der Verbundplatte mit Dampfbremse werden die Fugen vor dem Verspachteln mit elasto-plastischem Dichtungsmaterial ausgespritzt, um damit eine durchgehende Dampfbremse zu sichern.

- Plattenabmessungen:

l x b = 2.500 - 2.750 x 900 - 1.250 mm, d = 20 - 60 mm (PS) + 12,5 mm (GK, GF)

- Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung: (13)

## 2.3 Vorsatzschalen

Innendämmungen können auch als raumhohe Vorsatzschalen in Trockenbauweise hergestellt werden. Sie eignen sich vor allem zum Ausgleich von großen Wandunebenheiten. Eine Vorsatzschale besteht im Wesentlichen aus folgendem Konstruktionsaufbau:

- Dämmschichtebene
- tragende Unterkonstruktion
- Dampfbremse
- raumseitige Beplankung.

Die verwendeten Dämmstoffe für die Vorsatzschale werden zwischen der Unterkonstruktion eingebracht. Da sie keine raumabschliessende Funktion hinsichtlich mechanischer Beanspruchbarkeit besitzen, müssen sie durch eine Beplankung mit einer harten Bauplatte geschützt werden. Wird eine dampfbremsende Folie aufgebracht, wird diese ebenfalls durch die Beplankung vor mechanischer Belastung und Beschädigungen geschützt.
Vorsatzschalen haben den Vorteil, dass Installationsleitungen in der Dämmebene eingelegt werden können.

### 2.3.1 Unterkonstruktion

Die Unterkonstruktion dient einerseits zur Anbringung der Beplankung, ermöglicht andererseits eine Aussteifung der Vorsatzschale in Verbindung mit der Beplankung.
Die gebräuchlichsten Profile für die Unterkonstruktion bestehen aus Metall oder Holz und ergeben nach Montage ein Metall- oder Holzständerwerk.

<u>- Metallständerwerk:</u>

Metallprofile werden aus korrosionsgeschütztem (verzinktem) dünnwandigem Stahl durch Kaltverformung hergestellt. Als Rohstoffe dienen weiche unlegierte Stähle. Die Regelblechdicken der Profile betragen 0,60, 0,75 bzw. 1,00 mm. Aussteifungsprofile für Wandöffnungen, Türzargen usw. sind gewöhnlich 2,0 mm dick.
Je nach erfüllender Funktion wird zwischen CW-, UW- und UA-Profilen für die Vorsatzschalenkonstruktion unterschieden.

<u>CW-Profile</u> (= C-Ständerprofile für Wände) sind zur Aussteifung am Ende der Profilflansche abgekantet und umbördelt. Sie weisen gewöhnlich im Stegbereich Ausstanzungen für die Durchführung von Installationsleitungen auf. Je Ständer ist bei Wandhöhen ≤ 3,0 m ein Ausschnitt in dessen oberen und unteren Drittel möglich, die maximale Größe des Ausschnittes wird durch die Steghöhe in Höhe und Breite begrenzt.
Der Flansch der CW-Profile dient als Auflagefläche für die Bauplatten und muss deshalb im Minimum 48 mm breit sein, um die auf dem Flansch gestoßenen Platten problemlos befestigen zu können. Die Steghöhe ist so gestaltet, dass es einwandfrei und passgenau in das UW-Profil eingestellt werden kann.

CD-Profile (C-Profile für Decken) sind am Ende der Profilflansche umgebogen oder abgeknickt zur Aufnahme des Abhängers. Sie finden aber auch für Vorsatzschalen von Wänden Verwendung.

UW-Profile (= U-Anschlussprofile für Wände) sind ohne Abkantung oben offen, damit die CW-Profile eingestellt werden können.

UA-Profile (=U-Aussteifungsprofile) sind ohne Abkantung oben offen. Sie weisen eine Blechdicke von 2,0 mm auf und dienen zur Aussteifung von Wandöffnungen,Türzargen usw.

Analog zu den Wandprofilen gibt es auch für abgehängte Decken CD- und DU-Profile als Aussteifungs- bzw. Anschlussprofile. Zudem sei noch gesagt, dass es noch eine Vielzahl weiterer Profile gibt, wie etwa z.B. für Wandinnen- und Aussenecken (LWi und LWa).

Der Zuschnitt von Profilen erfolgt mit Blechschere, Schlagschere, Knabberer oder Metallkreissäge – niemals mit Trennschleifer/ Flex, da sonst der Korrosionsschutz durch Verbrennung zerstört wird.

- Holzständerwerk:

Als Werkstoffe werden Vollholz, Leimholz oder Flachpressplatten verwendet. Die Holzlatten werden flucht-, lot- und waagrecht in einem Dübelabstand von 100 cm an die Massivwand befestigt. In der DIN 4103-4 sind erforderliche Mindestquerschnitte für nicht tragende innere Trennwände in Abhängigkeit von Einbaubereich, Wandhöhe und Wandkonstruktion geregelt. Bei einer Raumhöhe von 2600 mm und einem Achsabstand der Holzständer von höchstens a = 625 mm wird für einseitige Beplankungen, das einer freistehenden Vorsatzschale entspricht, ein Mindestquerschnitt von 40/60 mm erforderlich. Es wird empfohlen, dass die Breite der Holzständer unter Beplankungsstößen mindestens 48 mm beträgt, entsprechend den Metallständern. [31]

Für den umlaufenden Rahmen wählt man meistens quadratische Profile. Das am Boden liegende Holzprofil bezeichnet man als Schwellholz, das an der Decke befestigte Rähmholz. Die Holzsteher werden mit den Schwell- und Rähmholz mit zwei Nägeln befestigt. Alternativ können Metallwinkel für diese Befestigung verwendet werden. [Lafarge-Gips]

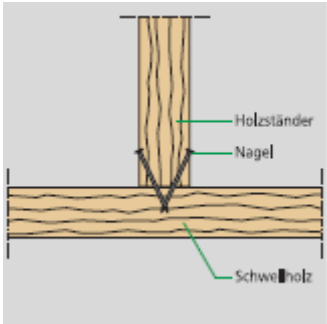
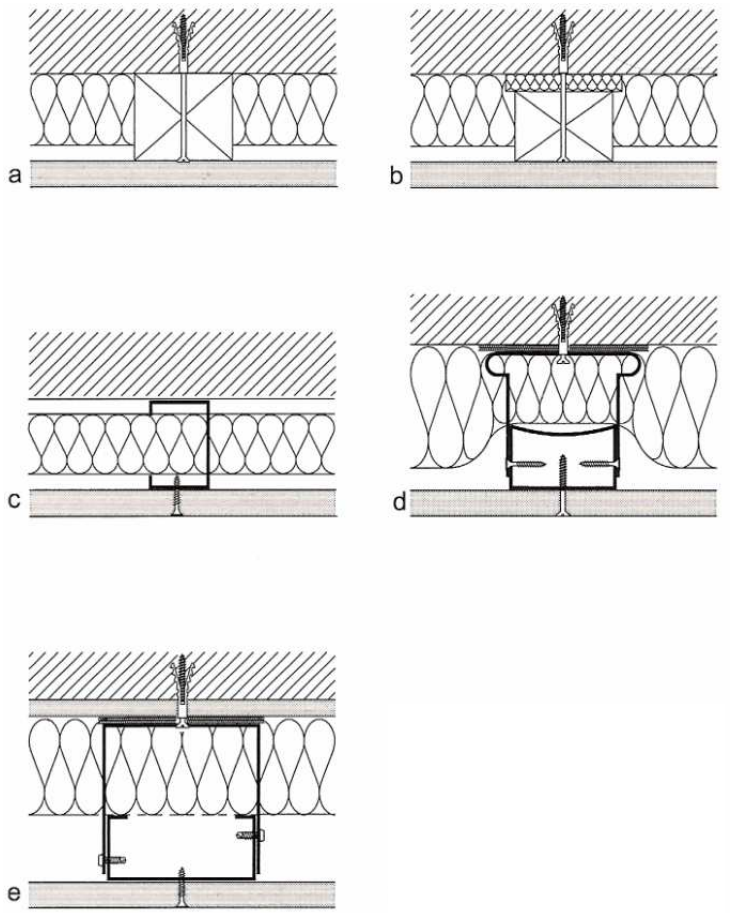



Abb. 2.8: Befestigung der Holzstiele [Lafarge-Gips]

Vorsatzschalen werden nach der Befestigungsmöglichkeit der Unterkonstruktion an die angrenzenden Bauteile unterschieden. Sie können entweder direkt an die Wand befestigt oder freistehend ausgebildet werden. In den Literaturen werden auch Verbundplatten sowie Dämmplatten mit getrennt geklebter Beplankung als angesetzte Vorsatzschalen bezeichnet. (z. B. im Trockenbaumonteur 105)

Folgende Abbildung zeigt unterschiedliche Befestigungsmöglichkeiten für Vorsatzschalen:




a) Holzständer unmittelbar an der Wand befestigt

b) Holzständer über Dämmstreifen an der Wand befestigt

c) frei stehende Ständer aus Holz oder Metall

d) CD- oder UW-Profil über Justier-Schwingbügel mit der Wand verbunden

e) CD-Profil über Direktabhänger mit der Wand verbunden

Abb. 2.9: Unterschiedliche Befestigungsmöglichkeiten von Vorsatzschalen [31]

### 2.3.1.1 Direkt befestigte Vorsatzschalen

Bei dieser Konstruktionsart wird einerseits die Unterkonstruktion aus Holz direkt auf die Wand mit geeigneten Befestigungsmitteln wie Schrauben oder Dübeln befestigt. Große Unebenheiten werden dabei mit Distanzhölzern oder –schrauben ausgeglichen. Die Anschluss- und Ständerprofile werden rückseitig für den Anschluss an flankierende Bauteile mit Trennwandkitt oder Dichtungsband versehen.

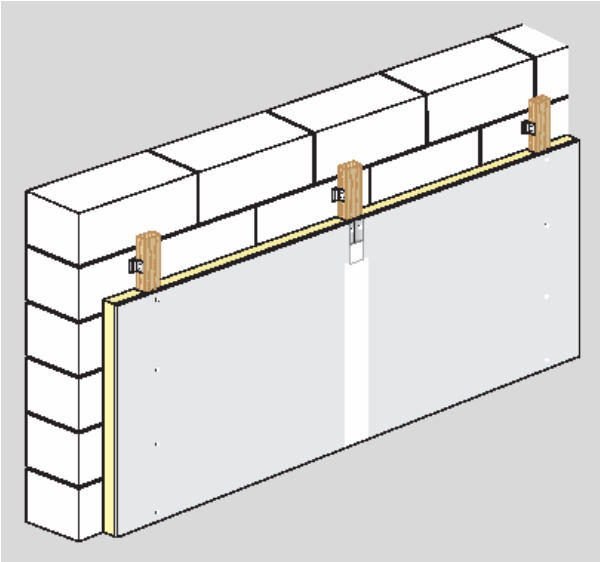


Abb. 2.10: Direkt, punktweise befestigte Vorsatzschale mit Holzunterkonstruktion [Lafarge-Gips]

Andererseits können direkt befestigte Vorsatzschalen punktweise mit Direktabhänger oder Justierschwingbügel in die Wand geschraubt werden. Bei dieser Art der Vorsatzschalen reduziert sich die Kontaktfläche der Unterkonstruktion auf die Auflagefläche der Schwingbügel oder Direktabhänger. Die Verschraubung zwischen Holz-/Metallständer und Justierschwingbügel/Direktabhänger erfolgt dann seitlich. [Lafarge-Gips]

Sie eignet sich vor allem bei sehr unebenen Wänden und bei erhöhten Schallschutzanforderungen. Die Holz-/Metallständer können schnell und einfach ausgerichtet werden. Justierschwingbügel werden alle 125 cm angeordnet.

Zur Reduzierung der Schallübertragung sollte die rückseitige Auflagefläche der Justierschwingbügel sowie Direktabhänger mit einem Anschlussdichtungsband versehen werden.

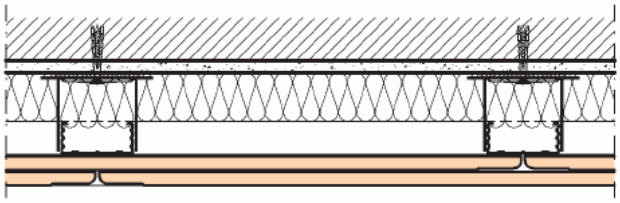


Abb. 2.11: Vorsatzschale mit Direktabhänger und CD-Profil – Grundriss [Knauf]

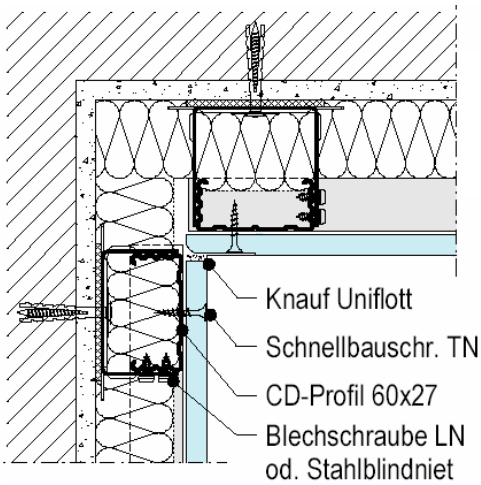



Abb. 2.12: Vorsatzschale mit Direktabhänger und CD-Profil – Grundriss [Knauf]

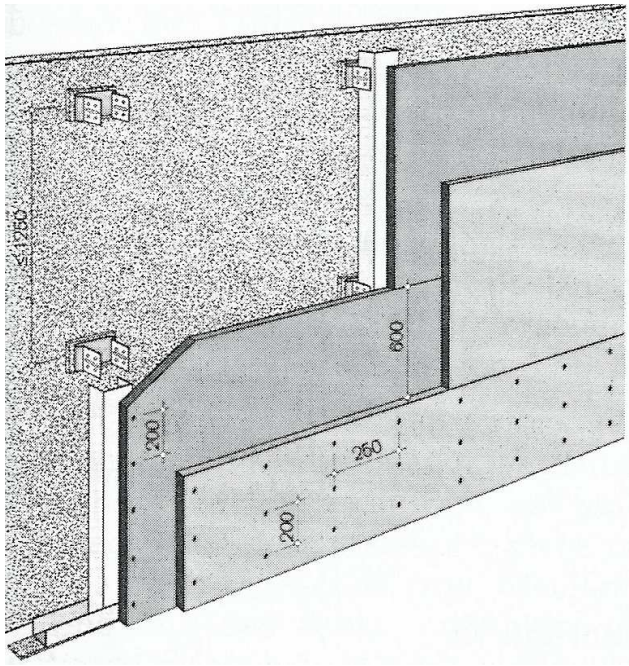
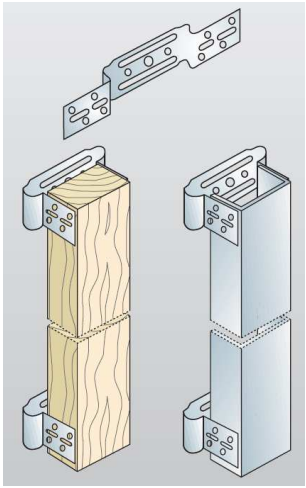



Abb. 2.13: Vorsatzschale mit Schwingbügel [105]



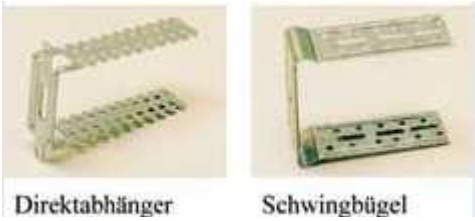



Abb. 2.14: rechts: Direktabhänger und Schwingbügel [Knauf]
links: Justierschwingbügel mit Holz-/Metallunterkonstruktion [Danogips]

#### 2.3.1.2 Freistehende Vorsatzschalen

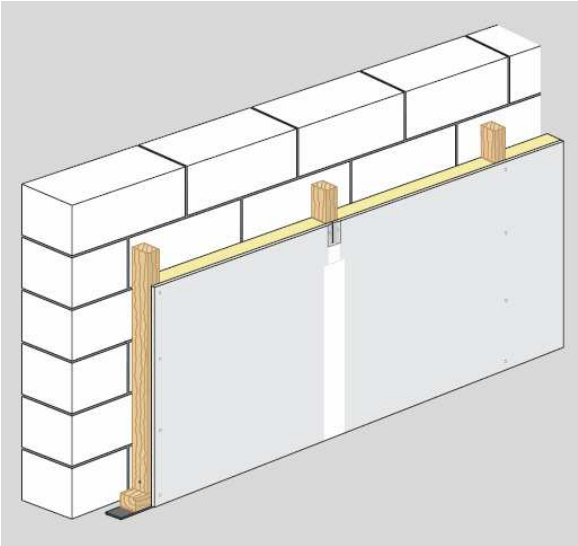


Abb. 2.15: Freistehende Vorsatzschale mit Holzunterkonstruktion [Lafarge-Gips]

Freistehende Vorsatzschalen werden bei geringer Tragfähigkeit der bestehenden Wand sowie zur Schallschutzverbesserung verwendet. Sie sind nicht mit dem dahinter liegenden Bauteil verbunden. Nach dem Einmessen der Lage der Vorsatzschale werden an Boden und Decke Anschlussprofile (UW- oder Holzprofile) mit Nageldübeln befestigt (Abstand < 1000 mm). Die Anschlussprofile werden mit Trennwanddichtungsband versehen. [Danogips]

Die erreichbaren Schallschutzverbesserungen sind dabei besonders hoch. Dies wird in Kapitel 3.3 näher erläutert.

### 2.3.2 Beplankung

#### 2.3.2.1 Gipsbauplatten

Gipskartonplatten und Gipsfaser sind die am weitest verbreiteten Bauplatten. Sie haben günstige bauphysikalische und baubiologische Eigenschaften und sind leicht verarbeitbar.

**Gipskartonplatten:**
[31, Knauf, Rigips, Danogips, Norgips]

werden auf Band gefertigt und bestehen aus einem Gipskern, der einschließlich der Längskanten mit Karton ummantelt ist, während die geschnittenen Querkanten den Gipskern zeigen. Der Karton ist mit dem Gipskern fest verbunden und hat die Funktion einer Bewehrung.

Es werden verschiedene Plattentypen hergestellt. Die gängisten sind Gipskarton-Bauplatten (GKB), Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF) und imprägnierte Gipskarton-Bauplatten (GKBi) sowie imprägnierte Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKFi).

- Zulässige Wandhöhen und Ständerabstände:

Die zulässigen Wandhöhen von Vorsatzschalen mit Gipskartonplatten werden in der ÖN B3415 und ÖN B3358-6 geregelt. Sie hängen vom Einbaubereich (große oder kleine Menschenansammlungen) sowie von den eingesetzten Profilformen und Beplankungsdicke (ein- oder doppellagig) ab.
Die Ständerabstände hingegen sind von der Anordnung der Ständer (Quer- oder Längsbefestigung) sowie von der Beplankungsdicke (ein- oder doppellagig) ab.

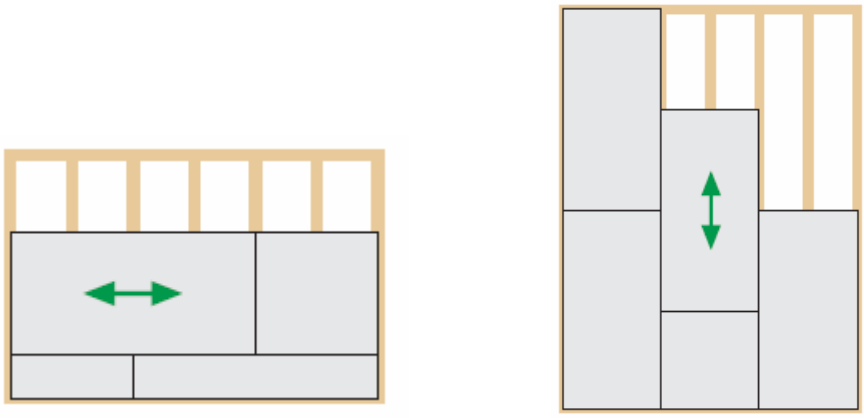


Abb. 2.16: Längs- (links) und Querbefestigung (rechts) der Gipskartonplatten [Lafarge-Gips]

- Verarbeitung:

Gipskartonplatten sind nach Anritzen des Kartons leicht zu brechen und leicht durch Sägen, Fräsen und Bohren zu bearbeiten, wobei es zu Staubentwicklung kommt.

- Befestigungsmittel:

Als Befestigung der Bauplatten an den tragenden Metall- oder Holzständern dienen Schnellbauschrauben (nach DIN 18182-2), Klammern (nach DIN 18182-3) oder Nägel (nach DIN 18182-4) und/oder firmenspezifische Befestigungsmittel. Zur Befestigung Metall an Metall bei Metallprofilen werden selbstbohrende Schrauben eingesetzt oder Nieten.

An Stößen und Kanten werden die Befestigungsmittel um 5-10 mm versetzt und folgende Randabstände eingehalten:

- kartonummantelte Kante: 10 mm
- Schnittkante: 15 mm.

Die Eindringtiefe der Schnellbauschrauben in die Profile der Metallunterkonstruktionen beträgt mindestens 10 mm, die Eindringtiefen der Befestigungsmittel in Holzunterkonstruktionen betragen:

- Schnellbauschrauben > 5 dN
- Klammern > 15 dN
- Nägel (glatter Schaft) > 12 dN

- Nägel (gerillter Schaft) > 8 dN

(dN : Nenndurchmesser bei Schrauben, Nägeln und Klammern)

Die Befestigungsmittel rechtwinklig zur Plattenebene sind so tief zu versenken, dass sie einwandfrei verspachtelt werden können. Es dürfen keine Verformungen (Stauchungen) entstehen. [Danogips]

- Bauphysikalische Eigenschaften:

Der hohe Anteil von Makroporen ermöglicht eine sehr schnelle Aufnahme und Abgabe von Wasser in flüssiger sowie in gasförmiger Form. Diese Porosität ist verantwortlich für ihre günstigen Eigenschaften. Bei hoher Luftfeuchtigkeit nimmt Gips größere Mengen Feuchtigkeit auf, bei trockener Luft gibt er die zuvor gespeicherte Feuchtigkeit wieder ab. Hier sei gesagt, dass vorübergehende Einwirkung von Feuchte unproblematisch ist, solange die Gipsbauteile immer wieder die Gelegenheit haben auszutrocknen.
Bezüglich Brandverhalten gehören GK-Platten der Baustoffklasse A2 (Nicht brennbar), nach DIN 4102-4 an.

- Beständigkeit:

Gipskartonplatten dürfen keiner länger anhaltenden oder dauerhaften Durchfeuchtung ausgesetzt werden. Durch Feuchtigkeit werden die mechanischen Eigenschaften und das Verformungsverhalten der Platten negativ beeinflusst, und bei länger anhaltendem Wasser wird das Gefüge zerstört. Eine nur vorübergehende Feuchteeinwirkung ist allerdings unproblematisch, solange die Platten die Möglichkeit haben auszutrocknen. Alkalische Beschichtungen wie Kalk-, Wasserglas und Silikatfarben sind nicht geeignet als Beschichtung von Untergründen aus Gipsplatten. Sonst bestehen keine empfindlichen Reaktionen mit anderen Baustoffen.

- Plattenabmessungen:

Die Platten haben eine standardisierte Regelbreite von b = 1250 mm. Die Länge variiert zwischen l = 2,0 bis 3,0 m. Gängige Plattendicken sind d = 9,5 mm, 12,5 mm und 15 mm und können bis d = 25 mm betragen. [31]

- relevante Normen:

DIN 18180, ÖN B 3410, ÖN B 3358-6

**Gipsfaserplatten:**
[Rigips Rigidur, Fermacell Gipsfaserplatten]

sind ein faserverstärkter Werkstoff, der aus einem Gemisch aus Gips, Papierfasern und eventuell weiteren Zusätzen besteht. Die Zellulosefasern werden überwiegend aus Altpapier gewonnen, sie dienen als Bewehrung der Platte.

- Verarbeitung:

Das Zuschneiden der Platten erfolgt durch Sägen. Bei Platten bis 15 mm Dicke ist auch Ritzen mit einem speziellen Plattenreißer und Brecher möglich. Die Platten können weiter durch Bohren und Schleifen bearbeitet werden.

- Befestigung:

Zur Befestigung der Gipsfaserplatten in die Unterkonstruktion werden Schnellbauschrauben, Nägel oder Klammern verwendet. Mitunter werden auch rückseitig aufgebrachte Klemm- und Hängesysteme verwendet. Da es keine Normung zu dieser Bauplatte gibt, sondern nur Prüfbescheide und bauaufsichtliche Zulassungen, variieren die Angaben zur Befestigung je nach Herstellerrichtlinien. Wobei davon auszugehen ist, dass bei Verwendung von Schnellbauschrauben ≥ 30 mm für die Befestigung von einseitiger Beplankung üblicher Dicken zwischen d = 10 mm und 15 mm, wie sie bei Vorsatzschalen vorzufinden ist, ein Abstand von a = 250 mm gewählt wird.

- Bauphysikalische Eigenschaften:

Gipsfaserplatten weisen ähnliche Eigenschaften wie Gipskartonplatten auf. Sie können deshalb für gleiche Verwendungszwecke eingesetzt werden. Unabhängig vom Anwendungsbereich kommt grundsätzlich nur ein Plattentyp zum Einsatz.

- Beständigkeit:

→ siehe Gipskartonplatten

- Plattenabmessungen:

Die Platten haben eine Regelbreite von b = 1249 mm. Die Länge variiert zwischen l = 1,5 bis 3,0 m. Gängige Plattendicken sind d = 10 mm, 12,5 mm, 15 mm und 18 mm. [31]

#### 2.3.2.2 Holzwerkstoffplatten

[31, 56, 59, 76, 82]

Bei Verwendung von Holz als Plattenwerkstoff werden OSB-Platten, Spanplatten sowie Holzfaser- oder Holzwolleleichtbauplatten eingesetzt.

**Spanplatten:**

Holzspanplatten werden durch Verpressen von relativ kleinen Holzspänen unter Verwendung von verschiedenen Bindemitteln hergestellt, wobei die Späne vorzugsweise parallel zur Plattenebene liegen. Ihr Einsatz sollte nicht als äußerste Schicht, sondern nur als Zwischenlage vorgenommen werden, wegen möglichen freigesetzten Ausdunstungen bei Verwendung kunstharzgebundener Platten. Formaldehydfrei sind zement- oder gipsgebundene Platten.

- Verarbeitung:

Spanplatten können im Allgemeinen wie Vollholz bearbeitet werden.

- Befestigung:

Sie können geschraubt, genagelt oder geklammert werden. Bei geeigneter Nutung können Spanplatten mit Nut und Feder verbunden werden.

- Bauphysikalische Eigenschaften:

Die Spanplatten besitzen als Holzprodukt eine geringe Wärmeleitfähigkeit. Die Diffusionsfähigkeit der Platten richtet sich nach dem Bindemittel in der Platte, sowie der Verklebung der Platten untereinander. Sie können als Dampfbremse eingesetzt werden.

- Beständigkeit:

Mit zunehmender Holzfeuchte neigen die Platten zu Quellen. Unterhalb des Fasersättigungsbereiches beträgt das Schwind- und Quellmaß 0,035 % in Plattenebene je Prozent Holzfeuchte, in Dickenrichtung sogar 2-3 %. Die Feuchtebeständigkeit der Platten hängt vom Bindemitteleinsatz ab. Platten mit hohen Feuchteanforderungen werden mit pilzabtötenden Mitteln behandelt und sollten deshalb nicht im Innenraum eingesetzt werden. Häufig werden V20 Platten, die Holzfeuchten bis 15 % im Gebrauchzustand aufnehmen dürfen, eingesetzt. Je nach Bindemittelart verhält sich die Beständigkeit gegen verdünnte und konzentrierte Säuren und Laugen sowie vor Einwirken organischer Lösungsmittel unterschiedlich. Sie sind durch tierische und pflanzliche Schädlinge gefährdet. Eine Gefahr vor Insektenbefall ist aber gering.

- Plattenabmessungen:

l x b = 2.800 – 5.600 x 2.070 mm, d = 6 – 40 mm

- relevante Normen:

ÖN EN 309

**OSB-Platten (Oriented Strand Board):**

sind verleimte Platten mit gerichteten Spänen. Es werden relativ lange, große Späne (Strands) eingesetzt, die längs oder quer zur Plattenrichtung orientiert sind. Die Strands in den Außenschichten sind parallel zur Plattenlänge bzw. -breite ausgerichtet. In der Mittelschicht können sie zufällig angeordnet oder im Allgemeinen rechtwinklig zu den Strands der Außenschichten ausgerichtet sein.

- Verarbeitung:

Die Befestigung und Verarbeitung erfolgt wie bei Spanplatten.

- Bauphysikalische Eigenschaften:

Die OSB-Platten besitzen als Holzprodukt eine geringe Wärmeleitfähigkeit. Durch ihre Dampfbremsende Wirkung können sie als Dampfbremse eingesetzt werden.

- Beständigkeit:

Durch die schichtenweise und richtungsorienterte Herstellung der OSB-Platten, haben benachbarte Schichten eine rechtwinkelige Ausrichtung zueinander. Deshalb haben OSB - Platten einen Absperreffekt gegen Quellen und Schwinden und somit eine hohe Dimensionsstabilität.

- Plattenabmessungen:

l x b = 2.500 – 5.000 x 607 – 2.500 mm, d = 8 – 40 mm

- relevante Normen:

ÖN EN 300

**Holzfaserplatten:**

Sie bestehen aus verholzten Fasern mit oder ohne Bindemittelzusatz. Unterschieden werden sie nach dem Härtegrad und der Oberflächenbeschaffenheit. So gibt es

harte, mittelharte bzw, mitteldichte und weiche Holzfaserplatten. Die weichen Holzfaserplatten werden noch in poröse, bitumenhaltige sowie wärmedämmende Platten unterschieden. Dabei ist für den Einsatz der weichen Plattenarten als Beplankung auf die Druckbelastbarkeit zu achten.

- Verarbeitung:

Die Befestigung und Verarbeitung erfolgt wie bei Spanplatten.

- Bauphysikalische Eigenschaften:

Je nach Holzfaserdichte variiert die Wärmeleitfähigkeit der Holzfaserplatten. Poröse Platten werden durch ihre geringe Leitfähigkeit auch als diffusionsoffener Dämmstoff eingesetzt. Mittelharte, mitteldichte und harte Holzfaserplatten weisen dagegen höhere Diffusionswiderstandwerte mit dampfbremsender Wirkung auf.

- Beständigkeit:

Die Platten dürfen keinen erhöhten Feuchtebelastungen ausgesetzt werden. Platten mit formaldehydhaltigen Bindemitteln können Formaldehyd emmitieren. Je nach Bindemittelart verhält sich die Beständigkeit gegen verdünnte und konzentrierte Säuren und Laugen sowie vor Einwirken organischer Lösungsmittel unterschiedlich. Im Allgemeinen tritt kein Insektenbefall auf.

- Plattenabmessungen:

l x b = 1.700 – 2.600 x 600 – 1.700 mm, d = 6 – 80 mm (Poröse HF-Platten)
l x b = 2.500 – 2.800 x 675 – 1.250 mm, d = 2 – 45 mm (Mitteldichte HF-Platten)
l x b = 2.500 x 1.250 mm, d = 3,2 – 8 mm (Hochdichte HF-Platten)

- relevante Normen:

ÖN EN 316

**Holzwolleleichtbauplatten:**
[Heraklith BM]

Magnesitgebundene Holzwolleleichtbauplatten werden als Putzträger auf die Holzlattenunterkonstruktion aufgebracht. Die raue Oberflächenstruktur eignet sich ideal als Putzträger. Die Platten können somit verspachtelt oder verputzt werden.

- Verarbeitung:

Die Platten werden mit einer Handkreis- oder Fuchsschwanzsäge zugeschnitten.

- Befestigung:

Die Platten werden mit Kompaktbauschrauben oder Breitrückenklammern auf die Unterkonstruktion befestigt, wobei die Stoßfugen mit geeigneten Klebern zu verkleben sind. Der Auftrag der Kleberaupe hat in der vorderen Hälfte der Plattendicke zu erfolgen (zum Putz zugewandte Seite). Der Randabstand der Schrauben sowie Klammern zum Plattenabstand beträgt a = 20 mm. Schwebende Plattenstöße sind möglich, wobei ein maximaler Achsabstand von 100 cm einzuhalten ist.

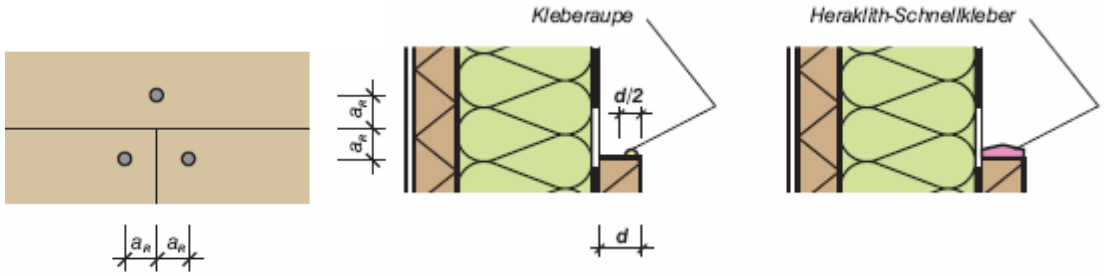



Abb. 2.17: Exemplarische Darstellung zur Befestigung der HWL-Platten [Heraklith]

- Bauphysikalische Eigenschaften:

Die Platten sind ab Dicken von 50 mm mit Innenputz hoch brandhemmend (F60). Sie besitzen im Vergleich zu anderen Beplankungen eine kleinere Wärmeleitzahl und auch eine gute Wärmespeicherfähigkeit. In feuchtetechnischer Hinsicht sind sie diffusionsoffen.

- Beständigkeit:

Die magnesitgebundenen Holzwolleplatten sind gegen Schimmelpilzbildung ausreichend resistent.

- Plattenabmessungen:

l x b = 1.250 – 2.000 x 500 mm, d = 25 – 100 mm

### 2.3.2.3 Calziumsilikat-Platten

Für Beplankungen können auch Calciumsilikatplatten zum Einsatz kommen. Sie werden überall dort eingesetzt, wo herkömmliche Ausbauplatten auf Gipsbasis aufgrund ihres feuchteempfindlichen Verhaltens und mangelnden Salzresistenz nur bedingt oder gar nicht eingesetzt werden können. [Redstone USP Sanierplatte]
Sie sind mechanisch belastbar und können somit übliche Lasten wie Haken und Regale aufnehmen.

- Verarbeitung:

Sie lassen sich wie Holzwerkstoffplatten mit normalen Holzbearbeitungswerkzeugen bearbeiten.

- Befestigung:

Die Platten lassen sich mit handelsüblichen Befestigungsmitteln wie Schrauben, Nägeln oder Klammern auf die Unterkonstruktion befestigen. [31]

- Bauphysikalische Eigenschaften:

Die feuchtepuffernde und diffusionsoffene Struktur des Kalziumsilikates gewährleistet ein behagliches Raumklima. Sie sind auch quell- und feuchteunempfindlich. Die Platten verhalten sich gegenüber Brandgefahr optimal und entwickeln keine gefährlichen Gase. [Redstone USP Sanierplatte]

- Beständigkeit:

Sie sind verrottungsfest, ungezieferresistent, stabil, schlagfest und langlebig.
Durch den hohen alkalischen pH-Wert des Materiales Kalziumsilikat und der hervorragenden feuchtetechnischen Eigenschaften wirkt sie schimmelpilzhemmend.

- Plattenabmessungen:

l x b = 1.220 x 811 mm, d = 6 – 15 mm

### 2.3.3 Vorsatzschalen mit Dämmplatten, -matten oder -rollfilzen

[37]

**Dämmmatten:**

sind auf Maß zugeschnittene stauchfähige Produkte, die zwischen einer Unterkonstruktion (Holz, Metall) eingeklemmt werden. Die Rückstellkräfte der Matten sind ausreichend hoch, so dass es nicht zu Setzungen kommen kann und die Matten sich selbst halten.

**Dämmplatten:**

sind halbfeste und feste auf Maß zugeschnittene Produkte. Die halbfesten Produkte sind gering stauchfähig, so dass sie in Haltekonstruktionen eingepasst werden können. Dämmplatten sind aufgrund ihres hohen Masseanteils absolut setzungssicher - andererseits geben sie aber einem evtl. Schwinden von Holzkonstruktionen nicht nach (was die Dämmmatten eher können). Tragekonstruktionen für Dämmplatten als Gefachdämmung dürfen daher kein bzw. ein nur sehr geringes Schwindmaß aufweisen (z.B. Metallständerwände, trockene

Holzkonstruktionen). Halbfeste Platten sind schalldämpfend, feste Platten aufgrund des hohen Gewichtes auch schalldämmend.

**Filze:**

Unter Filzen versteht man dünne Matten. Sie müssen ein Federdämm-Maß besitzen, also auch nach Belastung immer noch einfedern können, damit sie ihre Funktion erfüllen können. Hierfür eignen sich sehr gut Faserdämmstoffe mit einem hohen Rückstellvermögen.

#### 2.3.3.1 Mineralwolle

[Isover Akustic TP, Isover Protect BSP, Rockwool Sonorock, Rockwool Sonoroll 035, Heralan-FPL, Heralan-TPS]

Zur Gruppe der Mineralwolledämmstoffe gehören die Glaswolle- und Steinwolledämmungen. Beide eignen sich für den Einbau in Vorsatzschalen. In ihren Eigenschaften unterscheiden sie sich kaum voneinander. Gemäß ÖN B 6035 können folgende Produktarten eingesetzt werden:

| | |
|---|---|
| MW-W | (nicht druckbelastbar), |
| MW-WF | (nicht druckbelastbar und fester als MW-W), |
| MW-WV | (beanspruchbar auf Zug im rechten Winkel zur Probenebene), |
| MW-WD | (druckbelastbar, beanspruchbar auf Zug im rechten Winkel zur Probenebene) |
| MW-PT | (hohe Zugfestigkeit senkrecht zur Probenebene als Putzträgerplatte). [113] |

Eine Dämmplatte der Produktart MW-W ist für den Einsatz in Vorsatzschalen ausreichend geeignet, da sie durch den Schutz der Beplankung nicht druckbelastbar sein muss.

- Verarbeitung:

→ siehe Kapitel 2.1.7

- Befestigung:

Die Dämmplatten und -matten werden zwischen der Unterkonstruktion der Holz- und Metallständer eingeklemmt. [113]
Die Rollfilze müssen mit Klammern befestigt werden.

- Bauphysikalische Eigenschaften:

Mineralwolledämmstoffe sind brandbeständig und daher für besondere Brandschutzanforderungen geeignet. Sie besitzen sehr gute Wärmedämmwerte, aber ein geringes Wärmespeichervermögen. In feuchtetechnischer Hinsicht sind sie diffusionsoffen und haben kein kapillares Saugvermögen. Werden die Matten feucht oder nass, sinkt ihr Wärmedämmvermögen entsprechend. Durch einen

vergleichsweise hohen Strömungswiderstand ergeben sich auch sehr gute Schalldämmwerte. [31]

- Beständigkeit:

→ siehe Kapitel 2.1.7

- Lieferformen/Abmessungen:

Platten, Matten: l x b = 1.200 x 625 mm, d = 20 -100 mm
Filz: l x b = 5.700 -10.000 x 625 mm, d= 40 -140 mm

- Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung: (14)

#### 2.3.3.2 Flachs

[Heraflax, Flachshaus Dämmplatte DP, Pavaflax, Naturbauhof Flachs Dämmplatten DP]

Flachsdämmstoffe werden in Form von Dämmplatten unter Plattenverkleidungen oder Stopfwolle für Innendämmungen eingesetzt.

- Verarbeitung:

Die Verarbeitung der Dämmplatten ist leicht und hautsympathisch. Die robusten Naturfasern und der dauerhafte Naturkleber verleihen ihr die hohe Elastizität und Formbeständigkeit. Flachsdämmplatten sind trocken zu lagern und zu verarbeiten. Der Zuschnitt ist einfach und sauber auszuführen mit einem Dämmstoffmesser, Handfuchsschwanz (mit feiner Dreieckzahnung), einem Elektro-Fuchsschwanz mit oszillierenden Schneiden (Wellenschliff- oder Holzsägeblatt), einer Band- oder Baukreissäge. Durch die elastische Vliesstruktur der Platten bleiben sie kantig und formstabil. Auch das Verlegen von Installationsleitungen in der Dämmebene ist leicht, denn der Dämmstoff passt sich der Leitungsführung an. [113]

- Befestigung:

Die Platten werden zwischen der Unterkonstruktion mit 10-20 mm Übermaß eingeklemmt und mittels verzinkte Klammern oder Tacker seitlich an Holzständer eventuell angeklammert, damit sie nicht abrutschen. Dabei sind die Platten dicht an dicht zu verlegen. So können die Fasern an den Berührungsstellen in einander verfilzen und durch ihre Elastizität passen sie sich fugenfrei der seitlichen Begrenzung an. [Flachshaus]
Stopfwolle wird in Ritzen und Hohlräume gestopft. [113]

- Bauphysikalische Eigenschaften:

Die Flachsdämmplatten besitzen sehr gute Wärme- und Schallschutzeigenschaften. Als Naturfaser-Dämmplatte gehört sie zu den wärmedämmungsfähigsten Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen. In brandschutztechnischer Hinsicht werden sie gemäß ÖN B 3800 in B2 (normal brennbar) eingestuft. Sie eignen sich daher nicht für Konstruktionen mit erhöhten Brandschutzanforderungen. Aufgrund der robusten Flachsfaser, mit der Fähigkeit Luftfeuchte aufzunehmen und auch wieder abzugeben, können die Dämmplatten in diffusionsdichten und diffusionsoffenen Konstruktionen eingesetzt werden. Sie haben nur einen geringen Diffusionswiderstand und sind somit diffusionsoffen. [113]

- Beständigkeit:

Die Platten bestehen zum größten Teil aus Kurzfasern des Flachsstängels. Sie werden entweder mit Kartoffelstärke oder Polyesterfasern zu Platten gebunden. Die Polyesterfasern verleihen dem Dämmstoff eine höhere Elastizität. Als Flammschutzmittel werden, je nach Hersteller, Borate und Ammoniumsulfate bzw. Ammoniumphosphate eingesetzt. Aufgrund der natürlichen enthaltenen Bitterstoffe sind sie von Natur aus resistent gegen Schädlingsbefall durch Insekten oder Nagetiere und durch die Zusätze resistent gegen Fäulnis und Schimmelpilzbefall.

- Lieferformen/Abmessungen:

Platten: l x b = 1.200 x 580 - 775 mm, d = 100 – 220 mm

- Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung: (15)

#### 2.3.3.3 Holzfaser

[113, Homatherm Holzflex, Gutex Thermoflex/Thermosafe, Steico Flex, Steico Therm, Pavatex Pavatherm]

Für Innendämmungen werden Holzfaserdämmplatten verwendet. Sie bestehen aus Schwach- und Restholz, welches zerkleinert, zerfasert und anschließend unter Druck zu Platten geformt, gepresst und getrocknet wird. Während dieses Vorgangs findet eine Verfilzung und Verklebung der Fasern durch die holzeigenen Harze statt. So werden Zusätze herstellerspezifisch zur Verbesserung der Stabilität, des Flammschutzes und gegen Schimmelpilzbefall beigemengt.

- Verarbeitung:

Die Platten können mit Dämmstoffmessern oder handelsüblichen Holzbearbeitungswerkzeugen einfach und schnell bearbeitet werden. Nach den Dämmarbeiten muss das Gefach zeitnah geschlossen werden. Bei dauerhaftem Umgang mit Verarbeitungsstaub muss für ausreichende Be- und Entlüftung gesorgt werden. Weiterhin wird die Verwendung einer handelsüblichen Staubmaske

empfohlen. Bei Verlegung mehrerer Schichten übereinander, sind die Stoßfugen zu versetzen.

- Befestigung:

Bei Verwendung von elastischen Holzfaserplatten werden diese durch Übermaß der gemessenen lichten Weite in die Gefachunterkonstruktion eingeklemmt. Härtere Platten werden mit einem komprimierbaren Randdämmstreifen wie Kokosfilzstreifen, oder in Form von Dämmkeilen zwischen die Ständer eingeklemmt.
Für den Einbau zwischen Ständerkonstruktionen geben Hersteller zulässige Klemmweiten in Abhängigkeit der Dämmstoffdicke an.

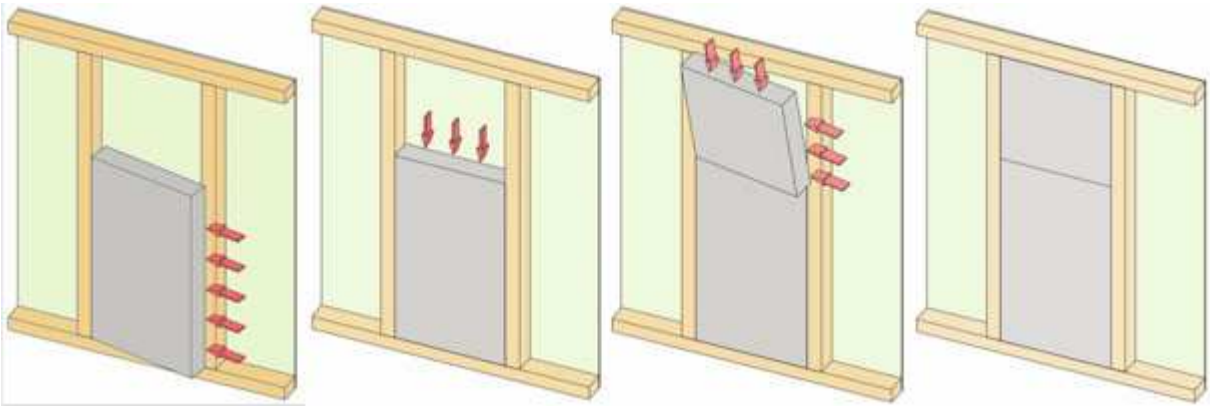


Abb. 2.18: Einbauschema [Homatherm]

Einbauhinweise für das Einklemmen in die Holz-/Metallständerunterkonstruktion:

- Mit Übermaß zuschneiden, vertikal einklemmen
- Nach Einpassen der Platte horizontal stauchen
- Mit Übermaß zuschneiden und einklemmen
- Der Dämmstoff ist fugendicht eingebaut

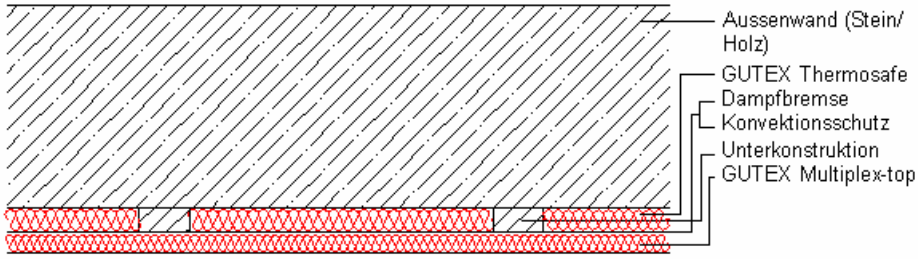
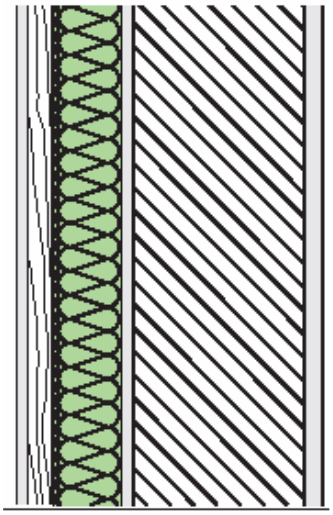



Abb. 2.19: Vorsatzschale mit Holzunterkonstruktion und Holzfaserdämmplatten im Gefachbereich, Beplankung mit Holzweichfaserplatte mit Nut und Feder [Gutex]

Eine weitere Möglichkeit besteht, die Platten im Verband und fugendicht direkt auf den Wandbildner mit Dämmstoffdübeln zu fixieren. Im weiteren Schritt erfolgt die Verlegung der Dampfbremse mit Überlappung. Die endgültige Befestigung der Dämmplatten erfolgt über die Montage der Lattung mit Rahmendübeln und –schrauben. (siehe Abbildung 2.20)



Aufbau von links nach rechts:

| | |
|---|---|
| 12,5 mm | Gipskarton- oder Gipsfaserplatte |
| 30 mm | Holzlattung/ ruhende Luftschicht |
| | Dampfbremse |
| 80 mm | Dämmplatte |
| 15 mm | Innenputz |
| 240 mm | Mauerwerk Vollziegel |
| 20 mm | Außenputz |

Abb. 2.20: Innendämmsystem mit Holzfaserplatten [Pavatex]

- Bauphysikalische Eigenschaften:

Die Holzfaserdämmplatten weisen einen guten Wärme- und Schallschutz auf. Je nach Produkt ist die Wärmedämmung sehr gut bis mittel, die spezifische Wärmespeicherfähigkeit im Vergleich zu anderen Dämmstoffen hoch. Sie sind dampfdiffusionsoffen und dabei gleichzeitig winddicht. Sie besitzen eine feuchteregulierende Wirkung. In brandschutztechnischer Hinsicht sind sie nach ÖN B 3800 mit B2 (normal brennbar) eingestuft. Sie sind daher nicht für Konstruktionen mit erhöhten brandschutztechnischen Anforderungen geeignet.

- Beständigkeit:

Wie bei anderen Holzwerkstoffen auch ist für die Haltbarkeit die Feuchtigkeitsbelastung bestimmend. Die Praxisbewährung beträgt über 50 Jahre. [113]

- Lieferformen/Abmessungen:

Platten: l x b = 1.200 – 2.500 x 570 – 1.200 mm, d = 20 – 200 mm

- Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung: (16)

#### 2.3.3.4 Zellulose

[Homatherm flex CI]

Für die Innendämmung können auch Zelluloseplatten in Vorsatzschalen-konstruktionen verwendet werden. Sie sind sehr flexibel, biegsam und anpassungsfähig. Obwohl sie aus Altpapier hergestellt werden, besitzen sie gute Eigenschaften für den Einsatz in Vorsatzschalen als Wärme- und Schalldämmung.

- Verarbeitung:

Die Platten werden mit einem Dämmstoffmesser, einer elektrischen Fuchsschwanzsäge oder Bandsäge einfach zugeschnitten. Bei dauerhaftem Umgang mit Verarbeitungsstaub ist für ausreichende Be- und Entlüftung zu sorgen. Weiterhin wird die Verwendung einer handelsüblichen Staubmaske empfohlen. (flex Cl)

- Befestigung:

Auf Grund ihrer guten Elastizität werden sie zwischen den Holz-/Metallständern der Unterkonstruktion mit Übermaß eingeklemmt. Vom Hersteller werden zulässige Klemmweiten in Abhängigkeit der Plattendicke angegeben, damit ein Absetzen der Dämmplatten verhindert werden kann. Durch das dichte Verlegen entsteht ein fugenfreier Einbau. Die Rückstellfähigkeit der Platten reagiert selbst auf das Schwindverhalten von Holz, so dass auch später keine Schall- und Wärmebrücken auftreten können. Das Gefach soll nach dem Einbau der Zellulosedämmplatten zeitnah geschlossen werden.

- Bauphysikalische Eigenschaften:

Zellulosedämmplatten besitzen gute Wärme- und Schalldämmeigenschaften. Durch die hohe Dichte haben sie eine hohe Wärmespeicherfähigkeit und eine entsprechend gute Luftdichtigkeit. Sie sind dampfdiffusionsoffen, kapillarleitend, feuchteresistent und haben eine feuchteausgleichende Funktion durch die hohe Sorptionsfähigkeit. (flex Cl) [91] Durch Zugabe von Flammschutzmittel werden die Platten in die Brandklasse B2 (normal brennbar) eingestuft.

- Beständigkeit:

Sie sind gegen Schimmelpilze, Nagetiere und Ungeziefer beständig. Kurze Durchfeuchtungen werden bei diffusionsoffenen Aufbauten problemlos abgebaut. Längere Durchfeuchtungen sind zu vermeiden, da sie fäulnisgefährdet werden. [124]

- Lieferformen/Abmessungen:

Platten: l x b = 1.200 x 570 – 625 mm, d = 30 – 180 mm

- Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung: (17)

#### 2.3.3.5 Hanf

[113, Thermohanf, Eurohanf]

Hanfdämmstoffe werden in Form von Platten, Matten, Filze und Stopfwolle für Innendämmungen mit Vorsatzschalen angeboten.

- Verarbeitung:

Sie lassen sich ohne besondere Schutzmaßnahmen mit Dämmstoffmessern, Elektro-Handsägen oder Fuchsschwanzsägen bearbeiten. Sie sind hautfreundlich und erzeugen kein Jucken oder Kratzen während der Verarbeitung.

- Befestigung:

Die Hanfdämmplatten/-matten sind hoch elastisch und werden mit Übermaß zwischen den Ständern der Unterkonstruktion eingeklemmt und gegebenenfalls mittels Tacker seitlich am Holz angeklammert (eher bei geringen Dicken), um ein Abrutschen oder Absacken zu verhindern. [113]

- Bauphysikalische Eigenschaften:

Mit Hanfdämmstoffen lassen sich gute Wärme- und Schallschutzeigenschaften erzielen. Die Wärmespeicherfähigkeit ist nicht so gut, dafür sind sie sehr feuchtigkeitsbeständig. Die Dämmstoffe sind diffusionsoffen und haben das Vermögen, große Mengen an Feuchtigkeit zu regulieren. Die Feuchtigkeitsaufnahme und –abgabe erfolgt dabei sehr rasch. Damit wird eine Gleichgewichtsfeuchte angestrebt, die ein angenehmes Raumklima schafft. Direkte Nässe sollte, wie bei allen Baustoffen, vermieden werden. Sie sind zwar feuchteresistent, dennoch soll die Feuchtigkeit schnell abgegeben werden können.
Sie sind leicht entflammbar, wobei mit brandhemmenden Zusätzen B2 (normal brennbar) erreicht werden kann. Für Konstruktionen mit brandschutztechnischen Anforderungen sind sie daher nicht geeignet.

- Beständigkeit:

Der Hanfdämmstoff ist gemäß Herstellerangaben widerstandfähig gegen Fäulnis, Schimmelbefall und Ungeziefereinwirkung. Sie sind neben Kokosfasern die fäulnisbeständigsten Naturfasern.

- Lieferformen/Abmessungen:

Platten/Matten: l x b = 1.200 - 2.000 x 570 - 1.000 mm, d = 30 - 240 mm
Rollfilze: l x b = 6.000 - 10.000 x 580 - 625 mm, d = 30 - 80 mm

- Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung: (18)

#### 2.3.3.6 Kokos

[Emfa Kokoswandplatte]

Für Innendämmungen mit Vorsatzschalen werden Kokosdämmfilze verwendet. [113]

- Verarbeitung:

Der Zuschnitt erfolgt mittels Wellenschliffmesser oder maschinell mit Handkreis- oder Stichsägen.

- Befestigung:

Die Kokosdämmfilze werden zwischen den Holz-/Metallständern der Unterkonstruktion eingeklemmt. Es sind geeignete Befestigungsmaßnahmen vorzusehen, damit die Bahnen nicht rutschen können und dadurch keine Wärmebrücken gebildet werden. In eingebautem Zustand bleiben die Fasern dauerhaft elastisch.

- Bauphysikalische Eigenschaften:

Die Kokosdämmfilze verfügen über eine gute Wärmedämmung und sehr gute Schallschutzeigenschaften. Sie werden in die Brennbarkeitsklasse B2 (normal brennbar) gemäß ÖN B 3800 eingestuft.

- Beständigkeit:

Sie ist schwer verrottbar, da die verrottbaren Stoffe bereits beim Rösten der Kokosschale abfaulen. Für die hohe Beständigkeit gegen Schimmel sind in den Fasern enthaltene Gerbstoffe verantwortlich.

- Lieferformen/Abmessungen:

Rollfilze: l x b: 10.000 x 400 - 600 mm, d= 20 - 35 mm

- Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung: (19)

### 2.3.4 Vorsatzschalen mit Einblas-, Sprüh- oder Schüttdämmung

#### 2.3.4.1 Zellulosedämmung

[Isocell, Isofloc, Dämmstatt's CI 040, Homatherm fine floc, Climacell Standard]

Die Zellulosedämmung in Flockenform wird entweder im nassen Sprühverfahren, Einblasverfahren, oder als Schüttdämmung zwischen die Holz-/Metallständerunterkonstruktion eingebracht. Sie werden je nach Verfahren und Verarbeitung mit unterschiedlichen Rohdichten verarbeitet. Zur Gewährleistung der Setzungssicherheit der Dämmstoffflocken muss eine Mindestrohdichte eingehalten werden. Diese ist vom Verfahren, der Dämmstoffdicke, Art der Beplankung und vom Ständerabstand abhängig. Die Flocken werden komprimiert in PE-Säcken abgefüllt und müssen deshalb vor den Einbau aufgelockert werden. [Dämmstatt-Verarbeitungsrichtlinien]

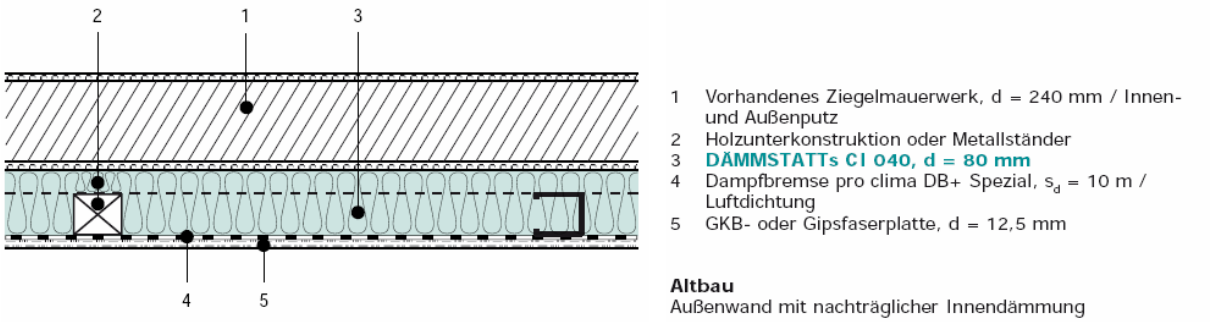



Abb. 2.21: Freistehende Vorsatzschale mit Zellulose-Eindlasdämmung [Dämmstatt]

Sprühverfahren (CSO-Verfahren)[1]:
(Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung: (24))

Bei diesem Verfahren werden die Dämmstoffflocken von Fachfirmen maschinell durch Aufsprühen unter Zugabe von Wasser und eventuell zusätzliche Klebe- oder Bindemittel auf die offene Unterkonstruktion zwischen der Gefachkonstruktion aufgebracht. Die entstandene Oberfläche wird mit der Ständerkonstruktion mit einer Bürstenwalze plan abgezogen. Dadurch entsteht vor Ort eine plattenförmige, steife Dämmschicht. Der Dämmstoff passt sich dabei an unebene Flächen und Begrenzungen fugenlos an, wodurch Hohlräume unterbunden werden.
Durch die Wasserzugabe muss vor allem beachtet werden, dass die Wand erst nach dem vollständigen Austrocknen der Dämmung geschlossen werden darf. In kalten Monaten muss die Austrocknung mit einem Bautrockner unterstützt werden.
Dieses Verfahren eignet sich vor allem bei Vorsatzschalen mit Installationen in der Dämmebene, bei denen der Verlauf der Installationen schwer nachvollziehbar und dadurch das Einbringen des Dämmstoffs im Einblasverfahren erschwert ist. [91]

Abb. 2.22: Aufsprühen der Zelluloseflocken im CSO-Verfahren und Abziehen der Fläche (links oben) [Dämmstatt]

[1] Compact-Spray-On-Vefahren

Einblasverfahren:
[31, 120]
(Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung: (21))

Die Dämmstoffflocken werden von Fachfirmen mit einer geeigneten „Blasmaschine“ eingeblasen, d.h., die Zelluloseflocken können nur in geschlossenen Hohlräumen eingesetzt werden. Von Vorteil ist, dass die Dämmung in beliebige Formen eingebracht werden kann, auch in schwer zugänglichen Bereichen, ohne Zuschnitt und Verschnitt. Es ist darauf zu achten, dass die Dämmflocken auch wirklich gleichmäßig in dem zu dämmenden Bereich verteilt sind. Zudem ist sicherzustellen, dass die Dämmflocken, bedingt durch das lose Einbringen, sich mit der Zeit setzen, wodurch ungedämmte Bereiche entstehen können.
Nachteil dieses Verfahrens ist, dass es keine einfachen Kontrollen gibt, um zu überprüfen, ob alle Hohlräume genügend mit Dämmstoff ausgefüllt sind. Eine Kontrolle der geforderten Einblasdichte muss über den Materialverbrauch erfolgen.
Die Erstellung von Thermographien oder Winddichtigkeitsprüfungen sind für den Regelfall nicht anwendbar, da sie zu kostenintensiv sind.
Weiters ist darauf zu achten, dass durch den Einblasdruck keine nennenswerten Verformungen der Beplankungen entstehen.
Bei der Verarbeitung entsteht Staub. Der Verarbeiter muss sich mit einer geeigneten Feinstaubmaske gegen eine übermäßige Staubaufnahme schützen.

Abb. 2.23: Entlüftete Drehdüsentechnik: zur Verhinderung nennenswerter Verformungen der Verkleidungsplatten durch den Einblasdruck [Dämmstatt]

Schüttdämmung:

Hier wird die Dämmschüttung offen aufgeschüttet. Der Schüttvorgang kann dabei auch in Eigenleistung erfolgen. Bei dem Verfahren wird der Dämmstoff lagenweise in den Hohlraum zwischen Beplankung und Wandbildner eingefüllt und verdichtet. Dabei wird zuerst die unterste Lage der Beplankungsplatte in horizontaler Lage montiert und mit Dämmstoff gefüllt und mit Hand oder einer Latte verdichtet. Erst dann wird die nächste Beplankungsplatte aufmontiert und wieder mit Dämmstoff befüllt. Im Deckenbereich wird bevor die letzte Beplankungslage montiert wird, eine vom Hersteller vorgeschriebene Menge aufgebracht, die eine Zulage zur üblichen Einbaumenge enthält, um Setzungssicherheit zu gewährleisten.

Dampfbremse:

Eine Dampfbremse wird durch Holzwerkstoffplatten oder faserverstärkte Dampfbremsfolien hergestellt.

#### 2.3.4.2 Holzfaserdämmung

[Steico Zell, 91]
(Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung: (22))

Die Holzfasern werden komprimiert, in Säcken verpackt, geliefert. Das verdichtete Fasermaterial wird in speziellen Einblasmaschinen aufbereitet und über flexible Rohre in den Hohlraum zwischen Beplankung und Wandbildner im Einblasverfahren geblasen. Durch die ausgereifte Technik beim Einblasen wird eine homogene und fugenfreie Füllung erreicht.

Eine Holzfasereinblasdämmung darf nur von lizenzierten Fachbetrieben verarbeitet werden. Dabei kommt es zu Staubentwicklungen, weshalb geeignete Atemschutzgeräte getragen und Sicherheitsvorkehrungen berücksichtigt werden müssen.

Sie besitzen im Gegensatz zu anderen Dämmstoffen eine hohe Wärmespeicherfähigkeit. Durch die diffusionsoffene Zellstruktur wirken die Holzfaser feuchtigkeitsregulierend. Da es sich um reine Holzfaser handelt, kann das Produkt viel Feuchtigkeit aufnehmen ohne an Dämmwirkung zu verlieren. Beim Einblasen in den Hohlraum kommt es zu einer dreidimensionalen Verzahnung und Verkrallung der einzelnen Holzfasern untereinander. Um über Jahrzehnte hinweg eine Konstante Dämmleistung zu erbringen, ist es wichtig, dass der Dämmstoff seine Form und sein Volumen behält.

Als weitere Vorteile sind die Beständigkeit gegen Schimmelpilze und Insektenbefall zu nennen.

#### 2.3.4.3 Wärmedämmlehm

[58, Cellco Wärmedämmlehm]
(Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung: (24))

Der Wärmedämmlehm besteht aus Lehm, Stroh, Kieselgur und expandiertem Kork. Die hervorragenden Wärmedämmeigenschaften von expandiertem Naturkork werden mit den kapillaren Eigenschaften von Lehm und Kieselgur vereinigt. Diese zusammengesetzte Komposition verleiht dem Wärmedämmlehm eine feuchtigkeitsregulierende sowie wärmedämmende Wirkung.

Der Wärmedämmlehm wird als feuchtes Schüttgut hinter einer Holzbrettschalung eingebracht und durch Stampfen homogen verdichtet. Die Holzschalung wird auf einer Holzlatten-Unterkonstruktion befestigt. Der Abstand der vertikalen Holzlatten sollte ca. 60 cm betragen. Die Holzbretter werden in einem Abstand von 50 mm etwa einen Meter hoch aufgebracht. Danach ist das Füllgut einzubringen und mit einem

Stampfholz leicht festzustampfen. Bei trockener Wand ist sie vorher vorzunässen. Wichtig ist, dass vorhandene sperrende Schichten am Untergrund entfernt werden, damit ein diffusionsoffener Aufbau gewährleistet wird. Im weiteren Schritt wird die Schalung wieder angebracht und ist gleichfalls wie im ersten Schritt zu verfahren. Die entstandene Sparschalung ermöglicht gutes Austrocknen des Wärmedämmlehmes und kann für eine Leitungsverlegung in den Abständen bzw. zur Aufnahme von Putzträgern oder Wandbauplatten verwendet werden.
Nach Austrocknung des Wärmedämmlehms wird ein systemkonformer Lehmputz oder Weißkalkputz aufgebracht.

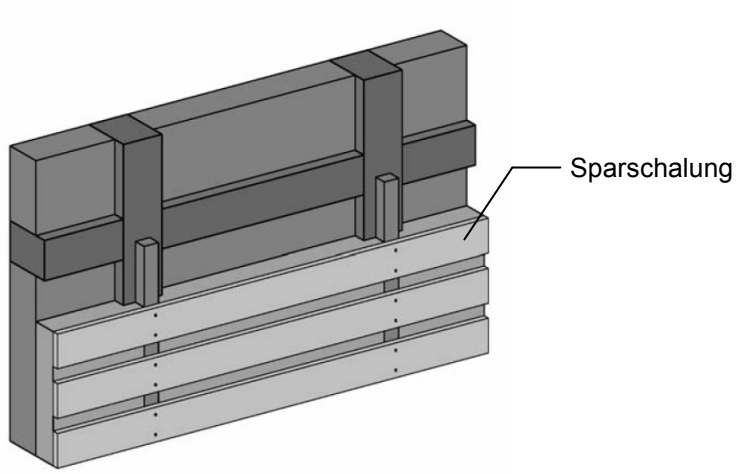



Abb. 2.24: Holzunterkonstruktion mit Sparschalung für die Einbringung von Wärmedämmlehm (Anmerkung: Darstellung für ein Fachwerk als Wandbildner) [Cellco]

#### 2.3.4.4 Sonstige Dämmstoffe

Es besteht eine Vielzahl an anderen Dämmstoffen, die als Einblas- oder Schüttdämmung verwendet werden. Aus den vorhandnen Unterlagen kann aber keine eindeutige Aussage darüber gemacht werden, ob sie als Innendämmung in Vorsatzschalenkonstruktionen geeignet sind. Unter anderem zählen dazu die Hanf-Einblasdämmung, Perlit- oder Kork-Schüttdämmung.

## 2.4 Wärmedämmputze

[5, Hasitherm 850, Visol 500, Supertherm, Röfix 888, Weber.dur 130, Maxit therm 75]

Wärmedämmputze sind Werk-Trockenmörtel und können im Innenbereich als Innendämmungen eingesetzt werden. Von den Herstellern werden hierfür aufeinander abgestimmte Systemkomponenten angeboten Sie bestehen grundsätzlich aus einem Unterputz und einem Oberputz. Die wärmedämmende Funktion übernimmt der Unterputz mit vorwiegendem Einsatz von expandierten Polystyrol-Kugelchen als Leichtzuschlagstoff. Gemäß der europäischen Norm EN 998-1 sind Wärmedämmputze auch in anderer Zusammensetzung möglich. Eingeteilt werden sie in Wärmeleitfähigkeitsgruppen gemäß den Normen DIN V 18550 und EN 998-1. In einem Wärmedämmputzsystem muss der Unterputz mindestens 20 mm und soll in der Regel höchstens 100 mm dick sein. Da die wasserhemmende Schicht sehr weich ist und leicht beschädigt werden kann, muss

sie durch Aufbringen eines wasserabweisenden Oberputzes vor mechanischer Beanspruchung geschützt werden. Die Gesamtdicke des Oberputzes beträgt 6 bis 12 mm, im Mittel 6 mm.

Wärmedämmputzsysteme eignen sich besonders für runde und geschwungene Flächen, wie sie oft in historischen Gebäuden vorzufinden sind. Außerdem verschaffen sie dem Gebäude durch die Putzstruktur eine historische Raumwirkung, die hingegen mit glatten Verspachtelungen von geklebten Dämmplatten oder ebenen Beplankungen mit Gipskartonplatten von Vorsatzschalen nicht erreicht werden kann.

- Untergrund:

Besonders für kritische Untergründe eignen sich Wärmedämmputzsysteme. Aus der niedrigen Rohdichte und Festigkeit des Unterputzes resultierenden E-Moduls, lässt sich durch die somit gute Verformbarkeit der Oberflächenputz besser vom Untergrund entkoppeln. Deshalb kann er gut für die Sanierung von Altbauten eingesetzt werden, die Mischmauerwerk und beschädigte oder unebene Putzgründe aufweisen.

In den Anforderungen an den Untergrund unterscheiden sich die Herstellerangaben gering. Folgende Anforderungen werden herstellerspezifisch gestellt:
Der Untergrund muss sauber, staubfrei, trocken und frei von losen Teilen, Verunreinigungen aller Art sein. Trennmittel wie Schalwachs oder Schalöl sind zu entfernen. Die Notwendigkeit einer Putzgrundvorbehandlung mittels Spritzbewurf oder Wellnetgewebe als Putzträger richtet sich nach Art und Beschaffenheit des Putzgrundes. Betroffen davon sind vor allem schlecht saugende oder glatte Mauerwerke. Stark saugende Untergründe sind vor der Verarbeitung vorzunässen oder mit Spritzbewurf zu bearbeiten. Größere Vertiefungen und Unebenheiten müssen ausgeglichen werden. Glatte Betonuntergründe sind mit mineralischer Haftbrücke im Kammbettverfahren vorzubereiten.

- Verarbeitung/Aufbringung:

Die Verarbeitung und Aufbringung der einzelnen Putzschichten variiert unter den Herstellern. So müssen die Verarbeitungsrichtlinien der verwendeten Systemkomponenten eingehalten werden.
Putze werden in Papiersäcken oder Silos trocken geliefert. Sie werden mit Mischpumpen und Putzmaschinen oder von Hand verarbeitet. Der Unterputz wird in einem Arbeitsgang aufgetragen und mit einer Metall-Latte abgezogen. Auf die Einhaltung der Putzstärken gemäß Herstellerangaben ist unbedingt zu achten sowie auf die Trocknungszeiten, die üblicherweise in Tagen je Zentimeter aufgetragener Putzdicke angegeben werden. Für große Putzstärken wird der Dämmputz in mehreren Lagen aufgebracht. Dabei ist die erste Dämmputzlage aufzurauhen und die Antrocknungszeit bis zum Auftrag der nächsten Lage einzuhalten.
Der Oberflächenabschluss erfolgt mit einem mineralischen oder organischen Deckputz. Bei dünnschichtigen Oberputzen ist als Zwischenlage ein Ausgleichsputz (mindestens 4 mm) aufzubringen. Zu empfehlen ist hier ein Armierungsputz mit Gewebeeinlage.
Die Putze dürfen nicht bei Temperaturen unter +5 °C verarbeitet werden und müssen vor einem vorzeitigen Austrocknen geschützt werden. Eine Beschichtung ist erst

nach Austrocknen des Putzes aufzutragen. Vor allem bei niedrigeren Einbautemperaturen ist auf eine längere Austrocknungszeit Rücksicht zu nehmen, wenn weitere Ausführungsschritte darauf abgestimmt werden sollen.

- Bauphysikalische Eigenschaften:

Durch den Putzauftrag wird eine homogene Schicht erstellt. Sie ist zwar diffusionsoffen, dafür aber luftdicht. Durch die Kapillaraktivität des Wärmedämmputzsystems kann auch der Trocknungsprozess von Feuchteanreicherungen im Bauteil nach innen gefördert werden. Die Wärmeleitfähigkeit ist im Gegensatz zu anderen Dämmstoffen etwas geringer, wodurch dickere Schichten erforderlich werden können. Die Wärmeleitfähigkeitsgruppe 070 wird am häufigsten eingesetzt. Das entspricht einer Wärmeleitzahl von $\lambda$=0,07 W/(m.K).

- Relevante Normen:

DIN V 18550, ÖN EN 998-1

- Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung: (25)

## 2.5 Sonderlösungen

### 2.5.1 Wandheizungen/Heizplatten

[6, 36, Epatherm etp/h, Knauf wkp-8, Knauf uni-8]

Durch Wandheizungen und Heizplatten kann die raumseitige Oberflächentemperatur, vor allem in kritischen Bereichen, wo ein Tauwasser- und Schimmelpilzrisiko vorhanden ist, erhöht werden. Ein behagliches Raumklima wird mit einer höheren Oberflächentemperatur (z.B 21 °C), dafür aber einer etwas niedrigeren Raumlufttemperatur (z.B 18 °C) ebenfalls erreicht. Durch die Senkung der Raumlufttemperatur kann eine Reduzierung des Heizenergiebedarfs von 5 % pro °C erzielt werden. Die Behaglichkeit wird durch den entsprechend hohen Anteil an langwelliger Wärmestrahlung und ihrer physiologischen Wirkung weiter verstärkt. Ein von allen Seiten gleichzeitig erwärmter Raum hat zudem keine kalten Ecken, damit (fast) keine Luftzirkulationen und auch keine Staubaufwirbelungen.

Es sind sowohl Systeme für die Nassverlegung als auch für den Trockenausbau am Markt verfügbar. Dabei werden Rohre sowie Heizleitungen oder Flächenheizelemente direkt oder auf eine Dämm- bzw. Systemplatte verlegt und befestigt. Die raumseitige Wandkonstruktion dient als wärmeübertragende und wärmeverteilende Fläche. Sie kann mit Wandputz, Trockenbauplatten oder mit Holz-, Kunststoff- oder Metallplatten ausgeführt werden.
Die Wandheizungen können mit unterschiedlichen Wärmeträgern betrieben werden. Dabei werden sie mit Luft, Wasser oder über elektrischen Heizleitungen erwärmt.

- Verputzte Wandheizung:

Durch den Einbau von Innendämmungen, beispielsweise mit der Funktion als Putzträger aus Schilfrohrmatten, können die Wärmedämmeigenschaften der Außenwand verbessert werden. Ein Beispiel mit einem 50 cm dicken Vollziegel-Mauerwerk und beidseitig mit 2 cm Kalkmörtel verputzt, zeigt mit einer 2,5 cm dicken Zusatzdämmung aus Schilfmatten ($\lambda_R$=0,055 W/(m.K)) und Einbau einer Wandflächenheizung eine Verbesserung des U-Wertes von U=1,36 W/(m².K) auf U=0,84 W/(m².K). Für eine 5 cm dicke Zusatzdämmung kann sogar eine Verbesserung auf U=0,61 W/(m².K) erzielt werden.

Zu bedenken ist, dass die Wärmeabgabe bei Wandheizungen mit Innendämmungen gezielt über den Innenputz erfolgt und die Wärmespeicherfähigkeit des wärmedämmenden Mauerwerks nicht genutzt wird. Dafür kann der Raum wiederum auch schnell aufgeheizt werden. Dem Risiko einer Auffeuchtung der Innendämmung sowie einer Schimmelpilzbildung kann durch die hohe Oberflächentemperatur und der verringerten Luftfeuchtigkeit in dem Bereich mit Wandheizungen und Heizplatten entscheidend entgegengewirkt werden.

Die Wandheizung wird durch zirkulierendes Warmwasser in Rohrregister oder „Endlos“-Rohrsysteme mit niedrigen Vorlauftemperaturen und kurzen Anfahr- und Anheizzeiten erwärmt. Diese Rohrsysteme werden als Baukastenlösung angeboten und können modulartig montiert und installiert werden. Die Rohrleitungen bestehen aus Kupfer, Kunststoff- oder Kunststoff-Metall-Verbundrohre. Kupferrohre sind zwar teuer, haben aber eine hohe Wärmeleitfähigkeit und sind sauerstoffdicht. Eine Antioxidationsbeschichtung der Rohre ist aber erforderlich, um ein Verputzen mit Kalk und Kalk-Zement-Putzen zu ermöglichen. Kunststoffrohre sind nicht sauerstoffdicht. Somit kann Sauerstoff durch den Kunststoff eindiffundieren und sich zunächst im Wasser und dann an metallischen Teilen der Heizungsanlage einlagern. Deshalb wird ein getrennter Wasserkreislauf der Heizquelle und der Wandheizung durch ein Wärmetauscher vorgenommen. Kunststoff-Metall-Verbundrohre setzen sich heute stark durch, da sie recht günstig, leicht zu bearbeiten und betriebssicher sind.

Vor der Montage dürfen die Wände keine größeren Unebenheiten aufweisen. Die Befestigung von Wandheizmatten erfolgt mit Ansetzmörtel oder geeigneten Stahlkrampen. Die Befestigung der Registersysteme erfolgt mit speziellen Abstandhaltern, Dübelhaken, Stahlstiften oder Heißklebern. Bei Rohrsystemen werden spezielle Rohrklemmschienen und Rohrleitungen verwendet. Die Rohrleitungen werden mit einer Biegeschablone gebogen und in die Schienen eingesetzt.

Vor dem Verputzen sind die Rohre auf sach- und fachgerechte Montage zu prüfen. Sie müssen fest genug mit der Wand verbunden sein. Dabei wird die Leitung unter Druck gesetzt, damit auch keine Umlenkkräfte in dem Rohrsystem nach Austrocknung des Putzes zu Rissen und Beschädigungen führt. Während des Verputzens dürfen auch keine Verschiebungen des verlegten Systems erfolgen. Werden Heizplatten mit Kapillarröhrchen eingesetzt, so kann es sinnvoll sein, während des Verputzens die Heizung mit geringen Vorlauftemperaturen in Betrieb zu nehmen, damit sich die Kapillarröhrchen im ausgedehnten Zustand befinden.

Bei verputzen Wandheizungen übernimmt der Putz die wärmeübertragende und wärmeverteilende Funktion in der Fläche. Folgende Anforderungen werden an ihn gestellt:

- der Wärmedehnkoeffizient $\alpha_T$ soll minimal
- der Wasserdampfdiffusionswiderstand μ soll minimal
- die Wärmeleitzahl λ soll maximal
- die Wärmespeicherkapazität c soll maximal
- die Wärmeeindringzahl soll minimal sein.

Das auszuwählende Baustoffsystem muss eine Kompromisslösung darstellen. Die Hauptanforderung liegt in einer hohen Festmörtel-Rohdichte, die mit Schwerzuschlägen erreicht werden kann, um eine hohe Wärmeleitung zu gewährleisten. Dadurch können die Wärmestromdichten, die zur Aufrechterhaltung der Temperaturdifferenzen zwischen Raumluft- und Oberflächentemperatur erforderlich sind, reduziert werden. Die Putzdicke sollte so gering wie möglich gewählt werden, um die o.g. Temperaturdifferenz zu minimieren.

Da der Putzuntergrund streng genommen als hoch wärmedämmend betrachtet werden muss, sind an die zu verwendeten Putzmörtel auch Anforderungen an die elastischen Eigenschaften zu stellen, d.h. sie müssen einen niedrigen E-Modul besitzen. Dies ist in der Regel bei niedrigen Druckfestigkeiten der Fall.

Zum Einsatz auf Wandflächenheizungen stehen Gips-, Kalk-Gips-, Kalk-, Kalk-Zement- sowie Lehmputze zur Auwahl. Sie werden ein- oder mehrlagig hergestellt, wobei hydraulisch und/oder karbonatisch erhärtende Putzmörtel auf Grund von chemischen oder physikalischen Schwinden mehrlagig verarbeitet werden.
Gips oder Kalk-Gipsputze werden unabhängig von der Putzdicke einlagig hergestellt. Da die Putzmörtel hauptsächlich Werktrockenmörtel sind, müssen unbedingt jeweils geltende herstellerspezifische Verarbeitungsrichtlinien unbedingt eingehalten werden, vor allem in Bezug auf Austrocknungszeiten.

<u>- Geklebte Wandheizplatten:</u>
[Epatherm etp/h]
(Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung: (10))

Die Dämmschicht besteht aus einer Calziumsilikatplatte und besitzt auf der Oberfläche eine Heizfolie, die mit Strom ihre Heizenergie bezieht. Die Heizleistung einer Platte beträgt 140 W.

Die Verarbeitung und Befestigung erfolgt wie in Kapitel 2.1.4 beschrieben. Jedoch müssen die Heizplatten durch einen Elektrofachbetrieb angeschlossen werden.

Plattenabmessungen:

l x b = 1.000 x 750 mm, d = 30 mm

- Wandheizplatten für trockenen Ausbau:

Es können zwei verschiedene Bauarten zum Einsatz kommen. Die Heizrohre oder Heizleitungen werden entweder in eine Systemplatte mit Wärmeleitblechen integriert. Die Wärmeübertragung erfolgt dann durch Wärmeleitung der Leitbleche über die Wandverkleidung in den Raum. Die abschließende Wandverkleidung wird auf eine Unterkonstruktion befestigt.
Die andere Möglichkeit besteht, die Heizrohre oder Heizleitungen in die abschließende Trockenbauplatte als Wärmeverteilschicht zu integrieren, wobei eine erforderliche Unterkonstruktion mit einer eingelegten Dämmschicht wie sie bei Vorsatzschalen mit Innendämmungen üblich ist, errichtet werden muss (=Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung (20)).

Um Längenausdehnungen zu ermöglichen, sind Bewegungsfugen zu angrenzenden und durchdringenden Bauteilen herzustellen.

### 2.5.2 Heraklith Innendämmsystem

[Heraklith]

Die Ausführung mit dem Heraklith Innendämmsystem stellt eine Sonderkonstruktion der Vorsatzschale dar. Dabei werden zwei verschiedene Dämmstoffe verwendet. Zuerst wird eine weiche dünnere Schicht aus Steinwolle direkt auf den Wandbildner mit Dämmstoffhaltern befestigt. Danach werden Holzwolleplatten gemauert und mittels Dämmstoffdübeln, die durch die Steinwolleplatten in den Wandbildner eingebracht werden, verdübelt.

Abb. 2.25: Errichtung der Heraklith-Innendämmung [Heraklith]

Die Platten werden in den Stoß- und Lagerfugen mit zwei Kleberaupen pro Plattendicke verklebt.

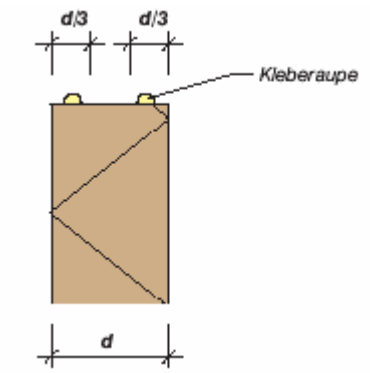
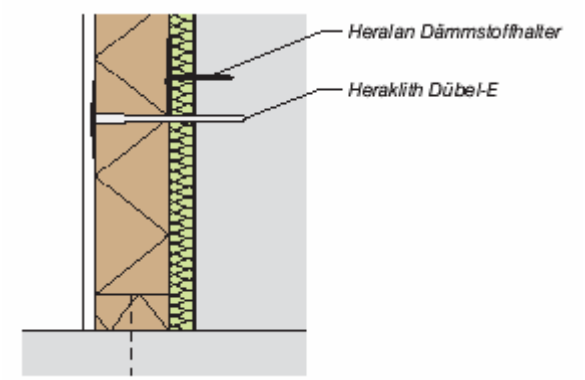



Abb. 2.26: Auftrag der Kleberaupen [Heraklith]

Der Boden und Randabschluss wird mittels Holzwollestreifen, der mechanisch am Untergrund befestigt wird, hergestellt.




Wandaufbau von links nach rechts:

- Innenputz
- Holzwolle-Dämmplatte
- Steinwolle-Dämmplatte
- Ziegelmauerwerk

Abb. 2.27: Boden- und Wandabschluss bei der Vormauerung [Heraklith]

Der Oberflächenabschluss erfolgt wie in Kapitel 2.3.2.2 beschrieben.

### 2.5.3 VIP

[77, 78, 98, 121, 122, Porextherm Vacupor]

Eine Innendämmung mit Vakuumisolationspaneelen stellt eine besondere Lösungsform dar. Da sich dieser Dämmstoff weiterhin noch in der Entwicklung und Forschung befindet und es kaum untersuchte Referenzobjekte mit Langzeitstudien gibt, wird er von vielen Kritikern mit großer Skepsis betrachtet, vor allem wenn es um den Einsatz im Bausektor geht. Seine besonders geringe Wärmeleitfähigkeit, die im Vergleich zu einem üblichen Mineralfaserdämmstoff um den Faktor 10 kleiner ist, kann nur schwierig mit den hohen Herstellungskosten in Wiege gehalten werden. Zudem kommen noch andere Schwierigkeiten hinzu, die hier in weiterer Folge beschrieben werden.

Vakuumisolationspaneele sind komplexe Baustoffe, die im Wesentlichen aus einem Kernmaterial, welches in einer Vakuumkammer in ein hoch gasdichtes Hüllmaterial eingeschweißt wird, besteht. Auf Grund ihrer Komplexität und Empfindlichkeit ist es daher wichtig, dass sich alle Beteiligten möglichst früh informieren, beraten und

während des gesamten Planungs- und Verarbeitungsprozesses fachlich begleiten lassen.

Folgende zwei unterschiedliche Ausführungsvarianten für die Applikation von Vakuumisolationspaneelen (VIP) als Innendämmung wurden für ein Einfamilien-Reihenhaus erprobt (siehe [119]).

- Variante mit EPS ummantelten Platten:

Bei dieser Variante werden die mit EPS ummantelten Vakuumdämmplatten analog konventioneller EPS-Platten mit Klebemörtel auf das 30 cm dicke Backstein-Verbandsmauerwerk geklebt und anschließend verputzt. Für den Einsatz auf der Baustelle sind sie somit mit ausreichend mechanischem Schutz versehen Randbereiche und Anpassungen an Steckdosen werden mit konventionellen EPS-Platten ausgeführt. Bei einer Gesamtaufbaustärke von nur 45 mm lässt sich so ein mittlerer U-Wert über die ganze Wand von immerhin 0.26 W/m2K erzielen. Eine so gedämmte Wand muss dem Bauherrn allerdings mit entsprechenden Nutzungshinweisen übergeben werden, damit nicht bedenkenlos Nägel o.ä. eingeschlagen werden.

Abb. 2.28: Mit EPS ummantelten Vakuumisolationspaneelen [123]

- VIP mit 4 cm Vormauerung aus Vollgipsplatten:
(Konstruktionsvarianten-Nummer zur Bewertung: (9))

Die VIP Platten werden direkt auf die Unterkonstruktion mit einem Spezialleim aufgeklebt und mit einer freistehenden Vormauerung aus 4 cm Vollgipsplatten geschützt. Der Oberflächenabschluss erfolgt mit einem Innenputz. Zusammen mit der 4 cm dicken Vormauerung mit Vollgipsplatten ergibt sich eine Gesamtkonstruktionsstärke von ca. 6,5 cm mit einem U-Wert von 0,24 W/(m².K). Außer eines besseren U-Wertes der wärmebrückenfreien Konstruktion besteht gegenüber der oben erwähnten Variante der entscheidende Vorteil, dass die Wand im Wesentlichen uneingeschränkt genutzt werden kann.

Abb. 2.29: Gipswand als Schutz vor der VIP-Dämmung [98]

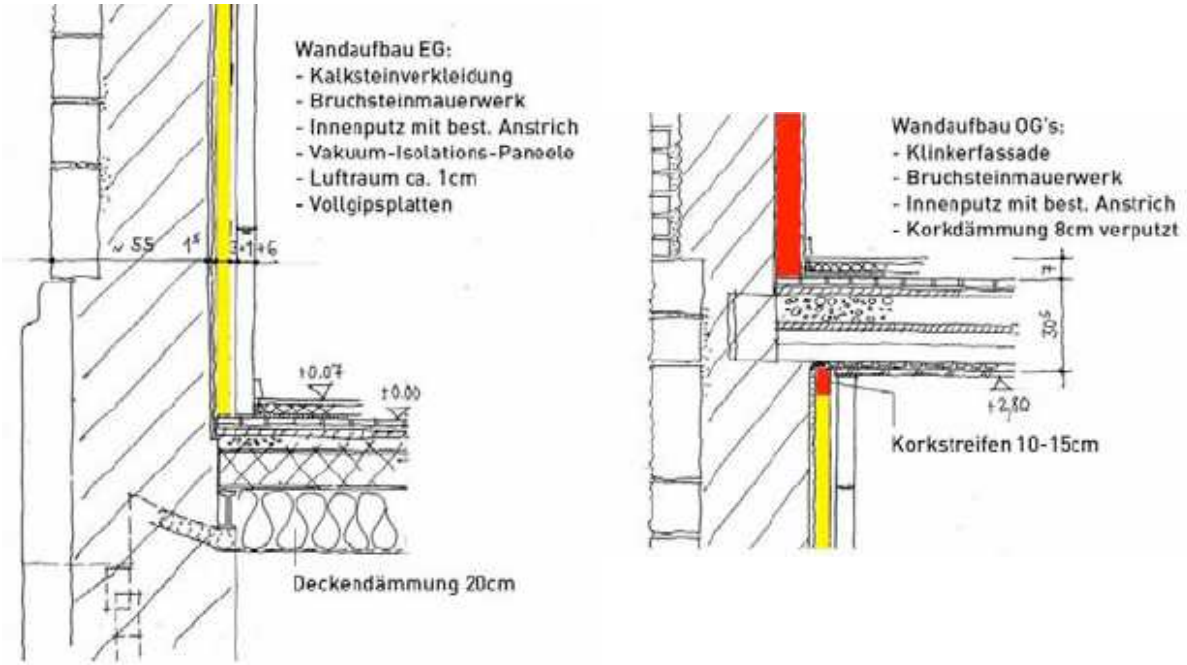



Abb. 2.30: Konstruktionsskizze vom Boden- und Deckenanschluss [98]

<u>- Vakuumgedämmtes Wandheizungssystem:</u>

Diese Konstruktion wurde für eine unter Denkmalschutz stehende Kirche ausgeführt. Die bestehende Außenmauern der Kirche aus Bruchsteinmauerwerk wurden dabei nachträglich innen gedämmt, wobei eine Umnutzung des Gebäudes stattfinden sollte. Dazu wurden die Anforderungen einer kurzen Aufheizzeit und eines geringen Heizwärmebedarfes an das Gebäude gestellt. Neben einer Lüftungsheizung sollte eine Wandheizung zum Einsatz kommen. Die Konstruktion lässt sich wie folgt beschreiben:
Auf die Wand wurde ein bituminöser Anstrich aufgebracht, auf den noch 1 cm dicke EPS-Platten geklebt wurden. Durch diese Maßnahme sollten zum einen die Unebenheiten der Außenmauer ausgeglichen werden und die VIP's sollten auf eine gleichmäßige Fläche ohne Beschädigungsgefahr aufklebbar sein. Zum anderen sollte durch die Ausgleichsschicht an der Wand ein Luftabschluss erreicht werden, um mögliche Schimmelpilzbildung zwischen VIP und Außenwand zu vermeiden. Die VIP's wurden auf die EPS-Platten mit Dispersionsmörtel unter

Verwendung einer Streifenspachtel aufgeklebt. Zwischen jeder VIP-Reihe wurde ein 5 cm breiter PU-Streifen eingelegt, der zur Befestigung des Wandheizungsystems dienen sollte. Die Fugenspalten zwischen den einzelnen Elementen in der Dämmebene wurden innenseitig abgeklebt, um einen Eintrag der Raumluftfeuchte in die Wand zu verhindern. Zur Befestigung der Wandheizung wurden 15 mm dicke OSB-Platten vor den VIP's über die PU-Streifen angeschraubt. Auf den Kupferrohren wurden Kapillarrohre aus Kupfer als Heizschlangen aufgebracht und direkt mit Lehmputz verputzt.

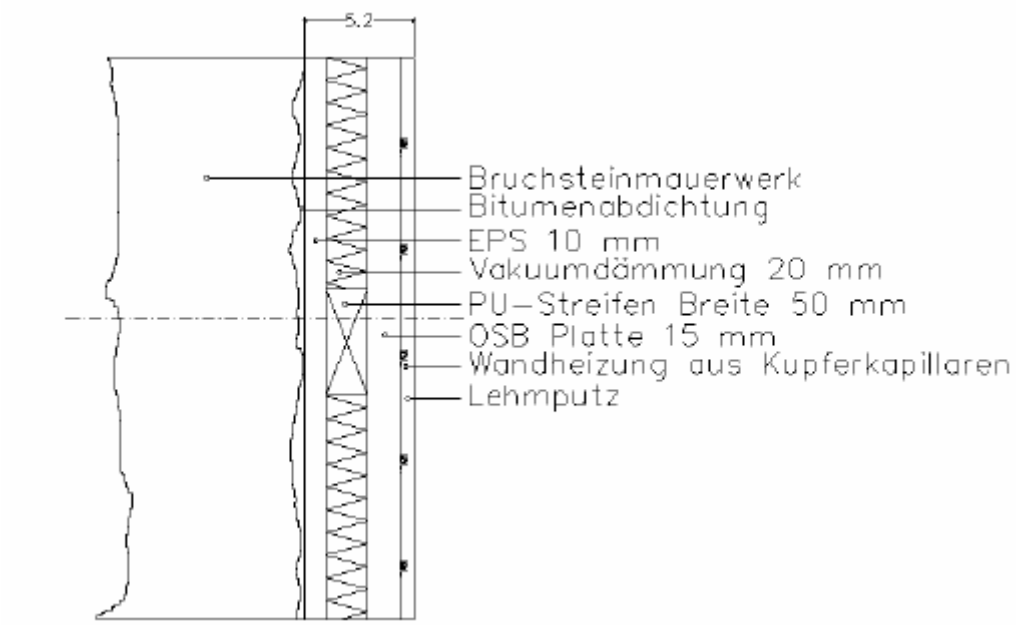



Abb. 2.31: Konstruktionsskizze eines vakuumgedämmten Wandheizungssystems [121]

- Wärmebrücken:

Die Problematik bezüglich Wärmebrücken wurde bereits in [117] erwähnt und ist in Kapitel 3.1.2 erläutert.

- Dampfdichtheit der VIP:

Ein weiteres Problem stellt die Dampfdichtheit der Vakuumisolationspaneele dar. Durch diese Eigenschaft ist bei einer Applikation der VIP's als Innendämmung eine Austrocknung nach innen nicht möglich. Eine rechnerische Untersuchung für ein Vollziegelmauerwerk mit einer VIP-Dämmung von 40 mm hat gezeigt, dass das Austrocknungsverhältnis nach Schlagregenereignissen gravierend beeinflusst wird, und es zu einer Feuchteanreicherung kommt. Zudem mindert die Absenkung der Temperatur in der Wand die Austrocknung. Deshalb ist ein Fassadenschutz, beispielsweise in Form einer Hydrophobierung oder mit wasserabweisendem Putz durchzuführen. Durch diese Maßnahme wird die Feuchteaufnahme in die Konstruktion vermieden und somit das Risiko von Frostschäden im außenliegenden Mauerwerk wie auch von Schimmelpilzwachstum reduziert. Zu Beachten ist vor allem, dass bei den Materialübergängen an den Stoßstellen der Vakuumdämmpaneele durch Wärmebrücken feuchtetechnische Probleme auftreten können.

Die Dampfdichtheit ist bei Plattenfugen mit diffusionsdichten Alulebebändern zu sichern.

- Ersetzbarkeit der VIP:

Es liegen bereits Untersuchungen über den Alterungseffekt der VIP's vor. Dabei wird nachgewiesen, dass der aufgebrachte Unterdruck mit der Zeit auch ohne eigentliche Beschädigung nachlässt und der Feuchtegehalt im Stützkörper zunimmt. Diese Einflussgrößen auf die Wärmeleitzahl werden mit einen Sicherheitszuschlag von 0,002 - 0,004 W/(m.K) auf den idealen Startwert (λ=0,004 W/(m.K)) berücksichtigt (IEA Annex 39). Trotzdem sollte das Versagen einzelner Platten oder ganzer Flächen in die Planung und Ausführung einbezogen werden. Dabei sollten die Paneele auf ihre Funktionstauglichkeit überprüft werden können und so eingebettet sein, dass sie ersetzt werden können, ohne dass ein allzu großer Folge- bzw. Vorbereitungsaufwand nötig ist (z. B. durch mechanische befestigte Abdeckungen). Nach Verklebung der Platten kann mit einer Infrarot-Thermografie von innen überprüft werden, ob eventuell Beschädigungen vorliegen. Dies lässt sich nach Aufbringen der Deckschicht nicht mehr feststellen.

- Verarbeitung:

Die VIP's sind sehr empfindlich und müssen vor Beschädigungen geschützt werden, vor allem bei der Anschlussdetailausbildung, wenn mehrere Gewerke daran arbeiten. Eine Bearbeitung auf der Baustelle ist nicht möglich. Die werkgefertigten Paneele dürfen nicht zugeschnitten oder angebohrt werden, da das Vakuum zerfallen würde. Es sind deshalb Verlegepläne mit exakten Stücklisten anzufertigen, da für Anschlüsse und Übergänge maßgefertigte Platten notwendig sind. Kleinere Stücke lohnen sich finanziell nicht und haben eine kürzere Lebensdauer. Für die Aufnahme von Unregelmäßigkeiten bei Anschlüssen können elastische Korkstreifen eingesetzt werden. Sie vermindern im Anschlussbereich das Risiko von Tauwasserbildung ein wenig. Kork kann im Gegensatz zu VIP's Feuchtigkeit absorbieren. Statt Kork können auch EPS-Streifen zur Aufnahme der Toleranzen und zur Entschärfung der Wärmebrückenwirkung eingesetzt werden
Durch eine „Just in Time" - Lieferung werden die Platten geschützt, da sie nicht über längere Zeit auf der Baustelle zwischengelagert werden. Handwerker, welche VIP's verarbeiten, müssen im Umgang mit diesen Materialien geschult sein.

- Untergrund:

Die Anforderungen an den Untergrund sind bei VIP's höher als bei konventionellen Wärmedämmplatten. Die Arbeitsfläche ist zu reinigen und von scharfkantigen Unebenheiten zu befreien. Eine glatte Oberfläche lässt sich durch Verputzen der Wand herstellen. Sie muss besonders eben sein, damit die VIP's vollflächig anliegen können. Ein Ausgleich eines unebenen Untergrundes kann wie bereits in der Ausführungsvariante mit dem vakuumgedämmten Wandheizungssystem beschrieben, mit verklebten EPS-Platten hergestellt werden.

- Maximale Plattenabmessungen:

l x b= 1.200 x 1.000 mm, d= 10 - 30 mm

### 2.5.4 Vorsatzschale mit PS-Dämmplatten

[90]

Für eine Turnhalle wurde im Rahmen einer Schulsanierung nachträglich eine Innendämmung aufgebracht. Der bestehende Wandbildner ist ein Vollziegelmauerwerk. Auf diesem wurde eine Schicht aus Polystyrol-Hartschaum mit eine Dicke von 10 cm angedübelt. Nach Aufbringung einer Dampfsperre wurden zwischen einer Holzlattung mit 16 % Flächenanteil aus akustischen Gründen Holzwolle-Leichbauplatten mit einer Dicke von 5 cm angebracht. Als Prallschutz (Ballwurfsicherheit) wurde davor ein Paneel aus Holz , das sowohl akustisch als auch strömungstechnisch offen ist, befestigt. Im oberen Hallenbereich springt die Innendämmung auf eine Polystyrol-Hartschaumschicht von 4 cm zurück. Für die einbindende Holzbalkendecke über der Turnhalle wurden die Veränderungen des Holzfeuchteverlaufes, die durch die Anbringung der Innendämmung entstehen, gemessen. Dabei wurden verschiedene Varianten der Balkeneinbindung untersucht, die näher im Kapitel 5.4 beschrieben werden.

# 3 Konstruktionsmerkmale

Bei der Planung von Innendämmungen stellt sich jeder Planer einer großen Herausforderung entgegen. Welche Konstruktionsweise, welchen Dämmstoff, welche Dämmstärke, mit oder ohne Dampfbremse sind nur einige Fragen, die während der Planung gestellt und beantwortet werden müssen. Wie dabei vorzugehen ist und welche besonderen Konstruktionsregeln zu beachten sind, können mit Hilfe bauphysikalischer Gesetzesmäßigkeiten beschrieben werden. Für die Verwendung von Innendämmungen wurden bereits viele Erfahrungen gesammelt. So existieren bereits viele Fehlerquellen, dessen Ursache oft eine unsachgemäße Planung ist.
Innendämmungen dürfen nicht mit Außendämmungen gleichgesetzt und keinesfalls unterschätzt werden. Eine sorgfältige Detailplanung für die Anschlussbereiche ist unumgänglich und erfordert Sachkunde und Fachkenntnisse.

Die Anforderungen an das Bauwerk nehmen verschärft größere Dimensionen in der heutigen Zeit an, die durch nachhaltig denkende Bauherren aufgestellt werden. So soll die Anbringung einer Innendämmung eine einwandfreie Qualität liefern, die Baukosten so gering wie möglich ausfallen und einer Außendämmung in punkto Wärmeschutz gleichgesetzt werden können.
Dies sind nur einige Kriterien die bei der bevorstehenden Auswahl und Optimierung der Innendämmvariante während der Planung zu berücksichtigen sind.

Dass eine fehlerhafte Planung nicht die einzige Lücke bei der Realisierung von Innendämmungen ist, stellt sich spätestens bei der Ausführung heraus. Oft ist ein Strich in der Zeichnung nicht die Realität. So entstehen während der Anbringung der Dämmung, Mängel, die von unfachkundigen Handwerkern vor Ort nicht erkannt werden, und meistens oft nach langer Fertigstellung erst zum Vorschein treten.
Deshalb ist es auch Aufgabe des Planers sich darüber Gedanken zu machen, einerseits ob Innendämmungen so wie in der Plandarstellung realisiert werden können, andererseits auf welche Besonderheiten ausführende Fachkräfte hinzuweisen sind.

Im Anschluss sollen nun wichtige Konstruktionsmerkmale beschrieben werden, um einen umfangreichen Überblick über die Innendämmproblematik zu liefern.

## 3.1 Wärmeschutz

Die Aufgabe einer Innendämmung besteht im Wesentlichen darin, im Gebäude ein behagliches Raumklima zu schaffen, sowie Transmissionswärmeverluste zu verringern um Energieeinsparungen zu erzielen. Eine einfache U-Wert-Berechnung hätte den Anschein, dass für die Anbringung der Wärmedämmung auf der Außen- oder auf der Innenseite das gleiche Ergebnis zur Einhaltung der Wärmeschutzverordnungen liefern würde. Die Betrachtungsweise trügt, da hier der Vergleich nur an einer bestimmten Stelle im Wandquerschnitt statt findet und nicht in der gesamten Wandfläche. Wenn die Wärmeverluste durch Wärmebrücken berücksichtigt werden, ergibt sich ein unterschiedliches Ergebnis im Bezug auf den Energieverbrauch für Innen- und Außendämmungen.

Bei der Verwendung einer raumseitigen Wärmedämmung sind Wärmebrücken praktisch vorprogrammiert. Sämtliche Anschlüsse der Innendämmung an angrenzende Bauteile stellen eine Kombination aus stofflichen und geometrischen Wärmebrücken dar. Durch höhere Dämmstärken, werden zwar die Energieeinsparungen verbessert, gleichzeitig entsteht aber ein Negativeffekt bedingt durch höhere Wärmeverluste, resultierend aus dem steigenden Wärmebrückenanteil. Somit können ab einer gewissen Dämmstoffstärke kaum noch Energieeinsparungen erzielt werden.

Laut Literatur [69] sind Dämmstoffstärken für Dämmungen mit einer Wärmeleitzahl von λ=0,04 W/(m.K) zwischen 6 und 8 cm sinnvoll, unter Beachtung des Wohnraumverlustes, der dabei außerdem entsteht.

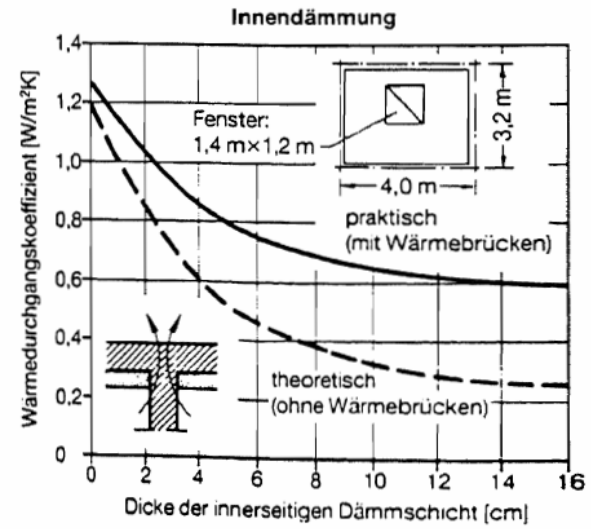



Abb. 3.1: Auswirkung der Unterbrechung von Innendämmung durch einbindende Wand- und Deckenbauteile auf den U-Wert einer Außenwand [33]

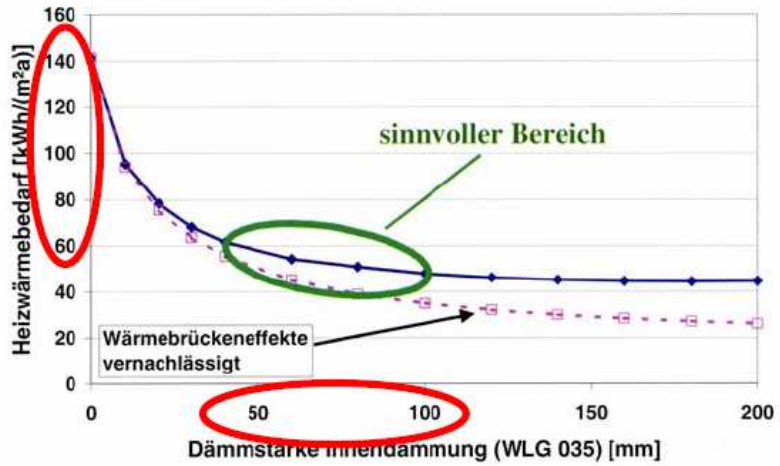



Abb. 3.2: Heizwärmebdarf in Abhängigkeit von der Dämmstärke Innendämmung (λ=0,035 W/(m.K)) [70]

Die verschiedenen Dämmstoffe für die Verwendung von Innendämmungen unterscheiden sich in ihrer Dämmwirkung. So können bereits geringe Unterschiede in der Wärmeleitzahl, große Auswirkungen auf den Energieverbrauch haben. Wird statt einer Dämmung mit einer Wärmeleitzahl von λ=0,040 W/(m.K), eine mit

λ=0,035 W/(m.K) gewählt, so wird die Dämmwirkung der Dämmung um ca. 10 % erhöht. [69]

Vergleicht man zwei Dämmstoffe mit unterschiedlichen Wärmeleitzahlen, aber mit gleichen Wärmedurchlasswiderständen, so würde beispielsweise eine Mineralfaserdämmung mit einer Wärmeleitzahl von λ=0,035 W/(m.K) und einer Dämmdicke mit 6,0 cm, bei Wahl einer Holzfaserdämmung mit einer Wärmeleitzahl von λ=0,050 W/(m.K), einer Dämmdicke von rund 9 cm entsprechen. [124]

Daraus folgt, dass unter Berücksichtigung des Energieverbrauches sowie des Wohnraumverlustes die Dämmwirkung einen wesentlichen Faktor bei der Auswahl des richtigen Dämmstoffes darstellt. Mit steigenden Wärmeschutzanforderungen kann somit die konstruktive Unterbringung für Dämmstoffe mittlerer Wärmeleitzahlen bereits problematisch und das Angebot zur Auswahl der Dämmstoffe in dieser Hinsicht eingeschränkt werden.

### 3.1.1 Behaglichkeit

[69, 31]

Durch die Anbringung von Innendämmungen wird die innere Oberflächentemperatur um 2-4° C angehoben. Dies wirkt sich positiv auf das Raumklima in den Wohnräumen aus, weil warme Umgebungsflächen von dem menschlichen Körper als angenehm empfunden werden. Zugleich werden Luftkonvektionen im Raum minimiert. Diese entstehen zufolge größerer Temperaturunterschiede zwischen Raumluft- und Oberflächentemperatur und werden als unangenehme Zugerscheinungen empfunden. Bei kalten Wandoberflächen findet eine rasche Wärmeabgabe des menschlichen Körpers durch Strahlung statt, die ebenfalls oft als Zugerscheinung empfunden wird.

### 3.1.2 Wärmebrücken

Eines der Hauptprobleme bei der Planung und Ausführung von Innendämmungen stellen konstruktive sowie geometrische Wärmbrücken dar. Zur Definition und Berechnung von Wärmebrücken wird auf [117] verwiesen und hier nicht näher eingegangen.
Bei energetischen Sanierungen im Bestand können Wärmebücken nicht beseitigt dafür aber vermindert werden. Sie entstehen vor allem bei Anschlüssen von Bauteilen und bei inhomogenen Wandaufbauten. Durch die Aufbringung von Innendämmungen auf die Außenwand wird dieses Problem im Rand- und Anschlussbereich ohne zusätzliche Maßnahmen noch verstärkt. Es können sogar neue geschaffen werden.
Bekannt ist, dass in Wärmebrücken größere Wärmeflüsse entstehen, die zu größeren Wärmeverlusten aber auch zu niedrigeren Oberflächentemperaturen führen als in wärmebrückenfreien Bereichen. Niedrigere Oberflächentemperaturen wiederum wirken unbehaglich und erhöhen die oberflächennahe relative Luftfeuchtigkeit, die zur Schimmelpilzbildung führen kann. Weiters ist auch bekannt, dass für relative Luftfeuchtigkeiten über φ= 80 % eine Vorraussetzung für Schimmelpilzbildung geschaffen ist. Zur Beurteilung dieses Problems wird der

Temperaturfaktor $f_{Rsi}$ [-] herangezogen. Wärmeverluste durch Wärmebrücken hingegen werden durch den Leitwert ψ [W/(m.K)] angegeben.
Eine detaillierte Wärmebrückenberechnung zur Einhaltung geforderter Werte ist besonders bei Konstruktionen mit Innendämmungen unbedingt durchzuführen, da sonst oben beschriebene Phänomene verstärkt auftreten können.
Wie schon erwähnt, steigt die Wärmebrückenwirkung in Abhängigkeit der Dämmstoffdicke. Um diesem Problem entgegen zu kommen, müssen konstruktive Maßnahmen getroffen werden. Vor allem Bereiche von Decken-, Boden-, Innenwand- sowie Fensteranschlüssen müssen genauer untersucht werden, da die Detailausbildungen oft von der Regelform abweichen.

Je nachdem welche Konstruktionsweise zum Einsatz kommt, müssen zur Berücksichtigung von Wärmebrücken unterschiedliche Konstruktionsmerkmale beachtet werden.

Wärmebrücken entstehen nicht nur in den Anschlussbereichen einbindender Bauteile in die Außenwand, siehe Kapitel 5. Es können auch punktuelle oder linienförmige Wärmebrücken in der Fläche der Konstruktion auftreten.

<u>- Befestigungsmittel:</u>
[19, 31, 32]

Bei der Befestigung von Dämmplatten, Verbundplatten mit Metalldübel und -schrauben oder Verkleidungen mit Klammern, Schrauben und Nägel können durch die Befestigungsköpfe dunkle Verfärbungen entstehen. Die Flecken entstehen nicht durch Schimmelbildung sondern auf Grund kondensierter Feuchte in diesem Bereich, die den Staub durch Adhäsionskräfte bindet.

Durch die hohe Wärmeleitung der metallischen Befestigungsmittel entsteht bei Durchdringung der Dämmschicht in Verbindung mit der kalten Außenwand eine punktuelle Temperaturabsenkung, wodurch sich Oberflächenkondensat bilden kann. Früher verwendete man lange Metallschrauben für die Befestigung von PS-Verbundplatten, ohne Kenntnis dieser Wärmebrückenbildung.

Eine dreidimensionale Wärmebrückenberechnung zeigt die Auswirkung solch einer Wärmebrücke für ein Mauerwerk ($\lambda_{Mwk}$=0,99 W/(m.K),d= 240 mm) mit einer angebrachten GK-Verbundplatte ($\lambda_{Dämm}$= 0,035 W/(m.K), d= 40 mm). Dem wird eine Außenlufttemperatur von $\theta_{ae}$= -5°C und eine Innenlufttemperatur von $\theta_{ai}$= 20°C zugrunde gelegt. Am Schraubenkopf erhält man für die Oberflächentemperatur $\theta_{si,Schraube}$ einen Wert von 12,1 °C. Im Vergleich dazu liegt die Oberflächentemperatur $\theta_{Si}$ bei 17,6 °C. Dies macht deutlich, das an den Schraubenköpfen mit einer deutlichen Temperaturabsenkung zu rechnen ist. Oftmals ist es aus konstruktiver Sicht nicht möglich, auf die Schrauben zu verzichten. In diesen Fällen kann zur Verminderung der Temperaturabsenkung ein tieferes Eintreiben der Schrauben empfohlen werden. Bei einer Überdeckung der Schraubenköpfe mit ca. 10 mm Spachtelmaterial würde sich die Oberflächentemperatur am Schraubenkopf auf 15,0 °C erhöhen.

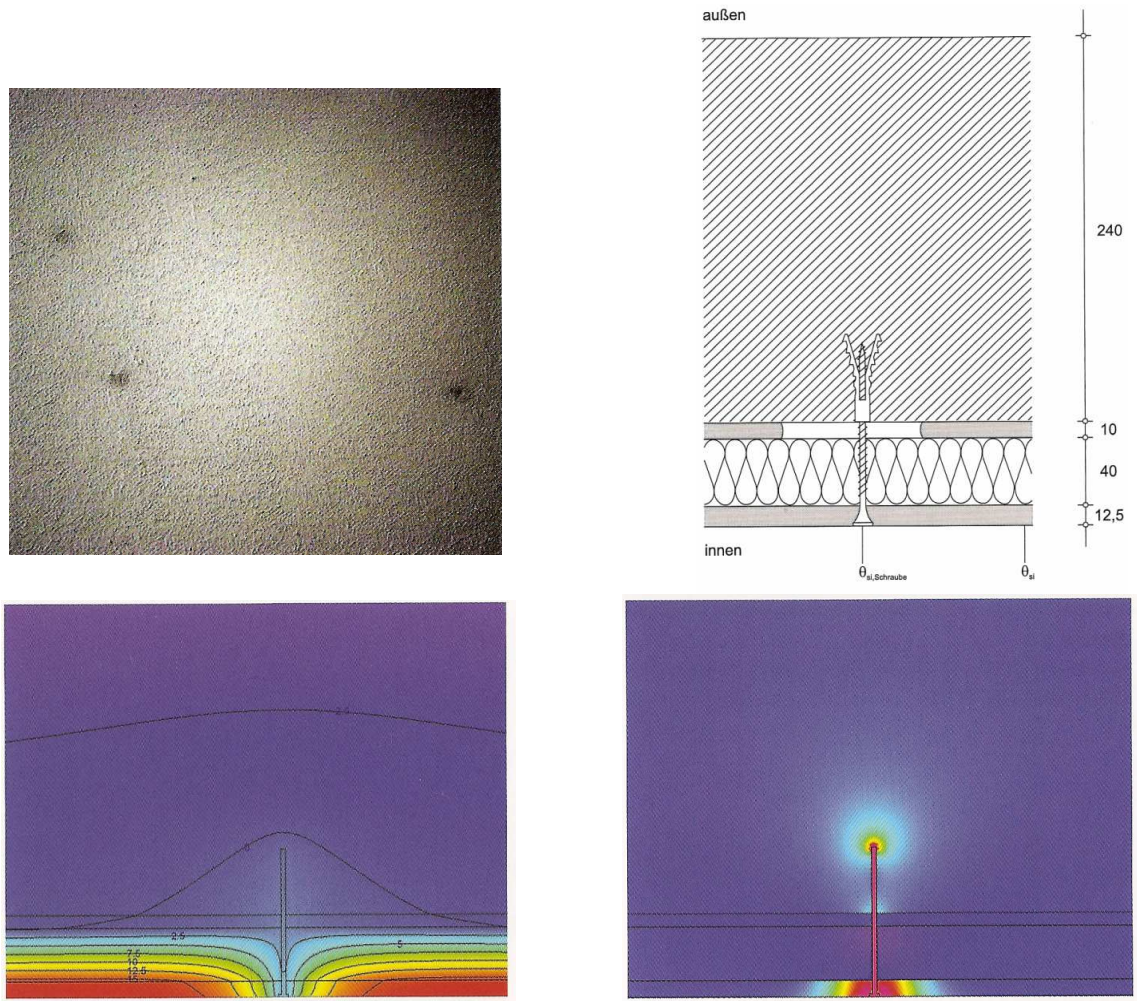



Abb. 3.3: Isothermen- und Wärmestromverlauf für die punktuelle Befestigung von Verbundplatten mit Schrauben (allgemein) [32]

Deshalb verwendet man heute zur Befestigung von Verbundplatten und Dämmstoffplatten isolierte Kunststoffdübel mit geringer Wärmeleitung.

Für die freistehende Vorsatzschale, wie sie in Abbildung 3.6 dargestellt ist, sinkt die Oberflächentemperatur $\theta_{si,Schraube}$ am Schraubenkopf bis zu 1,0 °C im Vergleich zur Oberflächentemperatur $\theta_{si,Profil}$ im Profilbereich. Für die direkt befestigte Vorsatzschale sinkt die Oberflächentemperatur $\theta_{si,Profil}$ im Bereich des Schwingbügels bis zu 2,5 °C ab, am Schraubenkopf ist sie sogar um ca. 0,5 °C niedriger. Auch hier muss darauf geachtet werden, dass die Oberflächentemperaturen ausreichend hoch sind, damit sich dunkle Abzeichnungen nicht bilden können.

<u>- Kleber zwischen Fugen:</u>
[31, 33]

Gelangt Ansetzgips in den Fugen zwischen Verbundplatten, so kann dieser auf Grund seiner höheren Wärmeleitzahl im Gegensatz zum Dämmstoffwerkstoff Wärmebrücken hervorrufen. Dem kann man durch Verwendung von Dämmplatten mit Überfalzung oder wärmequerleitenden Materialien (z.B. Nassputz, dickere Alufolien) entgegen wirken.

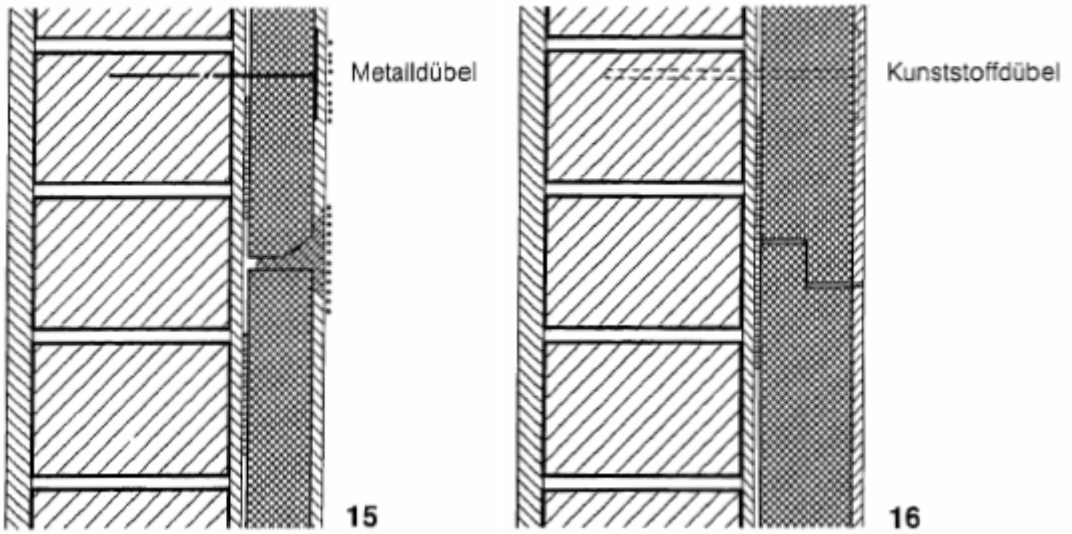



Abb. 3.4: Lücken in Innendämmungen an Dämmplattenstößen und Metalldübelbefestigungen sind deutlich als Schimmelpilz und Rostflecken sichtbar [33]

<u>- Wärmebrücken der Unterkonstruktion:</u>
[69]

Vorsatzschalen mit Holzständern, sowie Metallprofilen bilden zusammen mit den Dämmstoffen einen durchschnittlichen Wärmedurchlasswiderstand in der Dämmebene. Der Einfluss des Ständerabstandes wirkt sich aber gering auf den Wärmedurchlasswiderstand aus, wie nachstehend gezeigt wird:

Für ein Vollziegelmauerwerk mit einer Vorsatzschale wird der Ständerabstand der Holzunterkonstruktion (Holzquerschnitt 6/6 cm) variiert. Dabei ergeben sich folgende Veränderungen für den U-Wert:

| **Bauteilaufbau:** | | **$U_{gesamt}$ [W/(m².K)] *)** | | |
|---|---|---|---|---|
| | | d=0,6 m | d=0,5 m | d=0,4 m |
| 3,0 cm Außenputz (λ=0,70 W/(m.K))<br>38,0 cm Vollziegel (λ=0,74 W/(m.K))<br>1,5 cm Innenputz (λ=0,70 W/(m.K))<br>6,0 cm Mineralfaser (λ=0,04 W/(m.K)) /<br>Holzständer (λ=0,70 W/(m.K))<br>1,3 cm Gipskarton (λ=0,21 W/(m.K)) | $U_{Mineralfaser}$=0,43 W/(m².K)<br>$U_{Holzständer}$=0,83 W/(m².K) | 0,47 | 0,48 | 0,49 |

*) $1/\alpha_i$=0,13 W/(m².K), $1/\alpha_a$=0,04 W/m²K

Tab. 3.1: Veränderung des U-Wertes einer Innendämmung mit Vorsatzschalenkonstruktion für unter schiedlichen Holzständerabstand (d [m])

Eine Wärmebrückenwirkung durch die direkte Befestigung der Unterkonstruktion an den Wandbildner ist aber vorhanden. Werden direkt befestigte Vorsatzschalen verwendet, können druckbelastbare Dämmstoffstreifen zwischen Traglattung und Wand die Wärmebrückenwirkung verhindern. Bei Anbringung von großen Dämmstärken kann eine kreuzweise Anbringung der Traglattung sowie des Dämmstoffes in zwei Lagen ebenfalls Abhilfe gegenüber Wärmebrücken schaffen.

In Vorsatzschalen mit Justierschwingbügeln und zur Zwischenabstützung in freistehenden Vorsatzschalen werden bei der punktuellen Befestigung der Ständer ebenfalls Dämmstreifen oder gleichwertiges unterlegt.

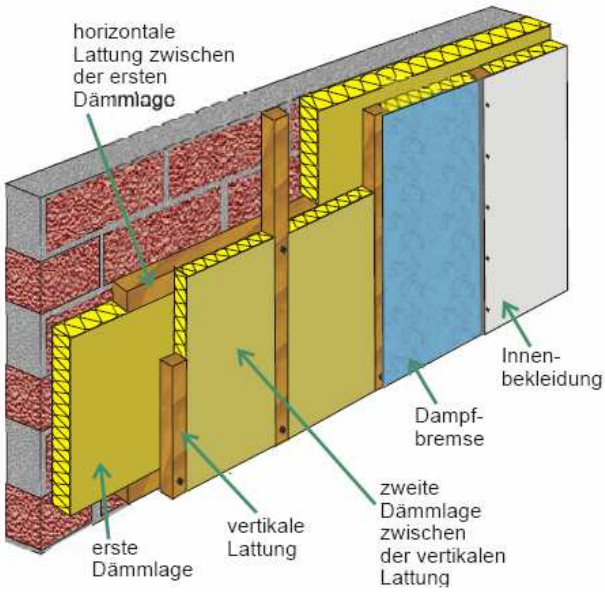



Abb. 3.5: Vorsatzschale mit kreuzweise angebrachten Lattung [69]

Die nachstehende Abbildung 3.6 zeigt den Isothermenverlauf von freistehenden und direkt befestigten Vorsatzschalen. Vergleicht man für gleiches Mauerwerk und mit gleichem Ständerabstand die mittleren U-Werte, so ergeben sich für die dargestellten Unterkonstruktionen (freistehende U-Konstruktion mit CW-Profil, direkt befestigte U-Konstruktion mit CD-Profil) kleine Unterschiede, die zugunsten der direkt befestigten Vorsatzschale ausfällt. Für ein Rastermaß von 62,5 cm und einer Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks mit $\lambda_{MW}$=0,21 W/(m.K) und einer Mauerdicke von 38,5 cm ergibt sich ein mittlerer U-Wert für die Konstruktion in der Abbildung jeweils ein U-Wert von $U_m$=0,60 W/(m².K) sowie $U_m$=0,53 W/(m².K). Die direkt befestigte Vorsatzschale weist somit einen, um $\Delta U_m$=0,07 W/(m².K) günstigeren U-Wert auf.

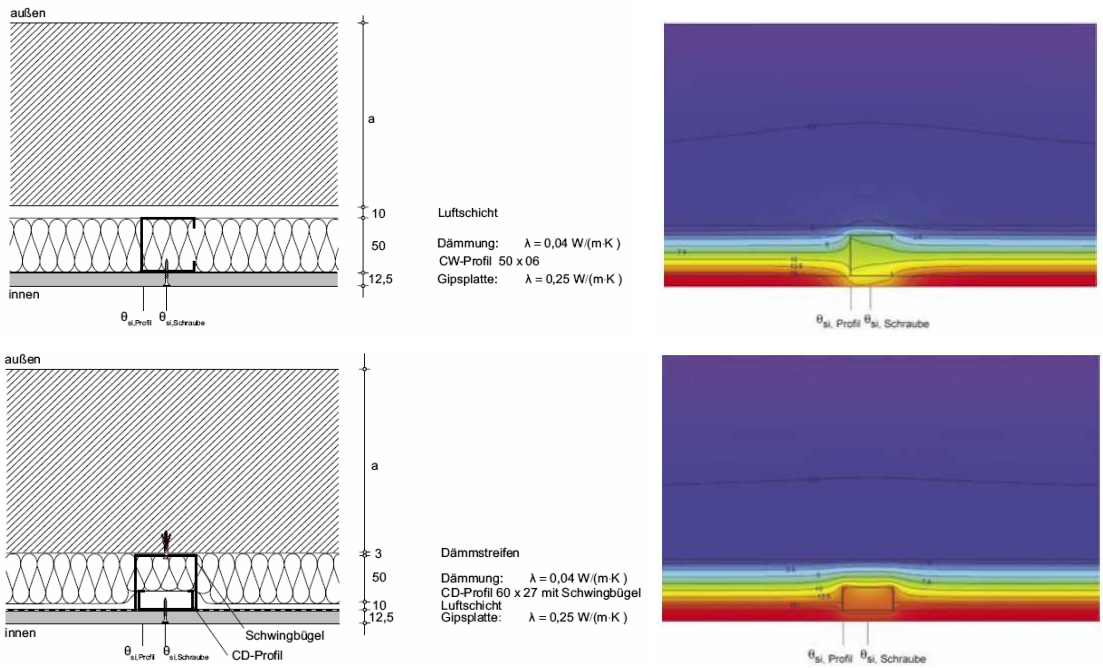



Abb. 3.6: Freistehende und direkt befestigte Vorsatzschale mit Isothermenbild [114]

- Holz- und Metallständer im Rand- und Eckbereich:

der Unterkonstruktion von Vorsatzschalen sind zur Stabilität sowie zu Befestigung von Beplankungen erforderlich. Dadurch, dass die Wärmedämmung nicht bis in den kritischen Zonen durchgezogen wird, birgt auch hier die Gefahr von Wärmebrücken → Siehe Kapitel 5.1.

- Konvektive Wärmebrücken:
[31]

Energieverluste durch unsachgemäße Ausführung der Dämmebene mit Holz-/Metallständer in Vorsatzschalen:

In Vorsatzschalen werden überwiegend mineralische und organische Faserdämmstoffe verwendet. Um eine funktionsfähige Dämmebene zu erhalten, muss der Raum zwischen der Unterkonstruktion, Beplankung und Wandbildner vollständig ausgefüllt sein. Fugen, Löcher und Risse gefährden ernsthaft den Dämmeffekt durch Konvektion und Luftbewegungen. Ebenso vergrößert eine zu starke Kompression des Faserdämmstoffes die Wärmeleitfähigkeit. Deshalb müssen konvektive Luftströmungen durch luftdichte Schichten unterbunden werden. Siehe Kapitel 3.2.4.

Die häufigsten Fehler entstehen durch zu große oder zu kleine Ständerabstände, Horizontale oder vertikale Lotabweichungen und nicht sorgfältig in der Größe eingepasste Dämmplatten, was zu Randfugen und Luftdurchlässen führt.

Folgende Abbildung 3.8 zeigt die Abhängigkeit des Wärmedurchlasswiderstandes eines Dämmstoffes (λ=0,99 W/(m.K)) von der Dämmstärke und der Luftspaltbreite. Zu erkennen ist, dass Luftspalten auf größere Dämmstärken einen wesentlich stärkeren Einfluss auf den abnehmenden Wärmedurchlasswiderstand haben.

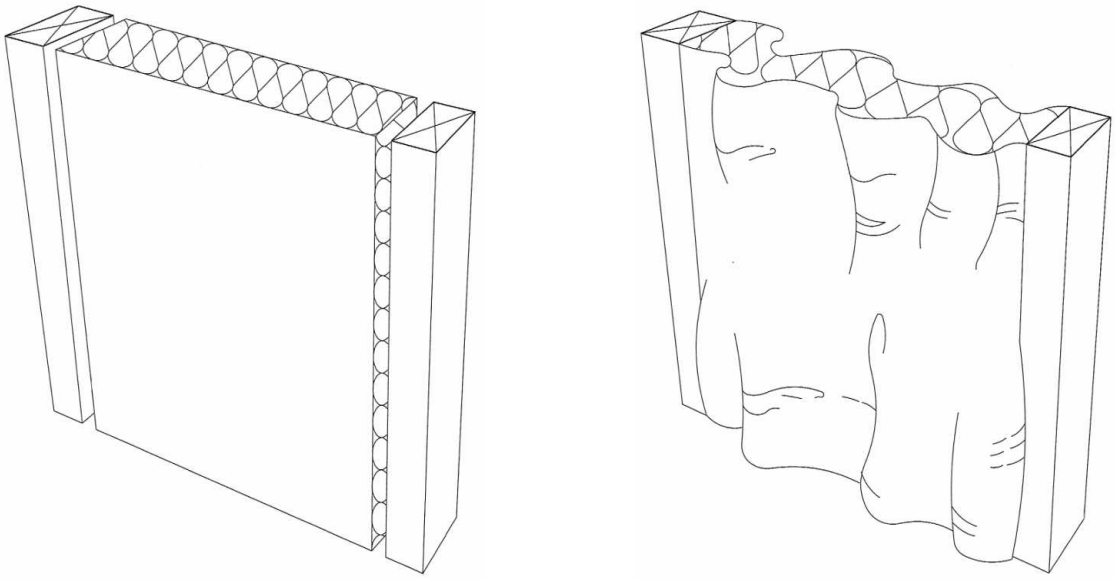


Abb. 3.7: Mangelhafte Dämmwirkung durch unsachgemäß zugeschnittenen Dämmstoff
Ständerabstand zu groß bzw. Dämmstoff zu klein geschnitten (links)
Ständerabstand zu klein bzw. Dämmstoff zu groß geschnitten (rechts) [31]

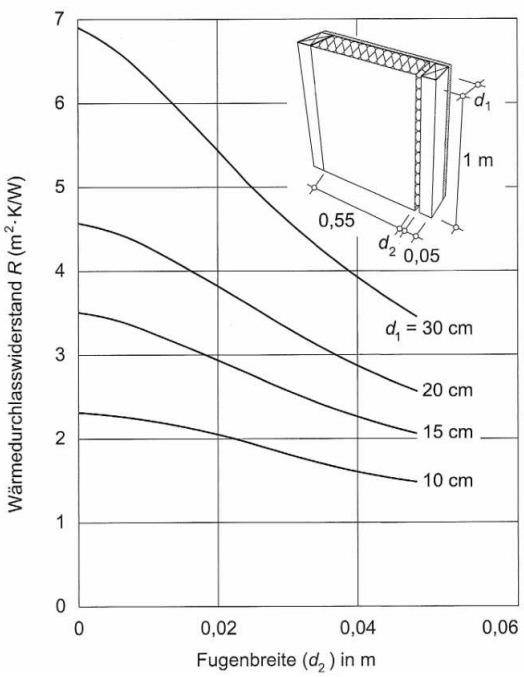



Abb. 3.8: Abnehmender Wärmedurchlasswiderstand bei Luftspalten (Fugen) im Dämmstoff [31]

<u>- Wärmebrücken-Randeffekt von VIP's (Vakuumisolationspaneelen):</u>
[81]

VIP bestechen durch den sehr guten Wärmedurchlasswiderstand im ungestörten Bereich. Wegen der guten Wärmeleitfähigkeit der Plattenränder (Aluminiumteil der Folien) verschlechtert sich jedoch der U-Wert des gesamten Panels. Je nach VIP-Art, Plattengröße und -format kann dieser Effekt die Vorteile des Materials praktisch zunichte machen.

Unter Beachtung folgender Kriterien können die Randeffekte auf ein Minimum beschränkt werden:

- Wahl möglichst quadratischer und großer Panels (mind. 0,5 m x 0,5 m)
- Doppellagiges und mindestens um 5 cm überlappendes Verlegen der Panels (was allerdings eine teure Lösung ist).

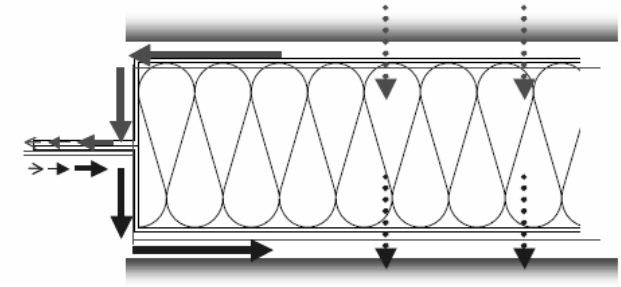


Abb. 3.9: Wärmebrücken-Randeffekt von VIP's [81]

Die Abbildung 3.10 zeigt auch den Einfluss angrenzender Bauteilschichten auf den Wärmebrücken-Randeffekt für verschiedene Materialien, welche beidseitig mit den Vakuumisolationspaneelen verbunden sind. Verglichen wird jeweils mit und ohne einen Luftspalt von 5 mm. Die Abbildung verdeutlicht den höheren Wärmebrückeneffekt von angrenzenden Materialien mit höherer Wärmeleitfähigkeit.

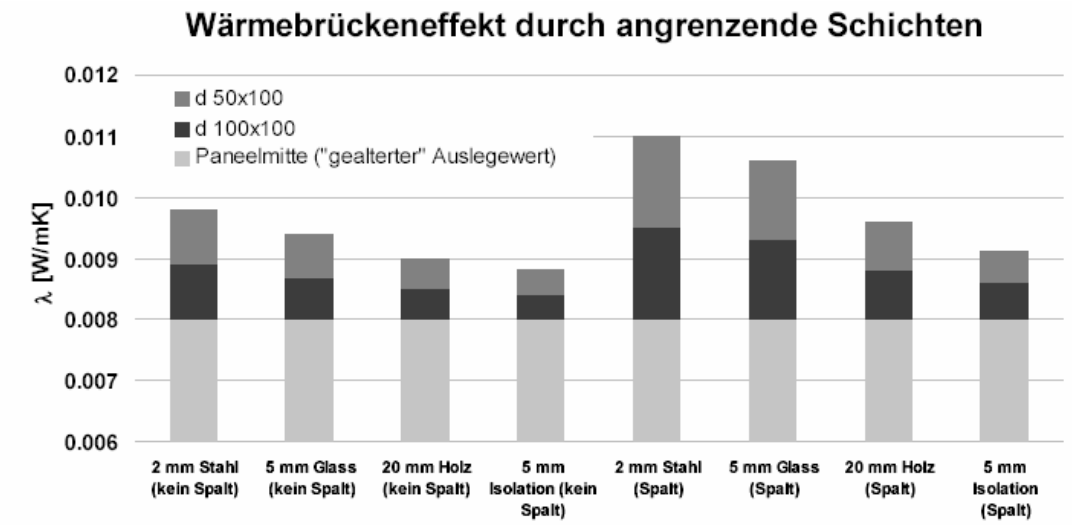



Abb. 3.10: Wärmebrückeneffekt von angrenzenden Materialien auf die mittlere Wärmeleitfähigkeit von zwei Paneelformaten (ohne und mit 5 mm Luftspalt zw. Paneelen) [81]

### 3.1.3 Sommerlicher Wärmeschutz

[72]

Durch die Anbringung einer Innendämmung an der Außenwand wird auf die speicherwirksame Masse, die für den sommerlichen Wärmeschutz erforderlich ist verzichtet. Mit Innendecken, Innenwänden und Einrichtungsgegenständen bleiben aber ca. 80 % der speicherwirksamen Masse erhalten. Die meisten Dämmstoffe haben eine sehr niedrige Speichermasse. Durch den Einsatz von Dämmstoffen aus natürlichen Rohstoffen kann noch der größte Beitrag zum sommerlichen Wärmeschutz erzielt werden. Flachs-, Holzfaser- oder Zellulosedämmstoffe haben im Vergleich zu einem Mineralfaserdämmstoff eine deutlich höhere spezifische Wärmespeicherkapazität.

## 3.2 Feuchteschutz

Ein besonders wichtiges Kriterium für die Planung von Innendämmung stellt der Feuchteschutz dar. Die häufigsten Schadensfälle bei Innendämmungen entstehen durch Feuchtigkeitseinwirkungen. Um ein Verständnis in feuchtetechnischer Hinsicht für die Anwendung der verschiedenen Konstruktionsarten zu erhalten, werden im Anschluss wichtige Aspekte und Planungsinstrumente näher erläutert.

### 3.2.1 Feuchtetransportprozesse im Bauteil

[1, 7, 16, 31, 61, 116]

Dem Planer stehen Dämmstoffe mit unterschiedlichen Stoffstrukturen zur Auswahl. Sie unterscheiden sich vor allem im Feuchtetransport. Bei der Planung von Innendämmungen muss der gesamte Wandaufbau betrachtet werden. Es kommen dabei zahlreiche Kombinationsmöglichkeiten in Betracht. Um ein abgestimmtes Gesamtsystem erhalten zu können, müssen die Feuchtetransportprozesse dem

Planer bekannt sein, damit keine unbrauchbare und nicht funktionierende Konstruktionen entstehen.
Bis vor kurzer Zeit haben sämtliche genormte Nachweise für feuchtesichere Konstruktionen auf die Berechnung mit dem Glaser-Diagramm beruht. Dabei werden normative Randbedingungen bezüglich Tau- und Austrocknungsverhalten sowie den Klimaverhältnissen definiert, die für untersuchende Konstruktionen verwendet werden. Zugleich gibt es viele Sonderregelungen für diverse Konstruktionen, die ein Nachweis bei Erfüllung bestimmter Vorraussetzungen nicht verlangen (siehe [117]).

Das Glaser-Diagramm beruht rein auf Diffusionsvorgängen. Bereits in den achtziger Jahren wurden Versuche für verschiedene Kombinationen von Wandbildnern mit Innendämmungen zur Bestimmung des Feuchtegehalts unter gleichen Voraussetzungen, die ein Nachweis mit dem Glaser-Diagramm darstellt untersucht. Dabei wurden in Klimakammern an 1,0 x 1,0 m² großen Versuchskörpern der Feuchtegehalt in der massiven Wand sowie im Dämmkörper am Versuchsbeginn, nach der Tau- und der Verdunstungsperiode gemessen. Man hat feststellen können, dass sich auch für Wandaufbauten, die sonst den Nachweis mit dem Glaser-Diagramm nicht erfüllen würden, Tauwasser in der Zone zwischen Dämmschicht und Wandbildner nicht gebildet hat, mit Ausnahme einer diffusionsoffenen Innendämmung vor der Betonwand. Damals hat man schon erkannt, dass nicht nur Diffusionsvorgänge im Bauteil für die Funktionstüchtigkeit einer Konstruktion entscheidend sind. Da für massive Wandbildner hauptsächlich hygroskopische Materialien, wie Ziegel oder Beton verwendet werden, müssen Feuchteprozesse in Form von Kapillarität und Oberflächendiffusion mitberücksichtigt werden.
Eine Berechnung also mit dem Glaser-Diagramm ist eher für nicht hygroskopische Wandbaustoffe zutreffend. Jede Abweichung davon unter Verwendung von hygroskopischen Wandbaustoffen, sei es auch nur beispielsweise eine Kombination eines kapillaraktiven Ziegelmauerwerks mit einer diffusionsoffenen, kapillar nicht leitenden Mineralfaser-Innendämmung, führt bereits in feuchteschutztechnischer Hinsicht zu Überbewertungen. Dies beruht auf Grund der Tatsache, dass unter natürlichen Gegebenheiten zeitlich veränderliche Sorptions-, Kapillaritäts- und Diffusionseffekte gleichzeitig, überlagert und mit sehr unterschiedlichen Intensitäten auftreten. Auch die Überprüfung des Langzeitverhaltens der Innendämmung in der Praxis haben keine Hinweise auf abnorme oder gar kritische Feuchtesituationen ergeben.

Die Feuchtetransportprozesse im Bauteil werden hier kurz erläutert.

<u>- Dampfdiffusion:</u>

Der Diffusionstransport erfolgt bei Vorhandensein eines Partialdruckgefälles im freien Porenraum. Je größer das Partialdruckgefälle, desto höher ist der Diffusionsstrom. Weiters hängt der Diffusionstransport von der Sorptionsfeuchte ab, die im direkten Verhältnis miteinander in Beziehung stehen.

<u>- Sorptionsleitung (Oberflächendiffusion):</u>

Hygroskopische Baustoffe besitzen die Fähigkeit Wasser durch abdsorptive Kräfte auf der Porenoberfläche zu binden und zu speichern. Die Sorbatfilmbildung in den Poren hängt von der relativen Luftfeuchte und von dem Porenradienradius ab. Ist ein

Gradient der relativen Luftfeuchtigkeit im Baustoff vorhanden, so entsteht ein Ausgleichsbestreben in den unterschiedlich gebildeten Oberflächenschichtdicken des Sorbatfilms in den Poren. Dabei wandert die Feuchtigkeit in flüssiger Form von höherer zur niedrigeren Luftfeuchtigkeit. Quantitativ liegt dieser Feuchtetransport in ähnlicher Größenordnung wie die Diffusion. Die Transportrichtungen für Dampfdiffusion und Oberflächendiffusion können gleichgerichtet oder gegengerichtet sein. Bei ersterem Fall kann durch die Überlagerung eine Austrocknung in der Verdunstungsperiode unterstützt werden. Letzterer Fall wird dann bedeutend, wenn z.B. bei kapillar aktiven Innendämmungen in der Tauperiode ein Rücktransport von flüssigem Wasser zur Verdunstung an der Innenoberfläche erfolgt.

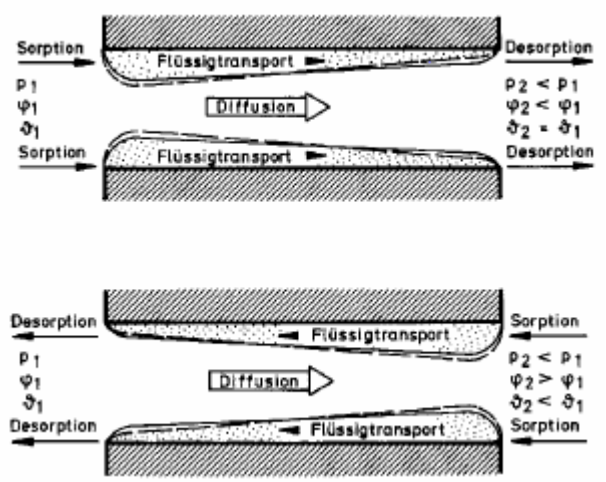



Abb. 3.11: Modell für den überlagerten Flüssig- und Dampftransport im Porenraum hygroskopischer Baustoffe bei isothermen (oben) und nicht isothermen (unten) Randbedingungen [116]

<u>- Kapillarleitung:</u>

Bei der Kapillarleitung werden die Poren bis zu einer bestimmten Größe der Porenradien mit Wasser durch Wirkung seiner Oberflächenspannung gefüllt. Der Transportprozess beginnt bereits bei relativen Luftfeuchten, die eine Kapillarkondensation bewirken. So kann bei Verwendung kapillaraktiver Materialien, Feuchtespannungen bereits bei Luftfeuchten unter 100 % abgebaut werden und in den angrenzenden Schichten durch Kapillarwirkung weitertransportiert werden. Das kapillare Saugen ist um mehrere Größenordnungen stärker als die Wasserdampfdiffusion.

### 3.2.2 Feuchtevorkommen

Um ein funktionstüchtiges Konzept für Innendämmungen erstellen zu können, müssen mögliche Beeinflussungen durch Feuchtigkeitserscheinungen berücksichtigt werden.

<u>- Statische – Dynamische Feuchteeinwirkung:</u>
[48]

Ist ein Bauteil einem ständig gleichgerichteten Feuchtegradienten ausgesetzt spricht man von einer statischen Feuchtelast. Diese Feuchtelast kann sowohl dampfförmig

als auch flüssig auf das Bauteil einwirken. Einer vorwiegend flüssigen Feuchtelast sind Bauteile unterhalb der Geländeoberkante im Erdreich oder Grundwasser ausgesetzt. Wird im Keller eine Innendämmung aufgebracht, so ist von einer statischen Feuchtelast auszugehen.

Anders verhält es sich bei Hochbauten, bei denen dynamische Feuchtebeanspruchungen die Regel sind. Die Außenhülle von Gebäuden ist dabei von ausgeprägten Wechsellasten ausgesetzt. Dabei überlagern sich meist mehrere Belastungszyklen, wie z.B. der Sommer/Winter-, Tag/Nacht-, Regen/Sonnenschein-Zyklus. Neben dynamischen Feuchtebeanspruchungen müssen hier auch dynamische Temperaturbeanspruchungen mitberücksichtigt werden. Aus den daraus resultierenden Bauteilbewegungen und Materialspannungen sowie Alterungs- und Schädigungsprozessen sind die hygrothermischen Beanspruchungen entscheidend für die Lebensdauer eines Bauteiles. Die raumseitigen Wechsellasten, vor allem der Sommer/Winterzyklus sowie nutzungsbedingte Temperatur- und Feuchtewechsel sind in der Regel weniger bedeutend, was ihre mechanischen Auswirkungen anbelangt. Für die Behaglichkeit und hygienische Qualität im Raum sind sie jedoch nicht zu vernachlässigen.

Aufsteigende Feuchte:
[1]

Eine wichtige Vorraussetzung für die Einsatzmöglichkeit von Innendämmungen ist, dass sämtliche Feuchtebelastungen durch aufsteigende Feuchtigkeit aus dem Untergrund unterbunden werden. Durch die Aufbringung von Innendämmungen wird die Bauteiltemperatur des Wandbildners deutlich herabgesetzt. Geht man von einem Bestandgebäude ohne Applikation von Innendämmungen auf Wänden aus, so stellt sich im Laufe der Zeit ein dynamisches Gleichgewicht durch die aufsteigende Feuchtigkeit in der Wand und Austrocknung an den Wandoberflächen ein, wodurch die Feuchtefront nicht mehr ansteigt. Mit einer Innendämmung wird aber das Austrocknungsverhalten der Wand nach innen behindert und durch die Temperaturabsenkung generell verschlechtert. Die Kapillarität im Mauerwerk wird aufrecht erhalten und der Feuchtehorizont kann weiter ansteigen. Eine horizontale Feuchtigkeitssperre wäre in so einem Fall unbedingt erforderlich, da sonst Frostschäden in der Wand entstehen können. Durch die fehlende Feuchtezufuhr werden auch Salzschäden von salzbelastenden Wänden vermieden.

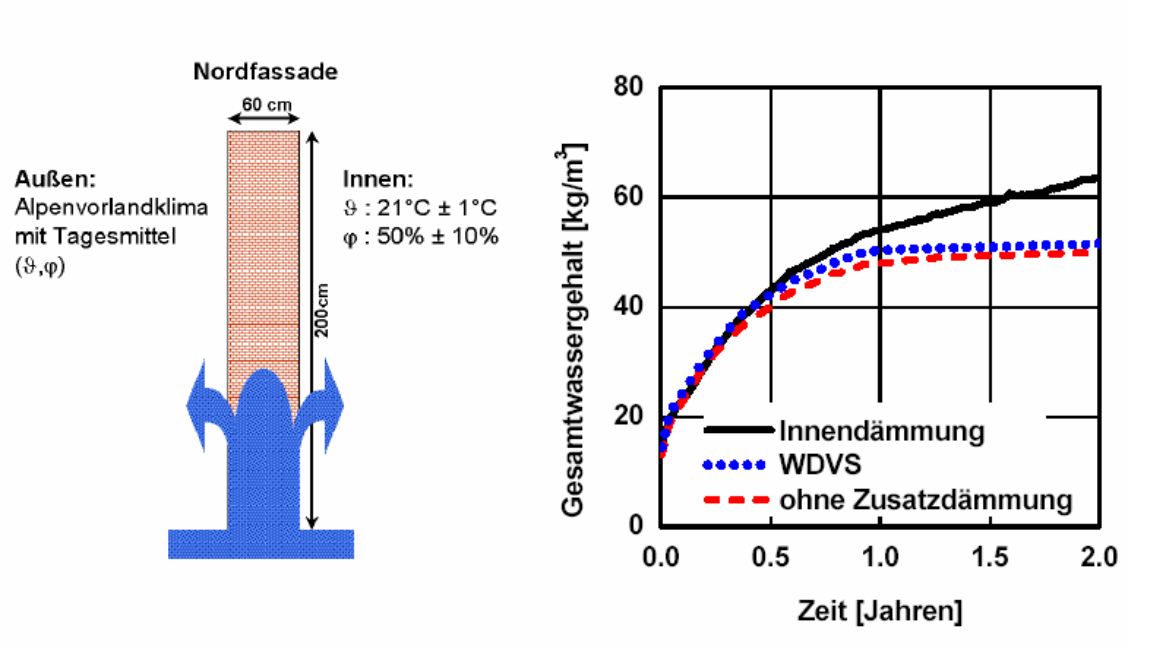



Abb. 3.12: Zweidimensionale Berechnung der kapillaren Wasseraufnahme von Ziegelmauerwerk mit und ohne Dämmung unter natürlichen Klimabedingungen [47]

- Ausgleichsfeuchte:

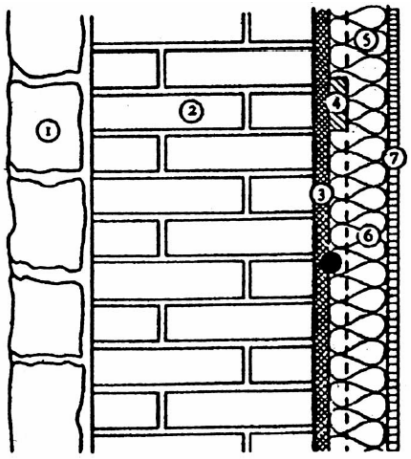
Jeder hygroskopischer Baustoff besitzt eine hygroskopische Feuchte oder auch Ausgleichsfeuchte genannt, die sich durch Sorption in Abhängigkeit der vorhandenen Luftfeuchte einstellt. Wenn von einem trockenen hygroskopischen Baustoff die Rede ist, so muss die sich einstellende Ausgleichsfeuchte berücksichtigt werden. Mit steigender Dämmstärke wird die Temperatur im Wandbildner weiter verringert und gleichzeitig die relative Luftfeuchte in dem Bauteilbereich vergrößert, wodurch sich der Ausgleichsfeuchtegehalt erhöht.

- Einbaufeuchte (Trocknungsverhalten):
[1, 105]

Bei der Applikation der Innendämmung mit Klebstoffen und Ansetzbindern oder im Sprühverfahren wird Zugabewasser verwendet. Diese Anfangsfeuchte wird in die Konstruktion eingebracht und muss bei der Planung mit berücksichtigt werden. Je nachdem welches Austrocknungspotential die Konstruktion nach außen und innen besitzt, sinkt die Einbaufeuchte unterschiedlich mit der Zeit auf die Ausgleichsfeuchte. Vorausgesetzt, es ist kein Aufschaukeln des Feuchtegehaltes erkennbar.
Die Trocknungsgeschwindigkeit hängt von der Dämmstärke, der Stoffstruktur des Wandbildners und des Dämmstoffes sowie der Verwendung von Dampfsbremsen ab. Mit steigender Dämmstärke wird die Temperatur im Wandbildner weiter abgesenkt, wodurch die Antriebskraft für die Verdunstung verringert wird. Günstig wirken sich Wandbildner mit guter Kapillarleitung und gutem Diffusionstransportvermögen, wie es bei Ziegelmauerwerk der Fall ist. Kapillarleitende, und diffusionsoffene Dämmstoffe fördern ebenfalls die Verdunstung der überschüssigen Feuchtigkeit. Dampfbremsen hingegen verringern mit steigendem Wasserdampfdiffusionswiderstand die Austrocknung.

Bei verklebten Mineralfaser-Dämmplatten mit anschließender Gipskartonbeplankung sind die GK-Platten um 15 mm kürzer als die Raumhöhe zu zuschneiden (Boden 10 mm, Decke 5 mm Fugen offen gelassen). Die Luftzirkulation unterstützt dabei den Trocknungsprozess und somit nimmt Wand nicht alleine Feuchte auf. Nach dem Austrocknen sind die Fugen aber zu verschließen.

Eine Untersuchung zeigt das Feuchteverhalten für eine Konstruktion mit direkt befestigter Vorsatzschale und einer Holzständerunterkonstruktion wie sie in Abbildung 3.13 dargestellt ist. Die untersuchten Wände sind außenseitig nicht oder gering durch Schlagregen und Sonneneinstrahlung beeinflusst worden, wodurch nur Effekte durch Sorption und Diffusion beobachtet werden konnten.




| | | |
|---|---|---|
| 1 | Natursteinverblendung ohne Luftschicht | 12 cm |
| 2 | Kalksandsandstein | 32 cm |
| 3 | Innenputz | 2 cm |
| 4 | Waagrechte Holzkonstruktion | |
| 5 | Holzunterkonstruktion senkrecht | |
| 6 | Zellulosedämmung im CSO-Verfahren<br>Dampfbremse optional | 8 cm |
| 7 | Gipsfaserplatte | 1,2 cm |

Abb. 3.13: Wandaufbau mit 8,0 cm starker Innendämmung [66]

Die Abbildung 3.14 zeigt den gemessenen Feuchteverlauf in der Holzkonstruktion über einige Jahre. Die Zellulosedämmung wurde mit und ohne einer Applikation der Dampfbremse ($s_d$ = 20 m) variiert. Weiters wurde der Verlauf der Holzfeuchte für eine Mineralfaserdämmung ohne Dampfbremse untersucht.

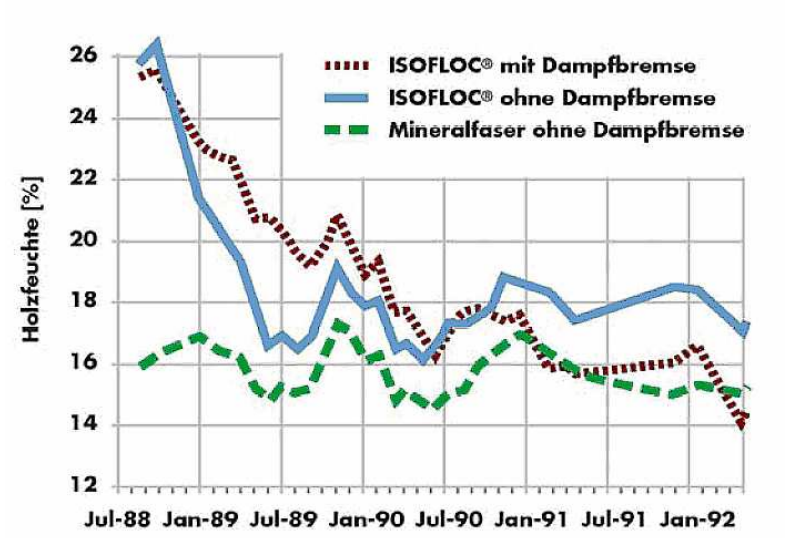



Abb. 3.14: Feuchteverlauf der Unterkonstruktion in der Trocknungsphase [66]

Der im Feuchtesprühverfahren eingebrachte Zellulosedämmstoff überträgt die Feuchtigkeit in die Lattenkonstruktion. Anfangs steigt die Holzfeuchte über die kritische Holzfeuchte von 20 M -% auf 25 M -% im Sommer an. Im darauf folgenden Winter nimmt der Feuchtegehalt in beiden Fällen, mit und ohne Dampfbremse schnell ab. Die Konstruktion ohne Dampfbremse trocknet jedoch schneller ab. Bei der Konstruktion mit Dampfbremse kann die Feuchtigkeit nur über den Putz und die Massivwand abgeführt werden. Die längere Trocknungszeit bis die Holzfeuchte unter der kritischen fällt (ca. 10 Monate) ist dabei bedenklich.
Die Konstruktion mit der Minarealfaserdämmung weist auf Grund trockener Applikation über die ganze Zeit Holzfeuchten unter 20 M -% auf. Sie bewegen sich etwa bei 16 M -%.
Langfristig kommt es in keinen der untersuchten Fälle zu einem Aufschaukeln der Holzfeuchten.

<u>- Tauwasser im Bauteil:</u>

Ein Tauwasserausfall entsteht bei Erreichen des Sättigungsdampfdruckes. Bei der Planung von Innendämmungen ist dabei besonders auf die Feuchtebilanz zu achten. Tauwasser wird auch beim Nachweis mit dem Glaser-Diagramm nicht zur Gänze ausgeschlossen. Da aber größere Mengen von Wasser in flüssiger Form schädliche Auswirkungen auf die gesamte Konstruktion haben können, müssen diese begrenzt und vermieden werden. Wichtig dabei ist, dass die zulässige Tauwassermenge bei der Verdunstung wieder austrocknen kann, und es nicht zu einer Wasseranreicherung kommen kann.
Der kritische Bereich hinsichtlich Tauwasserbildung bei einer Konstruktion mit Innendämmung befindet sich auf Grund der starken Temperaturabnahme zwischen Dämmstoff und Wandbildner. Durch diffuse oder konvektive Feuchtetransporte kann Tauwasser in diesem Bereich entstehen. Vor allem Fehlstellen in der luftdichten Ebene und Hohlräume hinter der Dämmung führen zu erhöhten Tauwasserausfällen
→ Siehe Kapitel 3.2.3

- Oberflächentauwasser:

Wenn der Taupunkt unterschritten wird, so kann sich an der Oberfläche auf der Raumseite ein Wasserfilm bilden, der das Gefüge der Oberflächenbeschichtung verändert und somit Schäden hervorrufen. Zudem werden optimale Bedingungen für die Schimmelpilzbildung geschaffen.

- Schlagregenfeuchte:
[33, 51]

Nach einem Schlagregenereignis kann eine zusätzliche Innendämmung den Trocknungsverlauf gravierend beeinflussen. Wenn der Schlagregenschutz mit einer vorübergehenden Wasserspeicherung im Querschnitt verbunden ist, so wird dieser durch die Aufbringung einer Innendämmung verschlechtert, da das Austrocknungspotential nach außen durch die verringerte Energiezufuhr herabgesetzt wird. Durch den hohen Wassergehalt im Bauteil wird auch der Wärmedurchlaßwiderstand reduziert. Besonders bei Natursteinmauerwerken mit nachträglicher Innendämmung ist auf die Schlagregenfeuchte Rücksicht zu nehmen.

Die Abbildung zeigt die Feuchteverhältnisse in einem 40 cm dicken Mauerwerk mit und ohne anschließender Innendämmung im eingeschwungenen Zustand. Der schraffierte Bereich zeigt die Bandbreite der innerhalb eines Jahres auftretenden Wassergehalte im Querschnitt der schlagregenbeanspruchten Wände. Die durchgezogene Linie beschreibt die über das Jahr gemittelte Feuchteverteilung von der Außenoberfläche des Mauerwerks bis zu seiner Innenoberfläche. Trotz periodischer Wassersättigung der Fassade entspricht die mittlere Feuchte an der Außenoberfläche, wegen der günstigen Trocknungsbedingungen bei Sonnenschein etwa den Bezugsfeuchtegehalt des Mauerwerks. Durch die starke Feuchteabhängigkeit des Kapillartransports steigt der zeitlich gemittelte Wassergehalt unter der Oberfläche rapide an. Während sich bei der Wand ohne Innendämmung die instationäre Klimawirkung auf die äußere Hälfte des Mauerwerkes beschränkt, werden durch die Innendämmung die Feuchteverhältnisse im Mauerwerk verändert. Der Wassergehalt unter der Außenoberfläche steigt hier noch stärker an, ohne das anschließend ein spürbarer Rückgang der Materialfeuchte nach innen zu verzeichnen wäre. Gründe dafür liegen in der Behinderung der Austrocknung durch den Diffusionswiderstand der Polystyrol-Dämmplatten nach innen und durch die Senkung des mittleren Temperaturniveaus des Mauerwerks nach außen. Zudem steigt auch der Gesamtwassergehalt im Mauerwerk im Vergleich zur ungedämmten Variante, wodurch sich das Schadensrisiko, vor allem durch Frost erhöht.

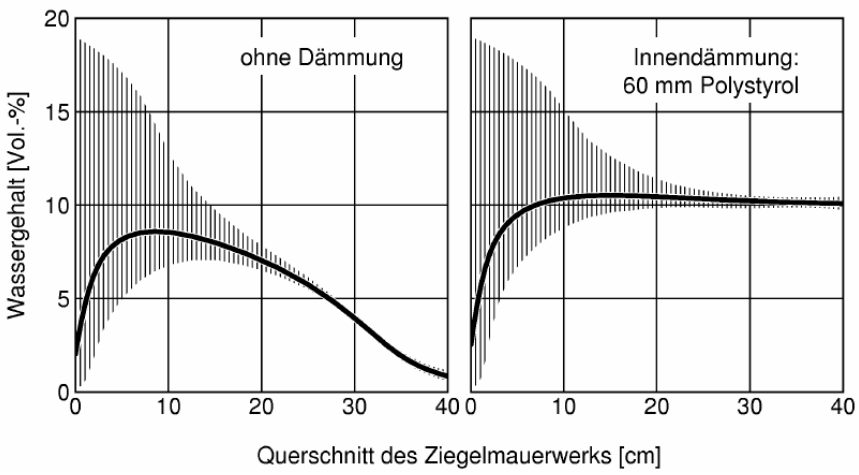



Abb. 3.15: Jahresdurchschnitt und jährliche Schwankungsbreite der Materialfeuchteprofile in einem Schlagregenbeanspruchten, einschaligen Ziegelsichtmauerwerk mit und ohne Innendämmung [51]

### 3.2.3 Feuchtetransport durch Konvektion in der Luft

[1]

Die verschiedenen Dämmstoffarten können wie bereits in Kapitel 2 beschrieben, auf unterschiedlicher Weise angebracht werden. Dabei wird der Untergrund des Wandbildners oft falsch bewertet oder sogar unterschätzt. Wird das Innendämmsystem an den Untergrund nicht angepasst, so können Hohlräume zwischen Dämmung und Wandbildner entstehen. Es ist vorab zu klären, welche Konstruktion für den bestehenden Untergrund geeignet ist. Stark strukturierte Untergründe eignen sich generell nicht für steife Platten, bei großformatigen Platten können schon bei kleinen Unebenheiten große Flächen mit Hohlräumen entstehen. Aber auch schiefe und gekrümmte Wände können für Vorsatzschalen mit Ständerkonstruktionen Probleme bereiten. Wird ein unbrauchbarer Innenputz abgeschlagen, so entstehen ebenfalls viele Fugen. In den Verarbeitungsrichtlinien vieler Hersteller wird oft angeführt, dass problematische Untergründe beim Verkleben der Platten mit der Punkt-Wulst-Methode oder bei Ständerkonstruktionen etwa mit der Unterlegung von Keilen oder Distanzschrauben während der Montage ausgeglichen werden können. Solche Angaben sind immer mit Vorsicht zu genießen. Denn eine einwandfreie Funktion der Innendämmung ist durch diese Maßnahmen oft nicht gewährleistet. Wird sie nicht vollflächig anliegend durch die verschiedenen Befestigungsmöglichkeiten angebracht, so können konvektive Luftströmungen in den Hohlräumen entstehen und Schäden im Bauteil verursacht werden. Undichte Fehlstellen in den Randzonen (seitlich, oben oder unten) bzw. nicht sachgerecht eingedichtete Durchdringungen oder verletzte Dampfbremsen führen ebenfalls zu konvektiven Transportprozessen. Was den Wasserdampftransport aus der Raumluft betrifft, sind sie im Gegensatz zu Diffusionsvorgängen ungleich intensiver.

<u>- Rotationsströmung:</u>

Die Wandtemperatur beträgt hinter Dämmung in etwa 4°C im Winter. Gelangt nun warme Raumluft von der Innenseite in diese Höhlräume, so kühlt die Luft dort ab. Im vergleich zur Raumluft ist diese Luft schwerer, sie sinkt ab und kann durch Leckagen in den Raum einströmen. Der Strömungsprozess bleibt erhalten, wenn warme Luft

aus dem Raum nachströmt. Es reichen bereits kleine Temperatur- und Dichteunterschiede, um diesen Effekt zu starten. Durch die Abkühlung der Luft, kann ein günstiges Klima für Schimmelpilzbildung geschaffen werden. Eine Tauwasserbildung kann vorerst durch die Kapillarwirkung bei hygroskopischem Mauerwerk nicht eintreten.
Besonders mit der Rückströmung kann die Raumluft mit giftigen Sporen und Stoffwechselprodukten der Mikroorganismen (MVOC) belastet werden.

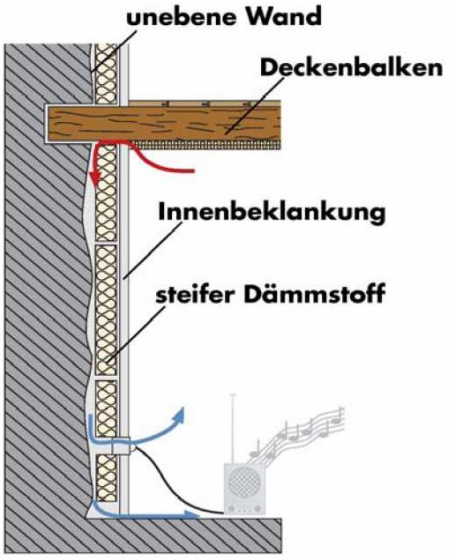



Abb. 3.16: Hinterströmung der Dämmschicht [1]

Durchströmung der Wand:

Eine Durchströmung der Wand entsteht, wenn Luftleckagen in der Außenwand vorhanden sind. Solche undichte Stellen können bei Wänden ohne durchgehenden Außen- oder Innenputz, sowie bei Sichtmauerwerk entstehen. Eine weitere Schwachstelle besteht bei Deckenauflagern von Holzbalkendecken (siehe Kapitel 5.4). Durch den Temperatur- und Dampfdruckunterschied zwischen Außen- und Innenluft entsteht ein Ausgleichsbestreben, das zu einer Luftströmung führt. Es besteht hier ebenso, wie bei einer Rotationsströmung die Gefahr einer Schimmelbildung sowie Tauwasserbildung im Hohlraumbereich.

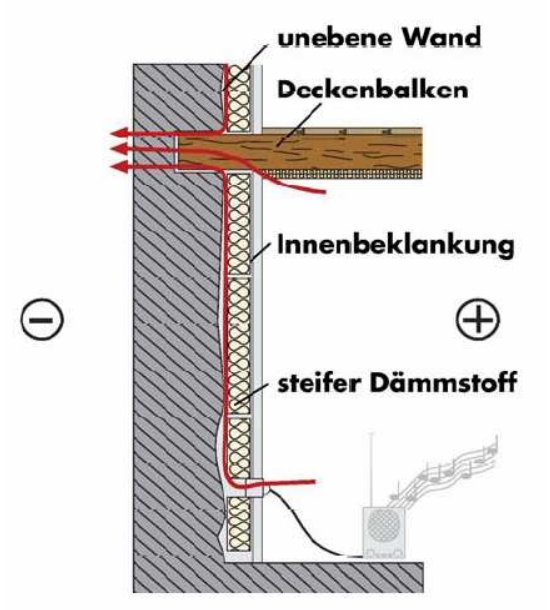



Abb. 3.17: Durchströmung der Wand [1]

### 3.2.4 Luftdichtheit

[7, 62]

Damit Feuchteprozesse durch Konvektion nicht entstehen können, muss eine luftdichtende Schicht angebracht werden.
Grundsätzlich muss zwischen der Funktion der Luftdichtheit und der Diffusionshemmung einer Außenwand mit Innendämmung unterschieden werden. Es können unterschiedliche Schichten oder ein und dieselbe Schicht diese Funktionen übernehmen. Dabei sind die Anforderungen zur Erfüllung dieser Funktionen für die jeweilige Schicht unbedingt einzuhalten.
Wird bei Funktionstrennung eine Gipskartonverkleidung als Luftdichtung eingesetzt, muss die ausreichende Dichtheit in der Fläche sowie an allen Anschlüssen tatsächlich dauerhaft gewährleistet sein. Das ist nur mit Gipskartonplatten im Anschlussbereich kaum zu bewerkstelligen.

### 3.2.5 Fugen und Lücken

[11, 28]

Fugen und Lücken in der Konstruktion einer Innendämmung können sich unterschiedlich auf das Feuchteverhalten auswirken. Die in Kapitel 3.2.3 und 3.2.4 beschriebene Problematik ist dabei von großer Bedeutung. Hier muss vor allem unterschieden werden ob Dampfwassermengen durch Diffusion oder Konvektion durch Fugen und Lücken gelangen.

<u>- Diffuser Feuchtetransport:</u>

Ist beispielsweise eine Dampfbremse bei einer Innendämmung mit Vorsatzschalenkonstruktion zwischen der Mineralfaserdämmung und Gipskartonbeplankung verletzt, so stellt sich die Frage, welche Auswirkung eine

Fehlstelle auf den Feuchteprozess hat, da die Dampfbremse einen bestimmenden Einfluss auf den Diffusionsvorgang im Bauteil besitzt.
Eine Untersuchung hat ergeben, dass kleine Fehlstellen in der diffusionshemmenden Ebene zu keinen Diffusionsproblemen führen. In dem oben beschriebenen Fall führen dieses Fehlstellen nur zur erhöhten Diffusion. Dies gilt so lange es sich nur rein um Diffusionsvorgänge handelt. Die Untersuchungen zeigen, dass mit steigenden Spaltbreiten, der Diffusionsstrom nach außen an diesen Stellen größer wird. Auch die Spalthöhe hat einen Einfluss. Je geringer die Spalthöhe desto größer der Diffusionsstrom. Wird bei Randabschlüssen von Vorsatzschalen die Dampfbremse einige Zentimeter umgefaltet, so kann dadurch im Fall von bestehenden Fehlstellen ein besserer Dampfdiffusionswiderstand in diesem Bereich sichergestellt werden.
Die Abbildung 3.18 zeigt schematisch wie sich der $s_d$-Wert in Abhängigkeit der Fehlstellenbreite für die angegebene Konstruktion verändern müsste, um eine Tauwasserfreiheit aufrecht zu erhalten.

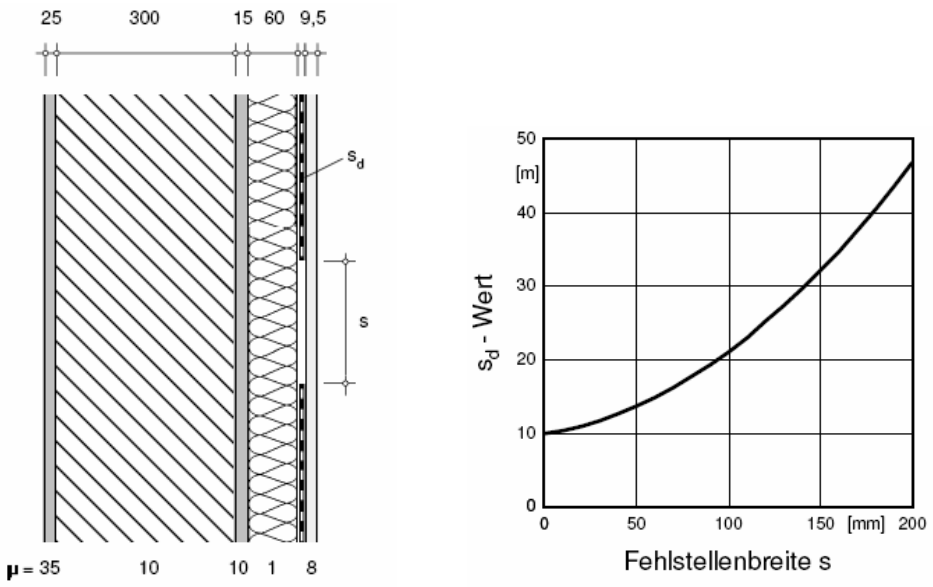



Abb. 3.18: Erforderliche $s_d$ -Wert für Tauwasserfreiheit in Abhängigkeit von der Spaltbreite. [28]

Übernimmt aber die Dampfbremse auch die Funktion der Luftdichtheit, so können Fehlstellen auch zu konvektiven Feuchteprozessen führen, die deutlich größere Feuchtemengen durch Einströmen der feuchten Raumluft in die Konstruktion einbringen können.

<u>- Konvektiver Feuchtetransport:</u>

Werden in Fugen und Lücken Feuchtigkeiten durch konvektive Luftströmungen eingebracht, so kann der Feuchtigkeitseintrag um einige Zehnerpotenzen größer sein als bei diffusen Feuchtetransportvorgängen. Mit zunehmender Schichtdicke nimmt zwar der spezifische Wasserdampfstrom ab. Je dicker aber die Schicht bzw. größer der Diffusionswiderstand sind, desto größer wird der Einfluss durch Konvektion in der Fehlstelle im Vergleich zur Diffusion in der Fläche.

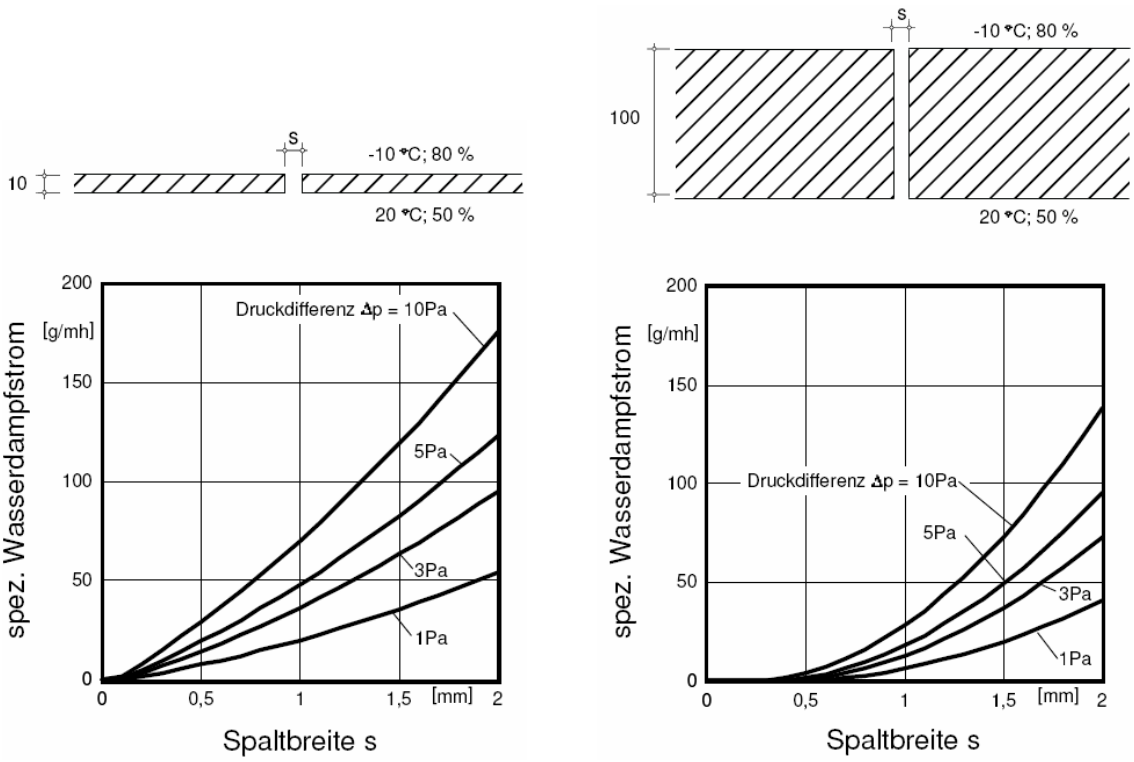



Abb. 3.19: Spez. Wasserdampfstrom in Abhängigkeit von der Spaltbreite und der wirksamen Druckdifferenz bei unterschiedlichen Bauteildicken [28]

### 3.2.6 Dampfbremsen

[12, 48]

Im Kapitel 3.2.2 wurden statische und dynamische Feuchte- und Temperatureinwirkungen erwähnt. In den meisten Fällen sind dynamische Feuchte- und Temperatureinwirkungen auf die Außenhülle eines Gebäudes vorzufinden. Heute geht man davon ab, für Konstruktionen mit Einsatz von Dampfbremsen einen hohen Dampfdiffusionswiderstand für diese zu verwenden. Der Einsatz von dampfdichten Sperrschichten wie etwa Dampfsperren hat sich als problematisch erwiesen. Viele Bauschadensfälle sind auf das Versagen solcher Sperrschichten auf Grund von Ausführungsmängeln oder ungenügender Dauerhaftigkeit zurückzuführen. Statt die hermetische Abdichtung zu perfektionieren konzentriert sich der moderne Feuchteschutz deshalb auf das Feuchtemanagement. Dabei wird ein begrenzter Feuchteeintrag hingenommen, wenn anschließend eine ausreichend rasche Rücktrocknung gesichert ist. Die jeweils zulässigen Feuchtemengen in der Konstruktion richten sich dabei nach der Art der Beanspruchung sowie der Feuchtespeicherfähigkeit und Feuchteresistenz der beteiligten Materialien. Generell kann davon ausgegangen werden, dass ein Bauteil nach einem charakteristischen Beanspruchungszyklus nicht mehr Feuchte enthalten darf als vorher. Beispielsweise muss das winterliche Tauwasser im Sommer völlig austrocknen. Genauso muss eingedrungenes Niederschlagswasser während der nächsten Trockenperiode abgegeben werden. Außerdem darf das während eines Zyklusses aufgenommene Wasser eine bauteilverträgliche Grenze nicht überschreiten.

Der Vorteil des Feuchtemanagements liegt in der Betonung des Austrocknungspotentials. Dies führt zu einer größeren Feuchteschadenstoleranz gegenüber Ausführungsmängeln oder alterungsbedingten Eigenschaftsänderungen.

Konstruktionen, bei denen eine Dampfbremse nur die Funktion für die Diffusionshemmung übernimmt, müssen keine besonderen Anforderungen erfüllen.
Bei der Verwendung von Dampfbremsfolien können Bahnenstöße ohne Verklebung überlappt (konkrete Zahlenangaben zur Überlappungsbreite fehlen in der Literatur) werden und Nagelstellen müssen nicht zusätzlich verklebt werden. Bei diesen Stellen handelt es sich nicht um zu bemängelnde Fehlstellen, da der Diffusionswiderstand der Folienlage ausreichend erhalten bleibt und die Folienverlegung ja keine Anforderung hinsichtlich der Luftdichtheit erfüllen muss. Dafür ist es natürlich erforderlich, dass die luftdichtende Funktionsebene diese Funktion dauerhaft erbringt und die Dampfbremse nicht als Sicherheitsnetz für die Luftdichtheit fungiert. Anschlüsse der Dampfbremse an angrenzende Bauteile und Durchdringungen sollten allerdings abgedichtet werden. Werden Dampfbremsen jedoch auch zur Erfüllung der Luftdichtheit eingesetzt, ist beim Verkleben der Folien untereinander darauf zu achten, dass Klebeband und Folien nicht gedehnt werden. Sind sie gedehnt worden, besteht die Gefahr, dass sich das gedehnte Klebeband bzw. die gedehnte Folie nach einiger Zeit wieder zusammenziehen und dadurch verkürzen. Damit ist der Klebepartner länger als sie und der Längenüberschuss führt zur Bildung von Falten bzw. Schlaufen.

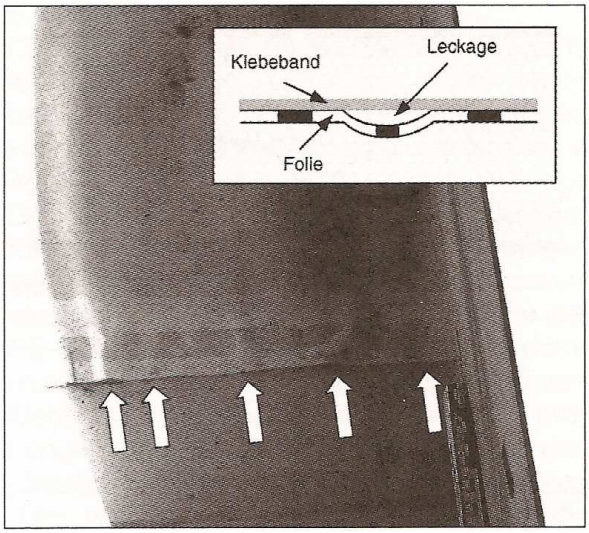



Abb. 3.20: Aufgehen der Klebefolie zwischen Folien aufgrund einer Dehnung von Klebeband bzw. einer Folie beim Verkleben [7]

Solche Fehlstellen entstehen erst nach einiger Zeit hinter der Beplankung und können nur mit entsprechendem Aufwand nachgebessert werden. Auch unterschiedliches Schrumpfen von Klebeband und Folie aufgrund der Alterung kann zu solchen Effekten führen.
Es wird empfohlen Dampfbremsen auch als Luftdichtheitsschicht zu verwenden. Herkömmliche Dampfsperren mit einem $s_d$-Wert mehr als 100 m erfüllen zwar auf einfache Weise Normvorgaben, für den praktischen Einsatz sind sie jedoch nur in Sonderfällen gut geeignet, wie etwa bei statischer Feuchtelast. Untersuchungen haben gezeigt, dass selbst bei guter Verarbeitung der $s_d$-Wert durch den konvektionsbedingten Feuchteeintrag herabgesetzt wird. Deshalb suggerieren Dampfsperren mit hohen $s_d$-Werten eine höhere Tauwassersicherheit als es der Realität entspricht. Dafür wird die sommerliche Austrocknung stark behindert. In vielen Fällen ist es daher sinnvoller statt einer Dampfsperre eine diffusionshemmende Dampfbremse mit einem $s_d$-Wert zwischen 2 und 5 m

einzusetzen. Die winterliche Tauwasserbildung wird dadurch ausreichend begrenzt und gleichzeitig eine gewisse Rücktrocknung zur Raumseite im Sommer ermöglicht.

In vielen Fällen reicht die Rücktrocknung durch eine diffusionshemmende Dampfbremse nicht aus, um eine langfristige Feuchtesicherheit der Konstruktion zu gewährleilsten. In diesen Fällen ist es günstig das Trocknungspotential durch den Einsatz trocknungsfördender Dampfbremsen zu erhöhen. Dazu gehören kapillaraktive und feuchteadaptive Dampfbremsen, die mit unterschiedlichen physikalischen Prinzipien arbeiten.

- Kapillaraktive Dampfbremse:

Die kapillaraktive Dampfbremse besteht aus einem synthetischen Filz, der mit wechselseitigen, überlappenden Polyethylenstreifen versehen ist. Diese sorgen für einen ausreichenden Dampfdiffusionswiderstand ($s_d$ > 10 m) im Winter. Wenn die Dampfbremse jedoch durch Leckagen oder durch Umkehrdiffusion mit Sommerkondensation nass wird, saugt der Filz die Feuchte auf und verteilt sie durch Kapillarleitung auch auf die andere Seite der Dampfbremse, von wo aus sie zur Raumseite hin verdunsten kann. Die kapillare Wirkung wird erst aktiviert, wenn ein Tauwasserausfall gegeben ist.

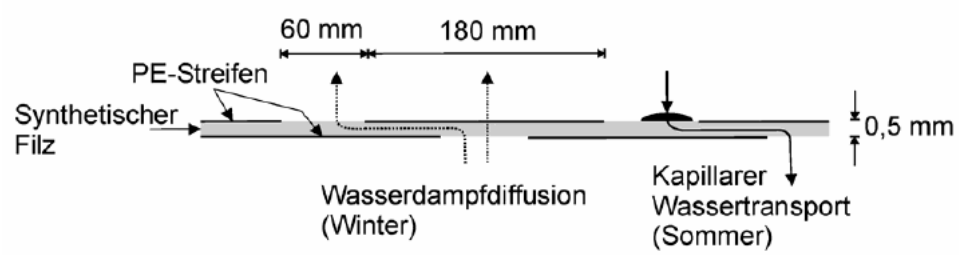



Abb. 3.21: Aufbau der kapillaraktiven Dampfbremse auch „Hygrodiode“ genannt [48]

- Feuchteadaptive Dampfbremse:

Die feuchteadaptive Dampfbremse verhält sich unter winterlichen Randbedingungen, wie eine diffusionshemmende Dampfbremse. Sind jedoch günstige Voraussetzungen für die Austrocknung des Bauteils gegeben, wie z.B. im Sommer oder auch in anderen Jahreszeiten bei witterungsbedingter Umkehrdiffusion wird sie lange bevor Tauwasser ausfällt diffusionsoffener und fördert damit die Trocknung. Dieses Phänomen lässt sich durch den variablen $s_d$-Wert der feuchteadaptiven Dampfbremse erklären. Wandert die Feuchte nach außen, wird es im Bereich der Dampfbremse sehr trocken. In dieser Situation soll die Dampfbremse dafür sorgen, dass von der Raumseite keine Feuchte nachkommt, die diesen Diffusionsstrom noch verstärkt. Sie muss also möglichst dicht sein. Wandert die Feuchte nach innen (diese Situation wird als Umkehrdiffusion bezeichnet), steigt die relative Feuchte an der Dampfbremse an. Im Extremfall kommt es dabei zur Tauwasserbildung. Jetzt ist eine hohe Durchlässigkeit der Dampfbremse vorteilhaft, damit die ankommende Feuchte an die Raumluft weiter gegeben werden kann und das Bauteil austrocknet.

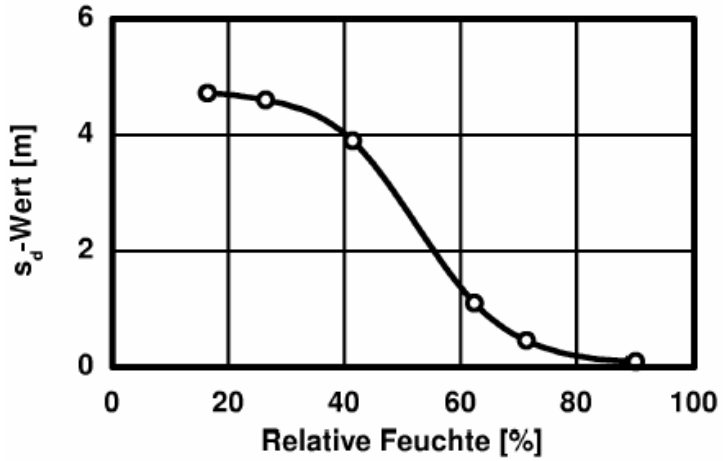



Abb. 3.22: Abhängigkeit des Diffisionssperrwertes ($s_d$-Wert) der feuchteadaptiven Dampfbremsfolie auf Polyamidbasis von der relativen Luftfeuchte [48]

Untersuchungen an Leichtbauwänden für eine einseitige Austrocknung bei Verwendung von kapillaraktiven und feuchteadaptiven Dampfbremsen haben gezeigt, dass mit einer feuchteadaptiven Dampfbremse bessere Austrocknungsverhältnisse erreicht werden, da für kapillaraktive Dampfbremsen ein Tauwasserausfall für die Aktivierung der Kapillarwirkung notwendig ist. Somit eignen sich kapillaraktive Dampfbremsen nicht für Außenwände wie etwa für Steildachkonstruktionen, bei denen auf Grund höherer Außenoberflächentemperaturen während der Umkehrdiffusion im Sommer ein Tauwasserausfall eher zu erwarten ist.

Zudem sei noch zu erwähnen, dass trocknungsfördernde Dampfbremsen keine Alternative zur sorgfältigen Verarbeitung darstellen. Planung und Ausführung von Anschlussdetails müssen weiterhin sorgfältig vorgenommen werden. Die Feuchtetoleranz könnte schnell ins Gegenteil umschlagen.

Moderate Dampfbremsen mit $s_d$-Werten zwischen 2 und 5 m bietet zwar ausreichende Feuchtesicherheit, bei erhöhter Baufeuchte oder außen dampfdichten Bauteilen sind sie jedoch weniger geeignet. Dies gilt insbesondere für Dampfbremsen aus Kraftpapier, da sie nach einer Befeuchtung ihre ursprüngliche dampfbremsende Wirkung nicht zurückerlangen. Außerdem sind sie sehr anfällig für Schimmelpilzwachstum. Ihre Anwendung sollte deshalb auf außen diffusionsoffene Konstruktionen beschränkt bleiben. Bei statischer Feuchtelast wie etwa bei Schwimmbädern oder Kühlhäusern sind dichte Dampfsperren mit $s_d$-Werten über 100 m einzusetzen.

<u>- Konstruktion ohne Dampfbremse:</u>
[61, 94]

In vielen Untersuchungen wird nachgewiesen, dass Innendämmkonstruktionen mit diffusionsoffenen Dämmstoffen, wie sie in Vorsatzschalen vorkommen, auch ohne Dampfbremsen funktionieren können. Ein Nachweis mit dem Glaserdiagramm wird dabei kaum erfüllt. Dafür werden auch die in Kapitel 3.2.1 beschriebenen Transportvorgänge sowie die Feuchtespeicherfähigkeit von hygroskopischen Materialien nicht berücksichtigt. Es wird zwar nachgewiesen, dass die

aufgenommene Feuchtigkeit in der Verdunstungsperiode abgegeben werden kann, mit einem erhöhten Wassergehalt im Innenbereich der Gesamtkonstruktion ist aber trotzdem zu rechnen. Dadurch sind auch gewisse Minderungen der Dämmwirkung zu erwarten. Zudem muss die Konstruktion von innen luftdicht ausgeführt sein, um konvektive Feuchteeinträge zu unterbinden. Dabei muss die Luftdichtheit mit der Beplankung hergestellt werden, die sonst von der Dampfbremse übernommen wird. Es ist unbedingt auf eine sorgfältige Ausführung zu achten, wobei auch dann Leckagen nicht auszuschließen sind.

Für Materialien, die ohne Dampfbremsen Normnachweise (Glaser) nicht erfüllen, können trotzdem funktionieren, wie Simulationen, Laboruntersuchungen, Langzeiterfahrungen, u.s.w. gezeigt haben.

<u>- Mögliche Materialien zur Herstellung einer Dampfbremse:</u>

Zu beachten ist, dass sich die Materialien in ihrer dampfbremsenden Wirkung unterscheiden.

- Polyäthylen-, Polyamidfolien,
- Kraftpapiere, Dampfbremspappen,
- Bitumenhaltige Anstriche: Heiß-, oder Kaltbitumen,
- Dispersionsanstriche, Ölfarben,
- PU-Anstriche (doppelt),
- Doppelseitige Klebebänder (z.B. aus Butylkautschuk)
- Vorkomprimiertes Fugendichtungsband,
- Acrylkleber, Korkkleber
- Silikon- oder Acryldichtungsmasse für Fugenverschlüsse.

### 3.2.7 Hydrophobierung

[1, 49]

In Kapitel 3.2.2 wurde bereits auf die Problematik mit Schlagregenfeuchte eingegangen. Ein Schlagregenschutz lässt sich beispielsweise durch eine Fassadenhydrophobierung erzielen.
Mit einer Hydrophobierung wird die Austrocknung durch fehlende Kapillarleitung und durch die Erhöhung vom Wasserdampfdiffusionswiderstand im Bereich der Imprägnierung beeinflusst. Eine Hydrophobierungsmaßnahme kann deshalb bei mangelhafter Ausführung selbst zu einem Schadensrisiko werden.
Am Fraunhofer Institut wurde für ein Sichtziegelmauerwerk der Verlauf des Wassergehaltes im Bauteil vor und nach einer Hydrophobierungsmaßnahme mit einer Siloxanimprägnierung sowie einer nachträglichen aufgebrachten Innendämmung mit Verbundplatten aus Polystyrol-Hartschaumplatten und Gipskartonbeplankung gemessen. Zudem wurden künstliche Abrissflanken zwischen Ziegelstein und Mörtelfuge sowie Fehlstellen durch einen Bohrkernersatz mit kapillarfähigem Kalkzementmörtel im Ziegelstein auf den Versuchskörper eingebracht. Nach jahrelanger Untersuchung hat sich für eine nach Westen orientierte Fassade folgendes Ergebnis abgezeichnet:

- Abrissflanken haben kaum Einfluß auf das Feuchteverhalten gezeigt
- durch die Hydrophobierung ist der Wassergehalt gesunken

- die Störstelle (künstliche Fehlstelle) führt zur Erhöhung des Wassergehaltes
- die Aufbringung einer Innendämmung wirkt sich auf die hydrophobierte Wand kaum aus, auf eine nicht hydrophierte kommt es hingegen deutlich zu einer Erhöhung des Wassergehaltes

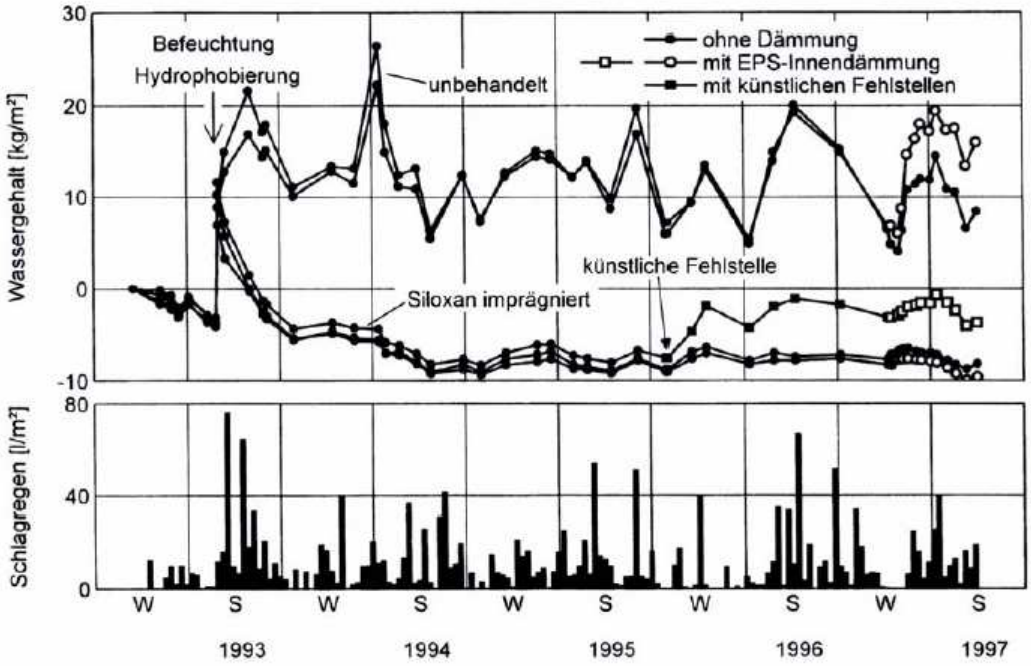



Abb. 3.23: Gemessene Feuchteverläufe der nach Westen orientierten Versuchskörper aus Sichtziegelmauerwerk über einen Zeitraum von fast 5 Jahren mit Angabe der Schlagregenbelastung [49]

Fehlstellen in der Fassadenhydrophobierung sind grundsätzlich Problemzonen. Vor allem Fehlstellen bei denen das Regenwasser kapillar hinter der hydrophobierten Zone transportiert wird, haben eine ihrem Flächenanteil überproportionale Feuchtezunahme des Mauerwerks zur Folge. Berechnungen mit WUFI-2D haben gezeigt, dass Abrissflanken größere Feuchteeinträge als Fehlstellen von unhydrophobierten Zonen im Mörtelbereich zur Folge haben.

Bei salzbelastetem Mauerwerk kann eine Imprägnierung zum Abplatzen der Oberfläche führen, da das Salz beim Trocknen hinter der hydrophobierten Zone kristallisiert und dabei entsprechende Sprengkräfte entwickelt.

Es müssen möglichst tiefgehende Hydrophobierungen durchgeführt werden, um das Risiko von Fehlstellen zu vermindern. Andererseits erhält man mit zunehmender Eindringtiefe weichere Übergänge zwischen hydrophoben Bereich und der Originalsubstanz. Dadurch werden hygrothermische Spannungsspitzen vermindert, die auf Grund des unterschiedlichen Ausdehnungsverhaltens von hydrophobiertem und unbehandeltem Steinmaterial entstehen. Im Extremfall können solche hygrothermischen Spannungen vor allem bei vorgeschädigtem Mauerwerk langfristig zum Abplatzen der hydrophobierten Zone führen.

Wird einem Gebäude nachträglich der Außenputz abgeschlagen, um ein Sichtmauerwerk zu erhalten, ist darauf zu achten, dass ein Innenputz auf der Innenseite vorhanden ist. Auch wenn zwar außenseitig eine Hydrophobierung und

Verfugung der Mörtelfugen durchgeführt sowie eine Innendämmung auf das Mauerwerk ohne Putz aufgebracht wird, so kann es zu Ausblühungen auf der Innenseite hinter der Innendämmung kommen, wenn durch Schlagregen mit Winddruck die Feuchtigkeit eingebracht wird. In diesem Fall reichen Hydrophobierungen als Schlagregendichtheit auf Grund der Feuchteeinbringung durch Winddruck in das Bauteil nicht aus. Ein Innenputz kann bei leichten Schlagregenbeanspruchungen das Schadensrisiko begrenzen. Dieser reduziert die Gefahr, dass Wind den Regen in die Konstruktion tief hinein treiben kann. Außerdem wirkt er als Feuchtepuffer, der geringe eindringende Wassermengen so lange festhalten kann, bis auf kapillarem Wege wieder eine Austrocknung einsetzt. Eine wichtige Funktion des Putzes ist es, zu verhindern, dass Wasser auf der Innenseite der Außenwand nach unten herabrinnt und es so auf Decken oder an Fensterstürzen zu schadensauslösenden Wasseransammlungen kommen könnte. Wird der Putz auf der Innenseite als Feuchtigkeitspuffer ausgelegt, sollten die dann folgenden Dämmstoffe konsequenterweise ebenfalls weitgehend feuchteunempfindlich sein.

## 3.3 Schallschutz

[25, 31, 105, 106]

Je nach dem welche Konstruktionsart zur Aufbringung verwendet wird, verhalten sie sich in schallschutztechnischer Hinsicht unterschiedlich. Durch die Applikation der Innendämmung mit einer Wärmedämmschicht und raumseitiger Bekleidung entsteht aus akustischer Sicht ein zweischaliges System. Es setzt sich zusammen aus zwei Massen, die über eine federnde Schicht (Dämmschicht) miteinander verbunden sind („Masse-Feder-Masse“- System).

Wird das Innendämmsystem durch Luftschall angeregt, so ergibt sich eine kritische Frequenz (Resonanzfrequenz), bei der die Massen mit maximaler Amplitude gegeneinander Schwingen. Im Bereich der Resonanzfrequenz ist die Schalldämmung sehr gering. Die Lage dieser Resonanzfrequenz ist abhängig von der dynamischen Steifigkeit der Dämmschicht, deren Schallabsorptionsvermögen und der flächenbezogenen Masse der raumseitig auf der Wärmedämmschicht befindlichen Schale. Das Auftreten einer Resonanzfrequenz lässt sich nicht vermeiden, man kann aber darauf Einfluss nehmen, dass sie nicht im kritischen bauakustischen Bereich liegt (100 –3150 Hz).

Die Resonanzfrequenz lässt sich mit folgender Funktion beschreiben:

$$f_0 = 160 \sqrt{s'/m}$$

$f_0$ Resonanzfrequenz in Hz
$s'$ dynamische Steifigkeit der Dämmschicht in MN/m³
$m$ Flächenmasse der Schale in kg/m²

Die dynamische Steifigkeit der Dämmschicht hängt von zwei Größen ab:

$$s' = E_{dyn}/d \quad \text{in MN/m}^3 \qquad \leq 8 \text{ MN/m}^3$$

Hierin bedeuten:

$E_{dyn}$ dynamischer Elastizitätsmodul der Dämmschicht in MN/m²
d Dicke der Dämmschicht im mm

Die Resonanzfrequenz nimmt somit durch Erhöhung der Masse der Schale, Verringerung des dynamischen E-Moduls der Dämmschicht und steigender Dämmschichtdicke ab.

Vorsatzschalen- und Verbundplattenkonstruktionen werden in ihren schalltechnischen Eigenschaften gleichgesetzt. Steifere Dämmschichten, wie beispielsweise Polystyrol-Hartschaumplatten haben hohe dynamische Steifigkeiten. Durch ihren Einsatz kann keine Verbesserung des Schallschutzes erzielt werden. Auf Grund von Resonanzeffekten kann sogar eine Verschlechterung der Schall-Längsdämmung im Bereich der Resonanzfrequenz (200 - 300 Hz) eintreten, so dass das bewertete Schall-Längsdämmmaß der Wand unter Umständen bis zu 10 - 15 dB verringert wird. Dies gilt eingeschränkt auch für nur teilweise verkleidete Wandflächen (z.B. Heizkörpernischen). Zudem bestehen Nachweise, dass durch solche kleine Flächen (ca. 1 m²) die Schall-Längsdämmung $R'_{Lw}$ um ca. 2 dB verringert wird (Gösele).

Anders verhält es sich bei Dämmschichten mit geringer dynamischer Steifigkeit, wie beispielsweise bei Mineralfaserplatten oder elastifizierten Polystyrol-Hartschäumen. Mit Vorsatzschalenkonstruktionen unter Verwendung biegeweicher Dämmstoffe zwischen der Unterkonstruktion lässt sich die Schalldämmung und Schall-Längsdämmung von Wänden verbessern.

Die Leistungsfähigkeit einer biegeweichen schalldämmenden Vorsatzschale hängt im Wesentlichen ab von:

- der flächenbezogenen Masse der biegesteifen Massivwand

- der konstruktiven Ausbildung der Vorsatzschale

- der Ausbildung von flankierenden Bauteilen.

Dabei wird durch Verwendung von dickeren Dämmstoffen (>60 mm), doppelter Beplankung (oder Verwendung einer dickeren Massivbauplatte) und durch den Einsatz von Metall- statt Holzständern für die Unterkonstruktion die Wirksamkeit der Vorsatzschale in konstruktiver Hinsicht verbessert.

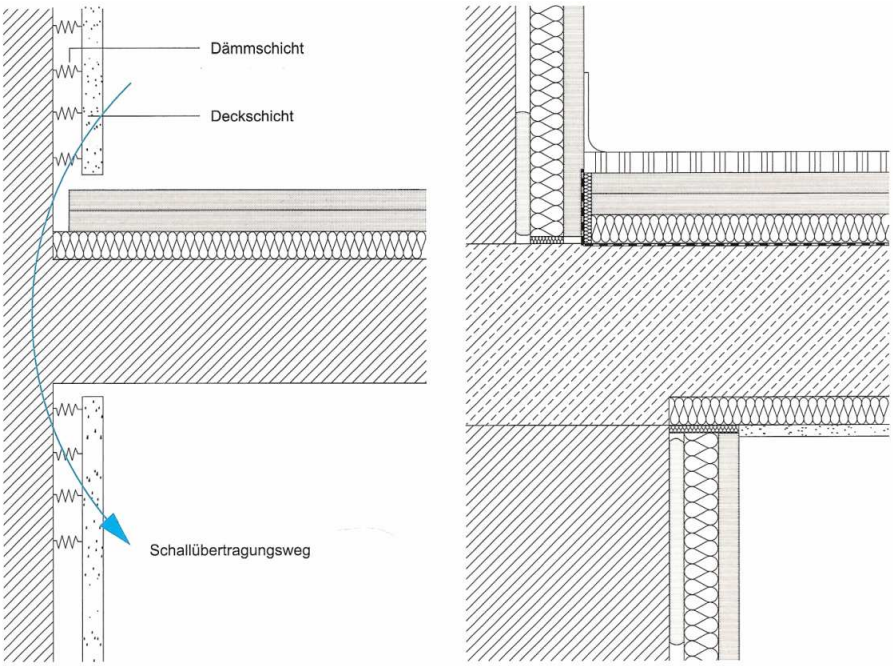



Abb. 3.24: Modell Masse-Federsystem mit baupraktischer Anwendung [31]

Die Abbildung 3.25 veranschaulicht die Verbesserung der bewerteten Bauschalldämmmaße in Abhängigkeit des Flächengewichtes unterschiedlicher Wandbildner. Für leichtere Wandbildner wird eine höhere Schalldämmwirkung, nach Aufbringung einer Vorsatzschale erzielt.

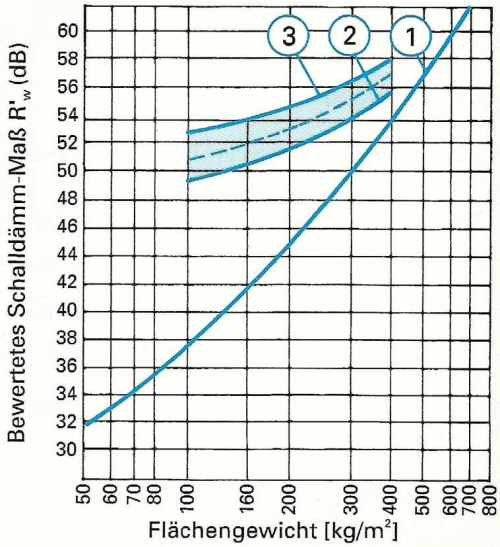



Abb. 3.25: Bewertete Schalldämmmaße an biegesteifen Massivwänden
Kurve 1: Wand ohne, Kurven 2-3: mit Vorsatzschalen [106]

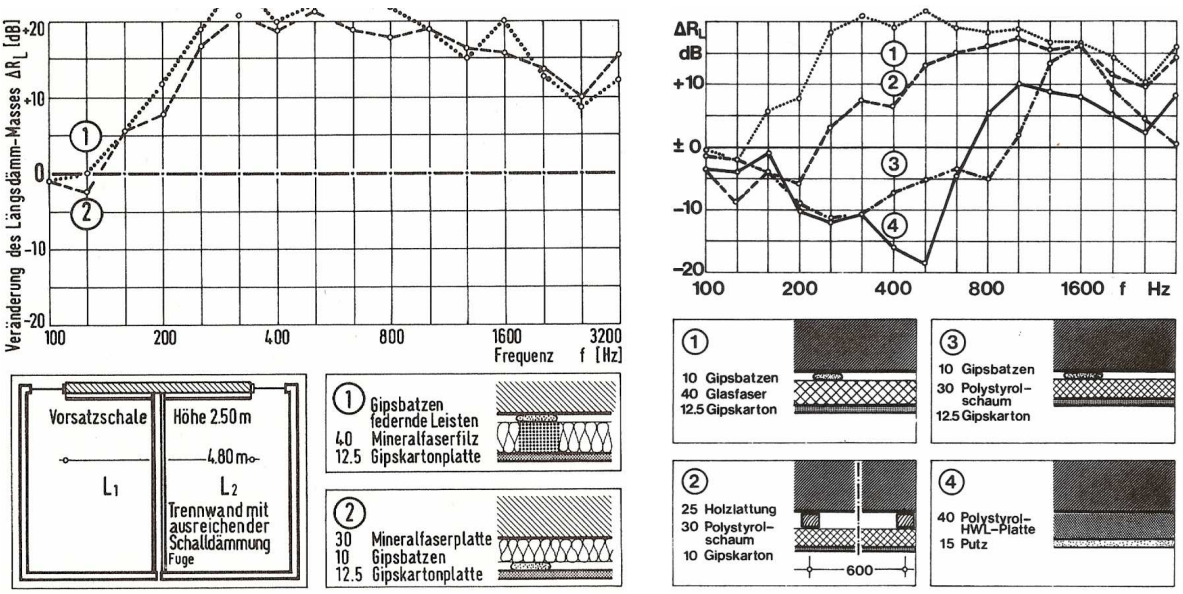



Abb. 3.26: Schall-Längsdämmung: Veränderung durch nachträgliche Dämmung [25, links; 107, rechts]

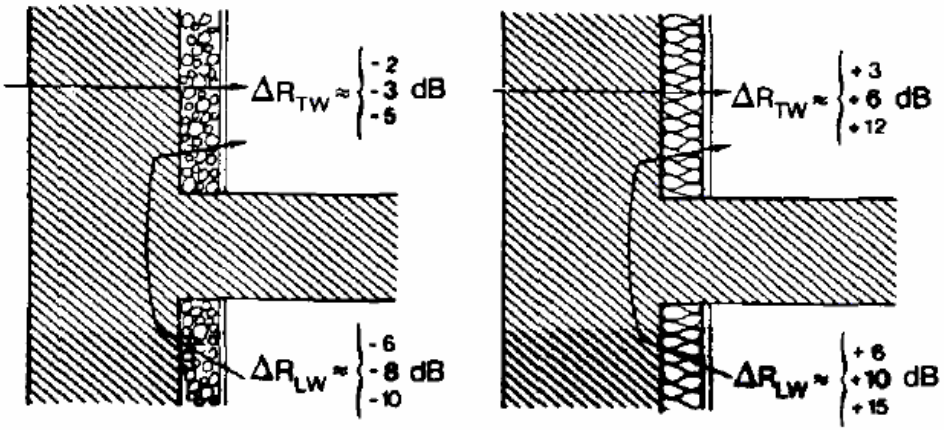



Abb. 3.27: Verbesserung (+) oder Verschlechterung (-) des bewerteten Schall-Dämmmaßes ($\Delta R_{TW}$) und der Schall-Längsdämmung ($\Delta R_{LW}$) der Außenwand (bei Zusatzdämmung mit Verbundkonstruktionen aus Hartschaum (links) und Mineralfasern (rechts) [35]

Für eine schalltechnisch hochwertige Konstruktion dürfen keine Schallbrücken zwischen Vorsatzschale und Wand existieren. Freistehende Vorsatzschalen erzielen besonders hohe Schallschutzverbesserungen, da die Unterkonstruktion zur Gänze vom Wandbildner getrennt ist. Ähnlich gute Ergebnisse werden bei direkten befestigten Vorsatzschalen erreicht. Dabei sollten bei direkten punktweise befestigten Vorsatzschalen die Befestigungspunkte zur Reduzierung der Schallbrückenwirkung mit möglichst großem Abstand ausgeführt und möglichst gering gehalten werden. Oder es erfolgt eine „weiche“ Befestigung der Vorsatzschale über Federschienen, Schwingbügel oder Dämmstreifen. Die Teile der Unterkonstruktion, die direkt mit dem massiven Wandbildner in Berührung stehen, können durch Unterlegung mit Dämmstreifen eine Verbesserung des Schalldämmwertes erzielen.

Vorsatzschalen mit freistehender oder federnd mit der Massivwand verbundener Unterkonstruktion sind aufgrund fehlender Schallbrücken (nach DIN 4109) um 1 dB leistungsfähiger als Konstruktionen mit starrer Verbindung (siehe Tabelle 3.2).

| | |
|---|---|
| Holzlattung direkt mit Massivwand verdübelt, Dämmung zwischen Grund- und Traglattung | ca. +11 dB |
| Metall- oder Holzständer mit starrer Wandverankerung, Dämmung zwischen Ständern | ca. +11 dB |
| Metall- oder Holzständer mit Federschienen oder Justierschwingbügel, Dämmung zwischen Ständern | ca. +11/ 12 dB |
| freistehende Metall- oder Holzständer mit Federschienen oder Justierschwingbügel, Dämmung zwischen Ständern | ca. +12 dB |
| Verbundplatte punkt- oder streifenförmig auf Massivwand geklebt | ca. +12 dB |

Werte gültig für Massivbau mit flankierenden Bauteilen mit mittlerer flächenbezogener Masse von ca. 300 kg/m². Sind diese Bauteile leichter, so müssen bis zu 4 dB schlechtere Dämmwerte, sind sie schwerer, können bis zu 2 dB bessere Dämmwerte angesetzt werden.

Tab. 3.2: Verbesserungsmaße für eine Rohbauwand 100 kg/m² für unterschiedliche Vorsatz schalenkonstruktionen [106]

Nachfolgende Tabelle zeigt eine Übersicht über die Eignung von Vorsatzschalen zur Verbesserung des Schallschutzes für unterschiedliche Konstruktionen:

| **Konstruktionsart** | **Bewertung** | **Beschreibung** |
|---|---|---|
| Hartschaum-Verbundbauplatte | nicht geeignet | Starre Verbindung zwischen Platte, Hartschaum und Wand |
| Mineralwolle-Verbundbauplatte, Verbundbauplatte mit plastifiziertem Hartschaum | geringe Verbesserung | Relativ starre Verbindung zwischen Platte, Mineralwolle und Wand |
| Direkt befestigte Vorsatzschale | gut geeignet | Je loser die Verbindung ist (z.B Federschienen statt Holzlatten), desto höher ist die erzielbare Verbesserung |
| Frei stehende Vorsatzschale | sehr gut geeignet | Keine Verbindung zwischen Wand und Platte |

Tab. 3.3: Eignung von Vorsatzschalen zur Verbesserung des Schallschutzes von Wänden [31]

Eine wichtige Vorraussetzung für die bauakustische Wirksamkeit ist die Fugenfreiheit der bekleideten Wand. Fugen und Undichtheiten sind dabei zu schließen. Bei geklebten Dämmschichten oder Verbundplatten ist darauf zu achten, dass kein Kleber zwischen den Fugen geratet. Bei Vorsatzschalen ist auf eine sorgfältige Fugendichtung der Beplankung zu achten. Diese muss dauerelastisch sein, um Bewegungen aufnehmen zu können. Spachtelungen sind auf Risssicherheit zu überprüfen.

Vakuumisolationspaneele stellen auf Grund eines fehlenden Mediums für die Schallausbreitung einen akustischen Reiz dar. Dies gilt nur solange ein unendliches VIP betrachtet wird. Tatsache ist, dass, dass entlang der Paneelflächen sowie an den seitlichen Rändern die Einzelplatten auf Abstand gehalten werden müssen und somit eine wesentliche Abweichung von unendlichen VIP's darstellen. Die Anregung, Übertragung und Abstrahlung von Körperschall an den entsprechenden Stellen ist dadurch unvermeidbar, kann bestenfalls reduziert werden. Ebenso wird im Fall des

VIP die Gesamtkonstruktion voraussichtlich sehr steif. Neben Eigenschwingungen der Platten folgen aus hoher Biegesteifigkeit mehr und mehr tieferfrequente Koinzidenzeffekte und entsprechende Einbrüche der Schalldämmung. Hinzu kommt die Frage der langlebigen Dichtigkeit.

## 3.4 Brandschutz

[35, , 69, 74, 106, Knauf]

Die Anforderungen zum Brandschutz für Außenwandbekleidungen werden in der DIN 4102 (Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen) geregelt. Sie richten sich nach Anzahl der Vollgeschosse des Gebäudes und der Art der raumseitigen Verkleidung sowie der Dämmschicht. Konstruktionen von Innendämmungen können somit nach der Brennbarkeit klassifiziert werden, wie nachstehende Tabelle 3.4 zeigt:

| Bauteil | Erforderliche Baustoffklasse nach DIN 4102 | | |
|---|---|---|---|
| | 1-2 Geschosse | größer 2 Geschosse bis 22 m Höhe | Hochhaus |
| Dämmschicht | B2 | B1 | A/B1*) |
| Raumseitige Verkleidung | B2 | B2 | B2 |

*) bei Wänden ohne Öffnungen und feuerbeständiger Innenschale

Tab. 3.4: Erforderliche Baustoffklasse für Außenwandverkleidungen [69]

Die Brennbarkeitsklassen unterteilen sich in:

A … nicht brennbar
B1... schwer entflammbar
B2… normal entflammbar
B3… leicht entflammbar.

Stoffe der Klasse B3 dürfen nicht eingesetzt werden.

In den „Richtlinien über die Verwendung brennbarer Baustoffe im Hochbau“ werden zusätzlich Anforderungen für Unterkonstruktionen von Außenwandbekleidungen gestellt. Beispielsweise Holzlatten oder Metallprofile müssen bei Gebäuden bis zu zwei Vollgeschossen aus mindestens normal entflammbaren Baustoffen (B2) bestehen. Im Übrigen müssen sie aus mindestens schwer entflammbaren Baustoffen (B1) bestehen.

Organische Dämmstoffe aus Polystyrol oder Polyurethan sind bedenklich, da im Brandfall toxische Gase wie Kohlenmonoxid und eine Sichtbehinderung durch starke Rauchbildung entstehen. Die Anwendung ist daher teilweise verboten!

## 3.5 Mechanische Beanspruchung

[7, 33, 44, 41, 47]

Durch den Einbau einer Innendämmung wird der ursprüngliche Bauteil in der Heizperiode kaum noch erwärmt. Dieser Sachverhalt ist die grundsätzliche Ursache für mehrere bauphysikalische Probleme. An der Grenzschicht zwischen Innenwand und tragender Wand können gegebenenfalls so tiefe Temperaturen auftreten, dass es zu Kondensation von eindiffundierter Raumluftfeuchte kommt.

Durch Innendämmungen steigt die thermische Belastung der Außenwände an: Sie kühlen im Winter stärker aus und heizen sich im Sommer stärker auf. Die damit verbundene stärkere Wärmedehnung kann bei langen oder über mehrere Geschosse gehende Fassaden problematisch werden und zu Rissbildungen führen.

Den zu erwartenden thermischen Formänderungen wirken jedoch hygrische Schwindvorgänge durch Desorption bei Temperaturerhöhung bzw. bei Quellvorgänge durch Adsorption bei Temperaturerniedrigung entgegen.

Bewährt haben sich Stein- und Glaswolle (nicht brennbar, schalldämmend), zellulosegebundene Flocken und, wenn richtig verarbeitet, Naturwolle. Diese Stoffe nehmen alle Bewegungen auf und können sich dem Untergrund anpassen. Skepsis ist bei Dämmplatten (Styropor, Styrodur, Polyurethan: brennbar, kein Schallschutz) angebracht, die durch ihre steife Struktur kaum Bewegungen aufnehmen und Hohlräume bilden können sowie deren dauerhafte Abdichtung besondere Sorgfalt erfordern.

## 3.6 Gipskartonbeplankung

[22]

Das Einlegen von Papier- oder Gewebeabdeckstreifen an den Plattenstößen von Beplankungen aus Gipskartonplatten bei Vorsatzschalenkonstruktionen scheint wegen des damit verbundenen erhöhten Arbeitsaufwandes vermehrter Spachtelvorgänge keinesfalls üblich zu sein. Tapeten und Anstriche reißen über diese Fuge des Untergrundes. Vor allem die Luftdichtheit in der Fuge ist dabei gefährdet.
Abdeckstreifen dienen dazu einen kontinuierlichen Übergang zwischen den Plattenkanten herzustellen und durch ihre Ablösung vom Untergrund die Bewegungsdifferenzen der Plattenkanten auf einen größeren Bereich der Oberflächenbeschichtung zu verteilen. Auf diese Weise können jedoch nur Rissweiten von maximal ca. 0,5 mm überbrückt werden. Diese Form der Stoßfugenüberdeckung reicht zur Überbrückung geringfügiger Bewegungen und Vibrationen (Stoßbeanspruchung) und geringfügigen Bewegungen des Plattenuntergrundes aus. Nicht aber zur rissfreien Überbrückung der Bewegungsdifferenz zwischen unterschiedlichen Bauteilen wie es bei Randabschlüssen von Innendämmungen vorzutreffen ist.

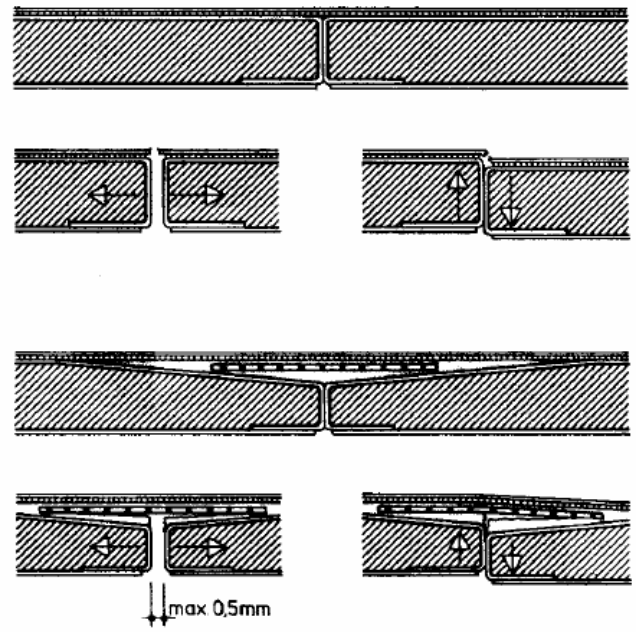



Abb. 3.28: Funktionsweise von Abdeckstreifen an den Stößen von Gipskartonplatten [22]

# 4 Kritische Detailanschlüsse

Unter Berücksichtigung der beschriebenen Konstruktionsmerkmale wird nun auf die Detailausbildung eingegangen. Anhand oben beschriebener Sachverhalte werden zu den einzelnen Konstruktionsarten wichtige Hinweise zur richtigen Ausbildung diverser Anschlussbereiche angegeben. Viele Literaturen sowie Hersteller, die über Innendämmungen Informationen liefern, beschreiben die Funktionalität der verschiedenen Ausführungsarten in der flächigen Ausbildung der Wandkonstruktion. Es wird selten auf die Anschlussproblematik eingegangen. Entweder möchte man sich nicht die Mühe machen, ausführlich über die technische Funktionsfähigkeit der Konstruktion zu berichten oder man lässt es bewusst weg, da entweder keine Ergebnisse zu den Details vorliegen, schlechte Erfahrungen gesammelt und nicht Preis gegeben werden oder Angaben darüber, zur negativen Beurteilung der betrachteten Ausführungsvariante führen würden. Gerade hier fehlt eine Brücke zwischen dem technisch Möglichen und dem technisch Sinnvollen. Dem Planer fällt es schwer für eine energetische Sanierung mit einer nachträglichen Innendämmung, ein optimales System zu finden, wenn nicht genügend Informationen über das vorhandene Produkt vorliegen. In vielen Publikationen wird gezeigt, wie sich ein Dämmsystem in feuchte- und wärmeschutztechnischer Hinsicht eignet und welche Verbesserungen erzielt werden können. Spätestens bei der Ausführung sowie Benützung solcher Innendämmungen würde man feststellen, dass ein Schichtaufbau und zugehörige normgerechte Nachweise für eine Umschreibung der technischen Machbarkeit nicht ausreichend sind. Die Betrachtung in der Fläche stellt ein Ideal für die am Markt existierenden Konstruktionen dar. Man kann zwar nicht verlangen, dass für eine Konstruktion sämtlich mögliche Kombinationen mit den unterschiedlichsten Wandbildnern beschrieben werden, dafür aber sollten notwendige Angaben betreffend den in Kapitel 3 beschriebenen Sachverhalte gemacht sowie wichtige Hinweise über mögliche Gefahren zur Fehleranfälligkeit in der Detailausbildung angegeben werden. Dabei soll man sich vor allem auf die gesammelten negativen und positiven Erfahrungen berufen, um diese in Form von einwandfreien technischen Lösungen zu unterbreiten.

Systeme, die sich schon längere Zeit bewährt haben, weisen bereits solche Detailausbildungen auf. Aber auch hier ist Vorsicht geboten, da es sich meist um eine allgemeine Darstellung handelt, die nicht auf die vorzutreffende Situation sowie für die vorliegenden Randbedingungen optimiert ist. Dafür zeigen sie aber die Grundkomponenten im Detail auf, die für eine funktionsfähige Konstruktion notwendig sind.

Meist werden nur die einzelnen Komponenten in ihrer Funktionalität nachgewiesen, da sie auch von unterschiedlichen Herstellern produziert werden. So werden auch Auszüge aus einem vollständigen Detail dargestellt, die nur das betrachtete Produkt beschreiben. Deshalb ist es wesentliche Aufgabe des Planers, diese einzelnen Teile der Konstruktion einer Innendämmung mit der vorgefundenen Situation im Bestand oder Neubau zu vereinen. Dafür müssen sämtliche Ausführungsschritte gut durchdacht werden, um sie dann im Detail darstellen zu können. Vor allem ist darauf zu achten, dass die Konstruktion auf den Wandbildner abgestimmt ist, andererseits muss sie in sich dauerhaft funktionieren können. Eine ausführliche Beschreibung der Ausführung sowie die Reihenfolge der einzelnen Ausführungsschritte sollten mit den Anschlussdetails angeführt werden, damit auch die ausführenden Fachkräfte die Überlegungen des Planers mitbekommen. Obwohl zwar normalerweise eine Bauaufsicht die Arbeiten vor Ort kontrolliert, ist es für das technische Verständnis

eher zutreffend, wenn die ausführenden Fachkräfte noch vor der Leistungserbringung auf mögliche Gefahren durch präzise Angaben hingewiesen werden, damit Ausführungsfehler erst gar nicht entstehen können.

Die nachstehende Abbildung 4.1 zeigt, dass während der Planungsphase das gesamte Bauwerk betrachtet werden muss. In diesen Übersichten werden erst die auszubildenden Anschlüsse ersichtlich. Sowohl im Grundriss als auch im Schnitt ist dargestellt, dass die einbindenden Bauteile bei gut wärmeleitenden Materialien auf Grund der Wärmebrückenproblematik mitgedämmt werden müssen.

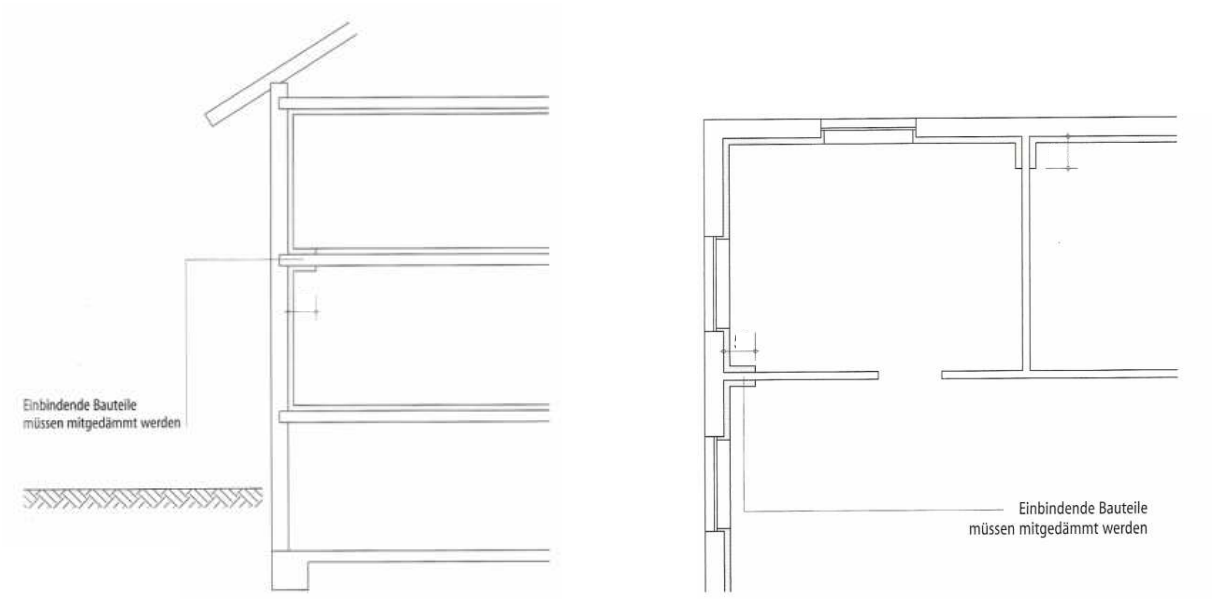



Abb. 4.1: Einbindende Bauteile bei der Innendämmung von Gebäuden [30]

## 4.1 Luftdichte Anschlüsse

[31, 69]

Über mögliche Auswirkungen von Fugen und Lücken in der Konstruktion wurde in wärme- und feuchtetechnischer Hinsicht im Kapitel 3.1.2 und 3.2.5 beschrieben. Zudem sei an dieser Stelle noch erwähnt, dass luftdichte Ausführungen eventuelle Schadstoffbelastungen der Raumluft durch den Dämmstoff verhindern.

Welche konstruktiven Maßnahmen bestehen, luftdichte Ebenen für die einzelnen Konstruktionsarten zu erzielen, wird im Folgenden angeführt. Grundsätzlich ist die Anzahl von Fugen und Durchdringungen so gering wie möglich zu halten, da deren bautechnische richtige Ausführung arbeits- und kostenintensiv sowie fehleranfällig ist. Dies lässt sich vor allem durch den Einsatz großflächiger Formate für Folien und Platten erreichen.

### 4.1.1 Vorsatzschalen

[1, 31,65, 69, 86]

Plattenwerkstoffe – Anschluss in der Fläche:

- Bei Gipskartonbeplankungen wird die luftdichte Ebene durch Verspachtelung erreicht. Eingespachtelte Bewehrungsstreifen sichern dabei die Rissfreiheit in den Stoßstellen (siehe Kapitel 4.4). Es kann auch eine Stoßverklebung angewandt werden. Durch die Anordnung einer doppelten, versetzten Beplankung wird die Luftdichtheit in der Fläche optimal gesichert. Zudem verbessert sich die Schalldämmung durch Erhöhung der Schalenmasse.

- OSB- oder Sperrholzplatten können die Funktion einer Dampfbremse und damit der Luftdichtheit erfüllen. OSB-Platten weisen Wasserdampfdiffusions-widerstandswerte von μ=110/260 gemäß DIN 4108-4 auf. Spanplatten hingegen erreichen Werte von μ=50/400. Der stabile Untergrund beider Plattenwerkstoffe eignet sich gut für die luftdichte Abklebung im Stoßfugenbereich. Die Stoßfugen werden mit geeigneten Klebestreifen verklebt. Ihr Einsatz eignet vor allem bei Vorsatzschalenkonstruktionen aus Einblas- und Schüttdämmungen, da sie auch gleichzeitig als Abschalung dienen und während der Einbringung des Dämmstoffes im Gegensatz zu Dampfbremsfolien nicht leicht beschädigt werden können.

Plattenwerkstoffe – Anschluss an angrenzende Bauteile:

- Eine luftdichte Anschlussausbildung und Ausführung an angrenzenden Bauteilen ist schwierig herzustellen. Deshalb ist diese Ausführung nur für verdeckte Anschlüsse geeignet (Verdeckung mit Putz oder Dämmstreifen). Bei Anschluss an gleiche Plattenwerkstoffe kann durch ein geeignetes Klebeband abgedichtet werden. Für den Anschluss an andere Materialien (z.B. Massivwand) reicht ein Klebeband oder alleinige Verfugung nicht aus. Die Anschlüsse werden mit Folienstreifen hergestellt, die dem Prinzip der Anschlüsse mit flächigen Folien entspricht.

- Werden keine Anforderungen an die Luftdichtheit der Plattenanschlüsse gestellt, so ist bei Anschluss der Gipsbauplatte an verputze Wände oder Sichtbetonwände ein Trennstreifen zu hinterlegen und nach Aushärten der Verspachtelung bündig zur Beplankung abzuschneiden. Somit wird eine saubere und geradlinige Trennung der unterschiedlichen Materialien herbeigeführt.

- Bei Eckanschlüssen von zwei Gipsbauplatten werden ebenfalls Trennstreifen oder eingespachtelte Bewehrungsstreifen verwendet.

- Es lässt sich auch ein elastischer Anschluss ausführen. Mit zusätzlicher Hohlkehle aus geeignetem dauerelastischem Kitt kann dieser streichfähig überdeckt werden.

- Bei Außeneckanschlüssen sollte die Beplankung zum Schutz vor Beschädigungen mit eingespachtelten Kantenschutzprofilen versehen werden.

Folien – in der Fläche:

- Querstöße sind zu vermeiden: die Folienbreite sollte idealerweise größer als die Bauteilhöhe sein.

- Längsstöße sind mit Überlappungen >100 mm im Ständerbereich der Unterkonstruktion auszuführen, um zusätzlich durch die Beplankung oder Konterlattung über die Auflagefläche der Ständer angepresst werden zu können.

- Überlappende Folien sind mit systemgetreuen einseitigen oder beidseitigen Klebebändern zu verkleben.

- Bei Verklebung mit beidseitig, selbstklebenden Butylkautschuk-Klebebändern werden die Folien mit einer Anpresslattung auf die Ständerkonstruktion fixiert. Die Anpresslattung kann entfallen, wenn das Klebeband sehr kräftig angepresst wird (z.B. mit einem Anpressroller).

- Bei formfesten Dämmstoffen oder festeren Folien und geeignetem Klebeband sind auch schwebende Verklebungen oder auch Querstöße möglich.

- Bei Ausführung einer doppelten Beplankung können die Folien optimal zwischen den Platten ausgeführt werden.

- Rohrdurchdringungen sind mit zusätzlichem speziellem Folienstück oder mit Manschetten abzudichten.

- Werden Elektroinstallationen in die Konstruktion verlegt, sind luftdichte Elektrodosen mit Dichtungsmanschetten zu verwenden. Es können auch Aufputzdosen verwendet werden.

Folien – Anschluss an angrenzende Bauteile:

- An benachbarten Bauteilen kann zu verputzten Oberflächen die Folie mit Anpressprofilen und vorkomprimierten Dichtungsbändern abgedichtet werden. Durch Aufquellen des Dichtungsbandes nach dem Einbau sind sie für unebene Untergründe geeignet. In der Praxis haben sie sich nur für sehr geringe Unebenheiten der Anschlussfläche bewährt.

- Für Unebenheiten bis 10 mm sind besser dauerelastische Materialien zu verwenden, wie etwa Klebemassen aus Kartuschenware oder Klebebänder. (z.B. auf Kautschukbasis). Für eine ausreichende Klebwirkung an porösen, strukturierten Materialien, kann ein Haftgrund oder Glattstrich erforderlich werden. Auf jeden Fall ist zu prüfen, ob vorhandener Putz oder sonstiger Untergrund für eine Verklebung geeignet ist.

- Folien werden mit Rippenstreckmetallen an benachbarte Bauteile befestigt, wenn diese danach verputzt werden.

- Sie dürfen bei der Anschlussherstellung nicht gespannt sein, damit die Verbindungen nicht reißen. Durch Dehnungsschlaufen kann eine ausreichende Entspannung geschaffen werden.

Unterkonstruktion:

- Die Unterkonstruktion aus Metallprofilen wird mit einem Trennwanddichtungsband gegen angrenzende Bauteile getrennt. Es stellt ein selbstklebendes, dauerelastisches Dichtungsband mit gutem Haftvermögen dar.

- Für größere Unebenheiten wird zur Abdichtung an flankierende Bauteile ein Trennwandkitt eingesetzt. Profilstöße sind zusätzlich mit Trennwandkitt abzudichten. Sie werden vor allem aus Schallschutzgründen eingesetzt.

- Unebenheiten des Untergrundes über 10 mm sind vor dem Auftrag von Trennwandkitt abzuglätten bzw. zu egalisieren, um eine zuverlässige Abdichtung zu erzielen. [Knauf]

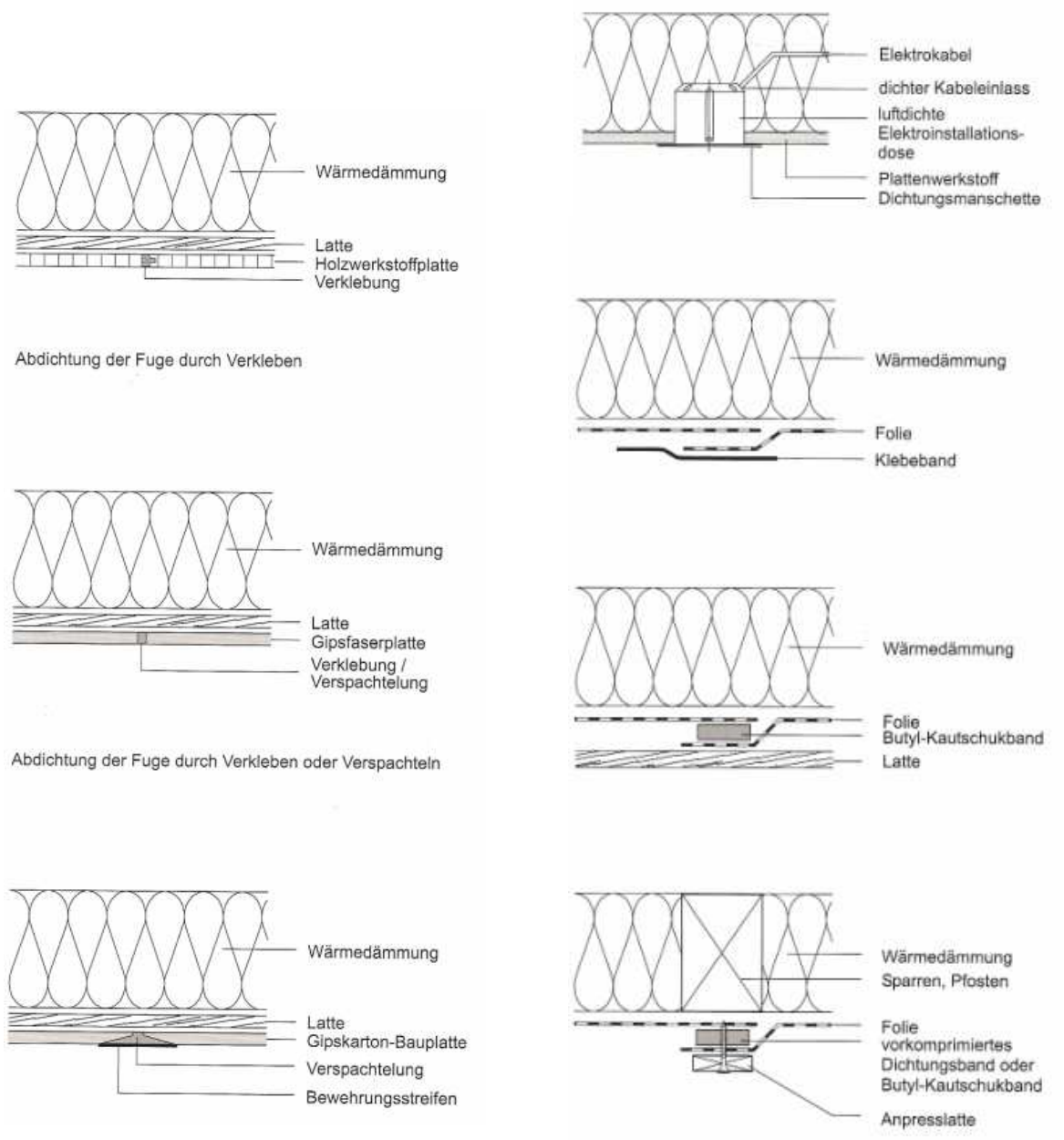



Abb. 4.2: Luftdichte Anschlüsse von Folien (links) und Platten (rechts) in der Fläche [31]

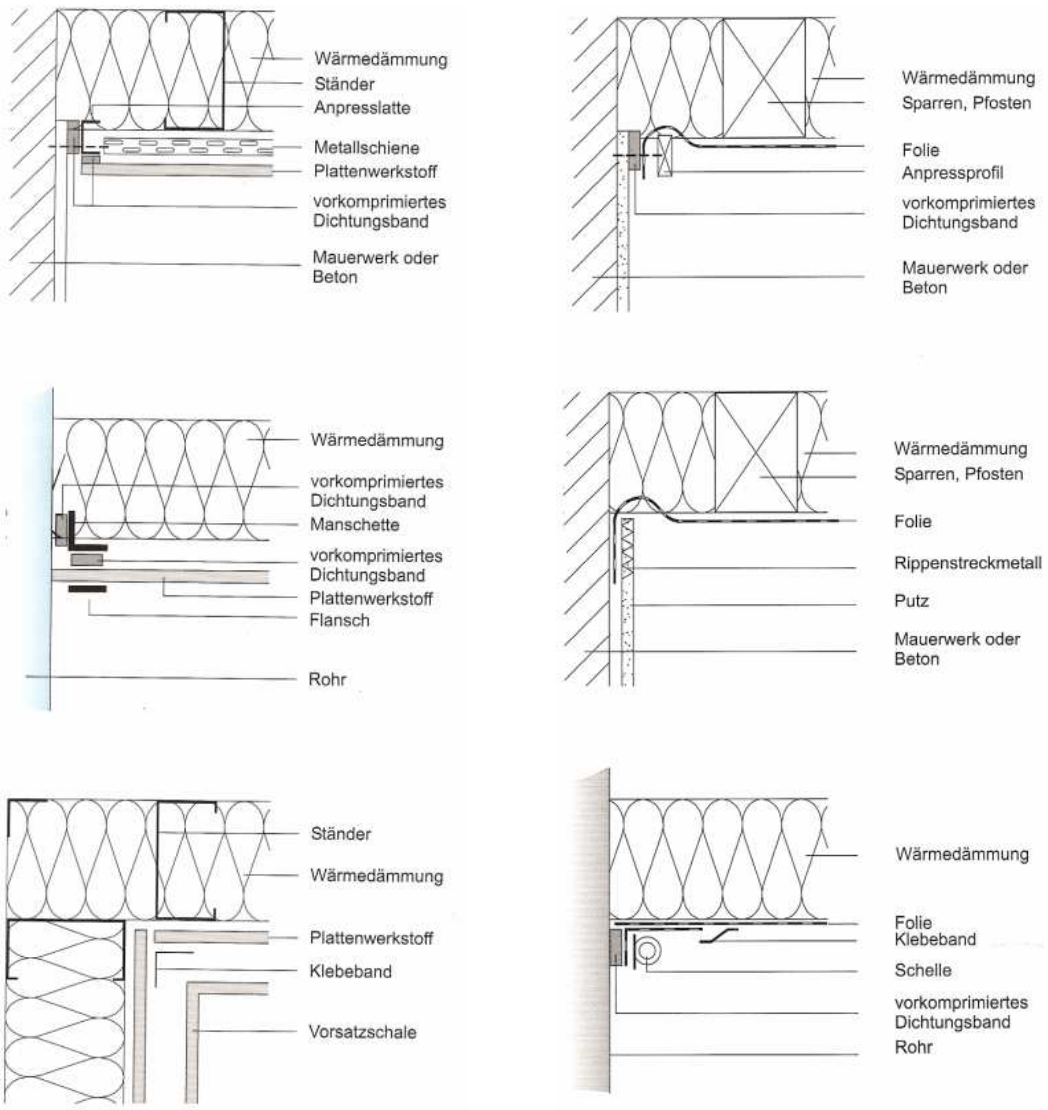



Abb. 4.3: Luftdichte Anschlüsse von Folien (links) und Platten (rechts) an benachbarten Bauteilen [31]

### 4.1.2 Verbundplatten

[31, 69, 106, 115]

<u>- Anschluss in der Fläche:</u>

- Ein luftdichter Stoßfugenverschluss zwischen den einzelnen Verbundplatten wird durch Verspachtelung mit Bewehrungsstreifeneinlage erzielt.

- Wenn Verbundplatten mit aufkaschierten Dampfbremsfolien verwendet werden, so sind die Fugen vor der Verspachtelung mit elasto-plastischem Dichtungsmaterial (z.B. Silikon oder Acryl) auszuspritzen, um somit eine durchgehende Dampfbremse zu sichern. Bei Fugen >1 mm sind PS-Verbundplatten vorher mit PU-Schaum auszuschäumen und MW-Verbundplatten mit Mineralwolle auszustopfen.

- Die Plattenstöße können bei vorhandener Dampfbremse auch mit Alu-Klebebändern abgedichtet werden. Die Abbildung 4.4 zeigt, dass eine Flankendiffusion in der Gipsbauplatte verbleibt. Sie kann den $s_d$-Wert soweit

reduzieren, dass sie von 100 auf 28 m fallen. Solange aber die Fuge mit Dämmstoff gefüllt ist, ist die Situation als unkritisch anzusehen, da sich dadurch der $s_d$-Wert nochmals erhöht (vor allem bei PS-Verbundplatten). Dass sie aber nicht unbeachtet bleiben sollen, zeigt die Feuchteverteilung in der Stoßfuge.

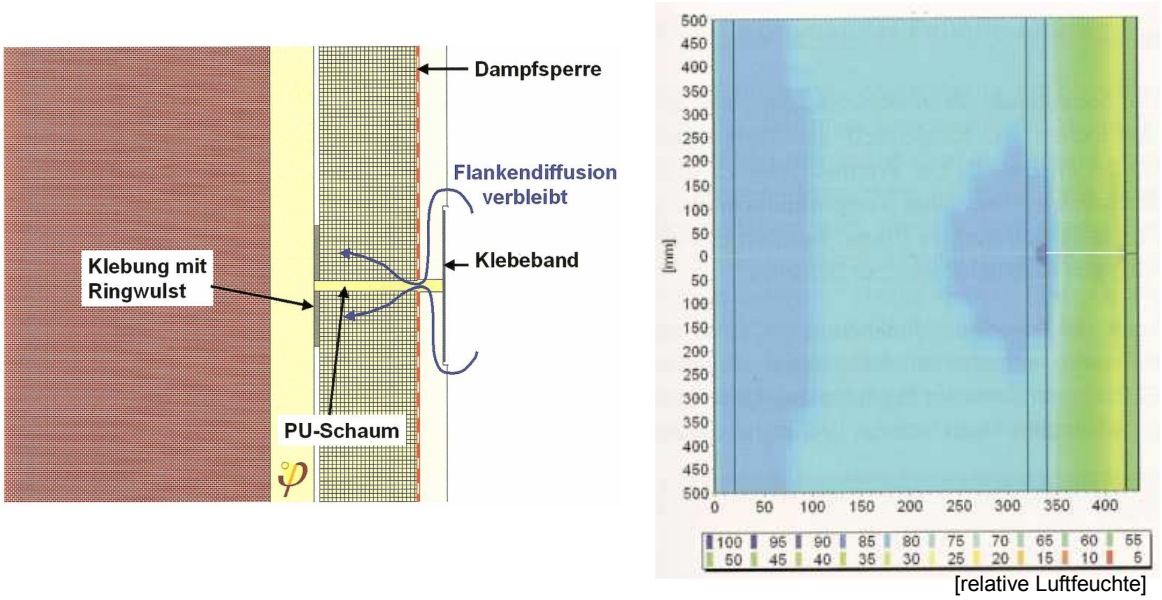



Abb. 4.4: Stoßausbildung einer MW-Verbundplatte mit 1 mm Spalt in der Dampfsperre und Abklebung auf den Gipskartonbauplatten (links), Darstellung der Feuchteverteilung (rechts) [115]

- Die Plattenstoßausbildung sollte so ausgeführt werden, dass eine durchgehende Dampfbremse entsteht, und keine Versetzung der Abdichtung in eine andere Ebene vorgenommen werden.

- Verbundplatten mit Stufenfalz sowie überstehende Folien sind zur Schaffung einer luftdichten und dampfbremsenden Ebene optimal, anderseits ließe sich eine komfortable Verlegung bewerkstelligen.

- Die Luftdichtheit der Verbundplatte kann in der Fläche auch durch Aufbringung einer zusätzlichen Dampfbremsfolie gesichert werden, die anschließend mit Gipsbauplatten bekleidet wird. Somit lassen sich auch optimale Anschlüsse mit den überstehenden Folien im Fenster- sowie Wand- und Deckenbereich erzielen.

<u>- Anschluss an angrenzende Bauteile:</u>

- Bei größeren zusammenhängenden Flächen sowie bei Anschluss an angrenzenden Bauteilen sind Dehnfugen aus elastischem Kitt vorzusehen, um Risse zu vermeiden. Die Dehnungsfugen dürfen nicht verspachtelt werden. Im Anschlussbereich bietet sich an, die Fugen aus optischen Gründen mit einer Zierleiste abzudecken. Randfugen sind vorher mit geeignetem Dämmstoff auszufüllen.

### 4.1.3 Sonstige Dämmkonstruktionen

- Geklebte/gedübelte Platten:

Durch Verspachtelung oder Verputzen der Dämmplatten aus Kapitel 2.1 wird eine luftdichte Ebene erstellt. Randfugen sind vorher mit geeignetem Dämmstoff auszufüllen.

- Wärmedämmputz:

Im Fensterbereich muss der Wärmedämmputz durch geeignete Putzprofile oder Putzleisten vom Fensterrahmen getrennt und in den Laibungskanten ein Kantenschutz angebracht werden. In der Fläche stellt der Wärmedämmputz eine luftdichte Ebene dar. Bei zu erwartenden Bauwerksbewegungen sind geeignete Fugenprofile einzuplanen. In rissgefährdeten Bereichen (Ecken, Fensteröffnungen usw.) ist zusätzlich ein Armierungsgewebestreifen einzulegen.

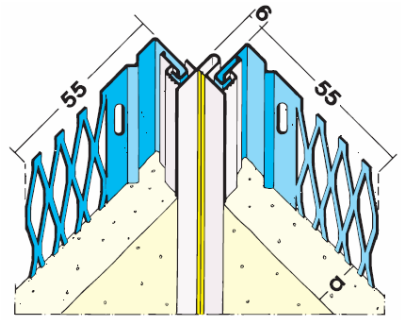



Abb. 4.5: Bewegungsfugenprofil für die Innenecke [Protektor]

Wichtig: Bei allen Anschlüssen ist darauf zu achten, dass Bewegungen und Setzungen ausgeglichen werden können und nicht zum Reißen der Materialien führen.

## 4.2 Außenwand-Eckanschluss

[32, 114]

- Wärmebrücken:

Bei einer Außenwandecke, in der zwei Außenwände zusammentreffen, wird man die Innendämmung ums Eck weiterführen.

Die nachstehenden Abbildungen zeigen, dass die Oberflächentemperatur im Kantenbereich sinkt (ca. 1,5 K), falls die Beplankung nicht ausgespart wird.

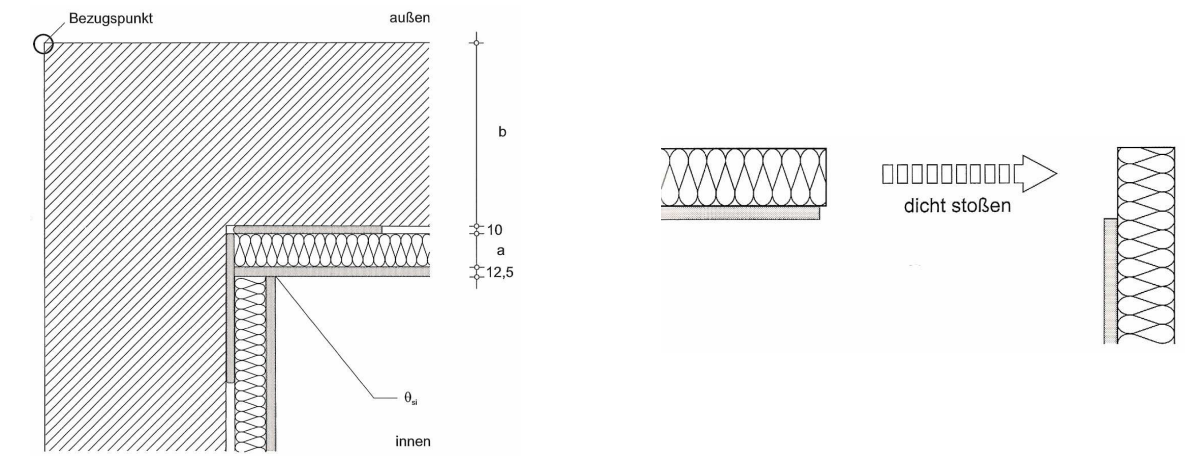



Abb. 4.6: Verbundplatte mit durchgehender Gipskartonbeplankung (links)
Zurücknahme der Plattenverkleidung zur Vermeidung von Wärmebrücken (rechts) [31]

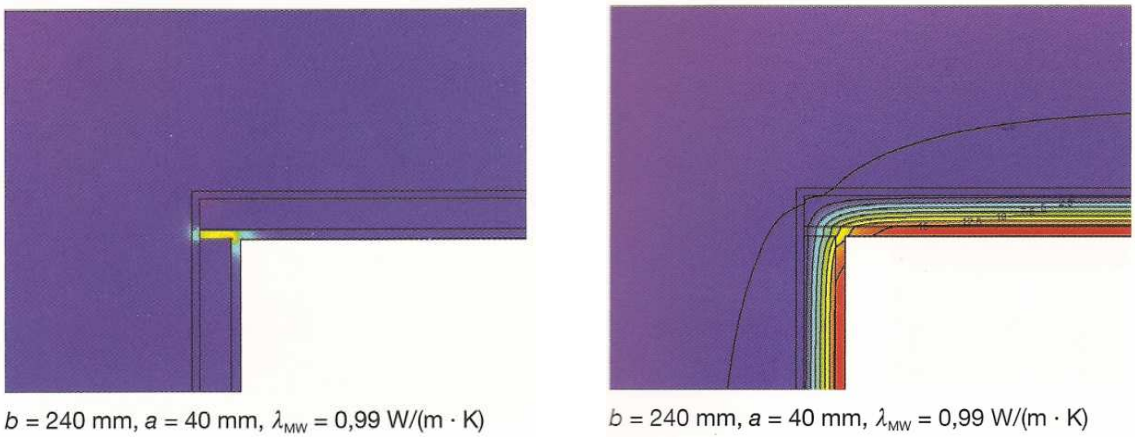



Abb. 4.7: Verbundplatte mit exemplarischem Wärmestromdichte- (links) und Isothermenverlauf (rechts) [32]

Wird ein Gebäude mit denkmalgeschützter Fassade nachträglich innen gedämmt und z.B. die Feuermauer mit einem Außendämmsystem zum Nachbargrundstück versehen, so muss die Innendämmung mit Dämmstreifen oder Dämmkeilen um die Ecke ausgebildet werden, damit die Oberflächentemperatur über der kritischen Temperatur für Schimmelbildung gehoben werden kann.

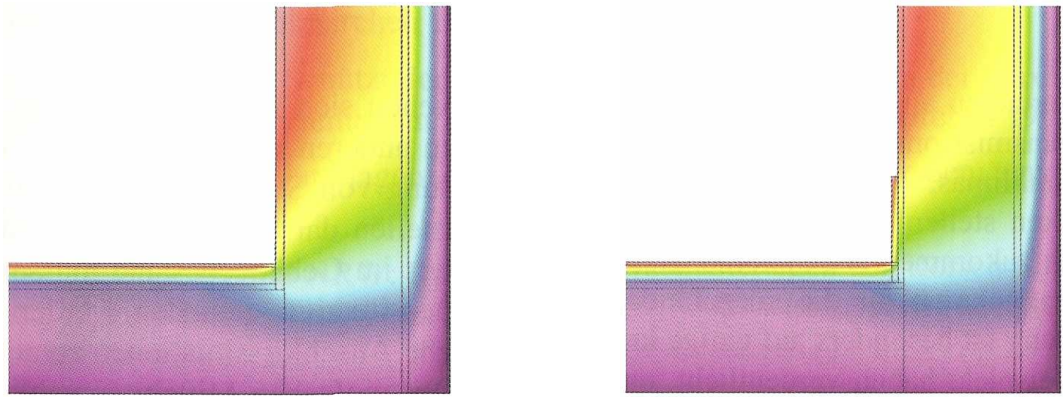


Abb. 4.8: Isothermenbilder mit und ohne zusätzlichen Dämmstreifen für eine Außenecke: Feuermauer außengedämmt, Fassadenseite innen gedämmt [2]

Die nachstehende Abbildung 4.9 zeigt den Einfluss des stofflich bedingten Wärmebrückenanteils im Eckbereich einer Außenwand mit einer freistehenden Vorsatzschalenkonstruktion. Da hier die Innendämmung ums Eck geführt wird, müssen für beide einbindenden Wände die Befestigung der Beplankung an der Unterkonstruktion ermöglicht werden. Normalerweise werden die Ständer, wie sie in Variante 1 dargestellt sind, angeordnet. Der Isothermenverlauf zeigt exemplarisch eine deutliche Absenkung der Kantentemperatur. Durch die Anordnung von Dämmstreifen zwischen Ständerprofil und Wandbildner, wie sie in Variante 2 durchgeführt sind, kann eine geringe Verbesserung gegenüber der Variante 1 erzielt werden. Die optimale Lösung wird durch die Verwendung von Wandinneneckprofilen (LW-Profile) zur Befestigung der aufeinander treffenden Beplankungen, wie sie in Variante 3 ersichtlich sind, erreicht. Die Isothermen zeigen einen durchgehenden Verlauf im Beplankungsbereich und somit ausreichend hohe Temperaturen in der Innenecke, wie sie auch in der Fläche vorzufinden sind. Da das Inneneckprofil eine eher stabilisierende als tragende Funktion der Beplankungen übernimmt, werden notwendigerweise die CW-Ständerprofile erst ab einen Abstand von 20 cm vom einbindenden Innenrand weg aufgestellt, damit sie sich außerhalb des Einflussbereiches im Bezug auf die Temperaturabsenkung befinden.

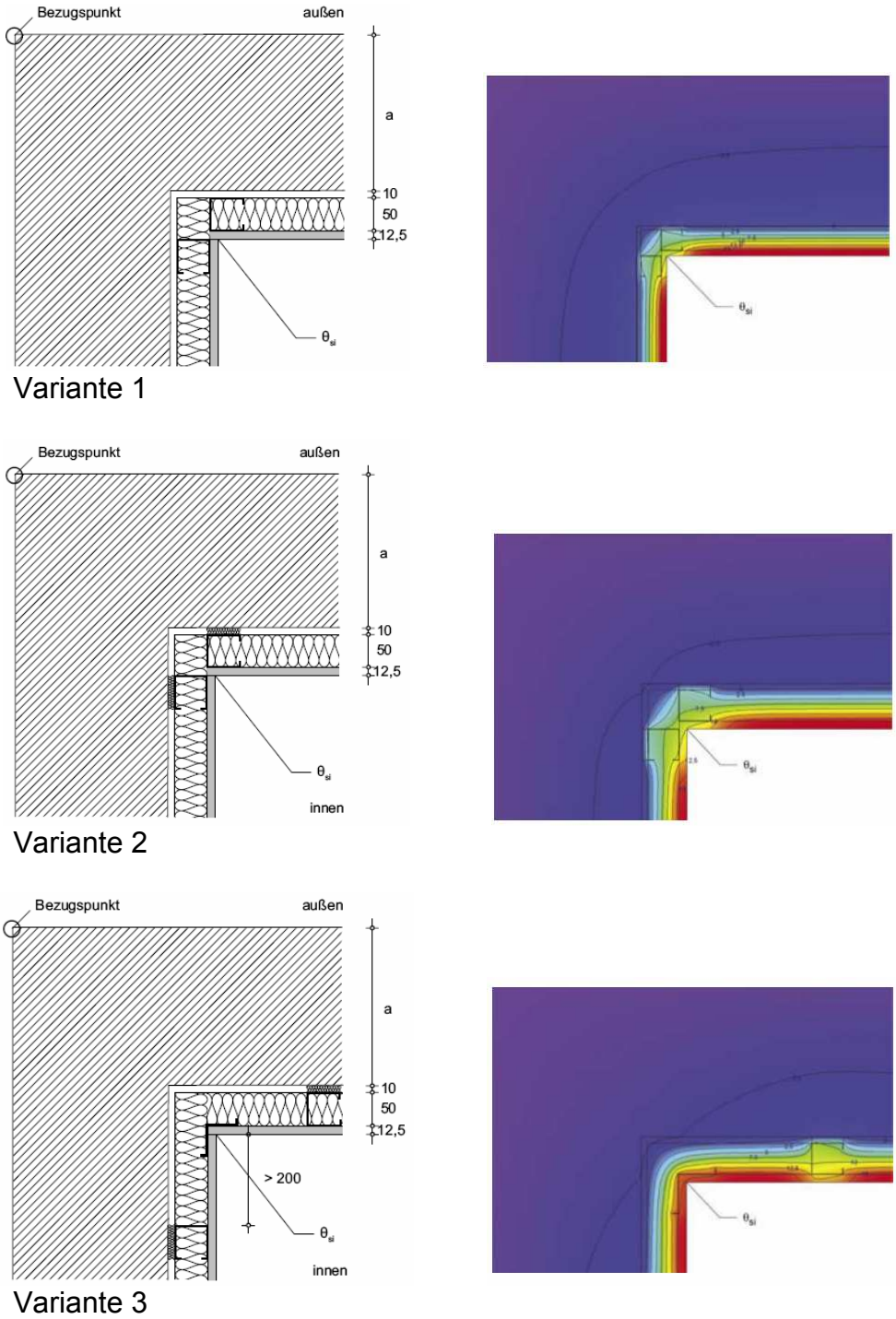



Abb. 4.9: Inneneckausbildungen von freistehenden Vorsatzschalen [114]

## - Verbundplatten:

Die Abbildung 4.10 zeigt konstruktive Anschlussausbildungen von Innen- und Außenecke mit Verbundplatten.

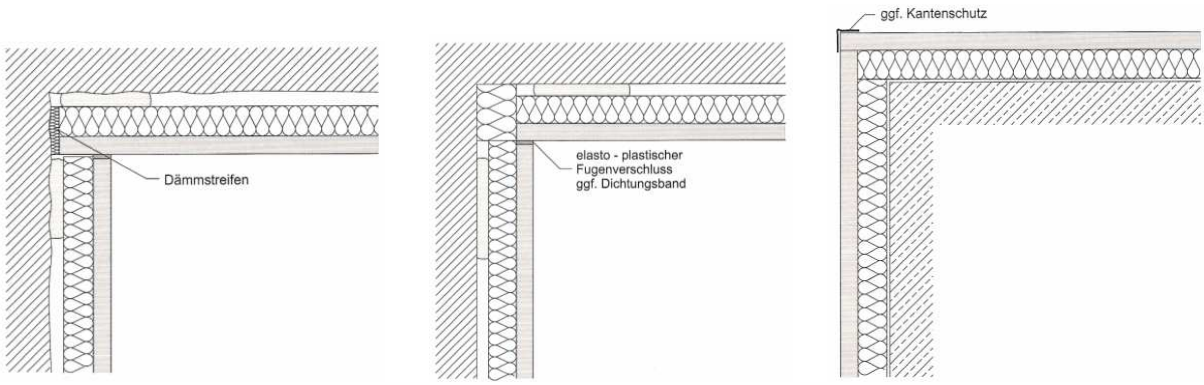
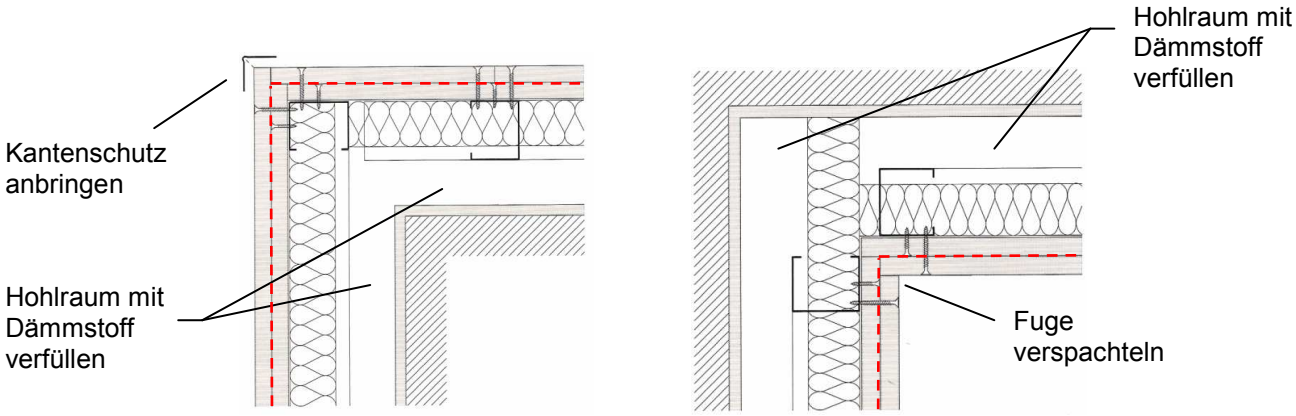



Abb. 4.10: Innen- und Außeneckausbildung von Verbundplatten [31]

## - Freistehende Vorsatzschalen:

Die Abbildung 4.10 zeigt konstruktive Anschlussausbildungen einer Innen- und Außenecke mit freistehenden Vorsatzschalen und doppelter Beplankung.

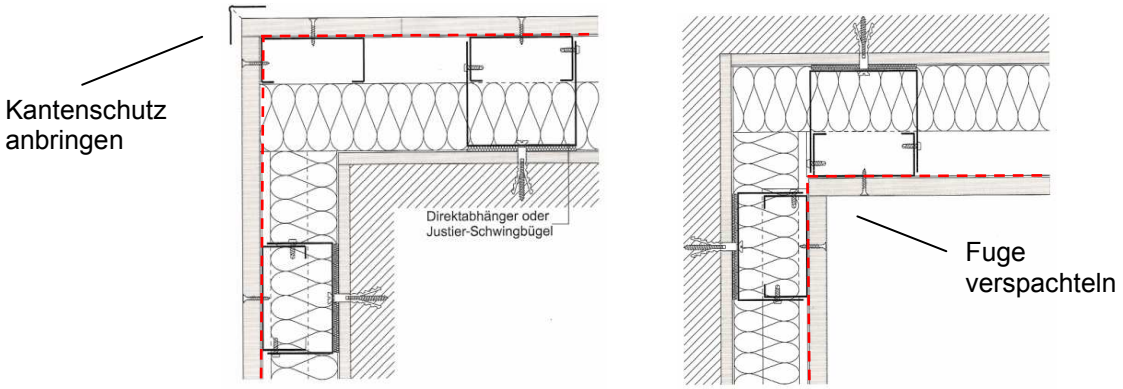



Anmerkung: Dampfbremse zwischen den Beplankungen vorsehen!

Abb. 4.11: Innen- und Außeneckausbildung von freistehenden Vorsatzschalen mit doppelter Beplankung [31]

## - Direkt befestigte Vorsatzschalen:

Die Abbildung 4.12 zeigt konstruktive Anschlussausbildungen einer Innen- und Außenecke mit direkt befestigten Vorsatzschalen.




Anmerkung: Dampfbremse zwischen Beplankung und Dämmung vorsehen !

Abb. 4.12: Innen- und Außeneckausbildung von direkt befestigten Vorsatzschalen mit doppelter Beplankung [31]

## 4.3 Innenwandanschluss

[2, 115]

- Wärmebrücken:

Es ist sicherzustellen ob angrenzende Räumlichkeiten mitgedämmt werden müssen. Innendämmungen auf einer Seite führen zur Verringerung der Oberflächentemperaturen im Eckbereich auf der gegenüberliegenden Raumseite, wenn sie nicht mitgedämmt wird.

Grundsätzlich ist zu untersuchen, ob für einbindende massive Innenwände in dieAußenhaut die Anordnung von Dämmstreifen auf der Innenwand (Flankendämmung) erforderlich ist. Die Wärmeleitfähigkeit sowie die Dicke der einbindenden Innenwand schaffen darüber Klarheit, welche Wärmeverluste nach Applikation der Innendämmung zu erwarten sind. Sie steigen mit Zunahme der Wärmeleitfähigkeit und Dicke der Innenwand sowie der Dämmstoffdicke. Die Oberflächentemperatur in der Kante nimmt ebenfalls zu.
Eine Flankendämmung wird also in manchen Fällen nur zur Verringerung des Wärmeverlustes erforderlich sein, wenn die kritische Oberflächentemperatur zur Vermeidung von Schimmel- und Oberflächenkondensatbildung bereits durch die Innendämmung überschritten werden kann. Wenn dabei die Wärmeverluste hingenommen werden, kann auch auf eine Flankendämmung verzichtet werden. In allen anderen Fällen wird man aus wärme- und feuchteschutztechnischen Gründen ohne Flankendämmung nicht auskommen.

- Aufgestellte Möbel im Eckbereich:

Problematisch sind vor allem Möbel, die im Eckbereich aufgestellt werden, da sie eine zusätzliche Innendämmung darstellen und die Oberflächentemperatur in der Kante zwischen Wand und Möbelstück zusätzlich absenken. Deshalb stellen Flankendämmungen auch Vorsichtsmaßnahmen dar, die unabhängig von der Raumnutzung die Funktionstüchtigkeit der Innendämmung im Eckbereich erfüllt.

- Ausbildung der Dämmstreifen und Dämmkeile:

Zu Ausbildungsmöglichkeiten dieser Dämmstreifen existiert kaum Literatur. Hier stellt sich die Frage, wie diese Anschlussproblematik ohne großen Aufwand gelöst und ausgeführt werden kann. Dabei muss an dieser Stelle erwähnt werden, dass vor allem vorhandene Randbedingungen berücksichtigt werden müssen. Vor allem sind dabei die Untergrundbeschaffenheit sowie die unterschiedlichen Materialien der einbindenden Bauteile zu erwähnen, die mit der Konstruktion der Innendämmung gleichzeitig aufeinander treffen und unterschiedlichen Bewegungen ausgesetzt sind. Zu beachten ist, dass der Wandbildner im Winter hinter der Dämmung Temperaturen um den Gefrierpunkt und im Sommer wiederum sehr hohe Temperaturen erreichen kann. Bei lang gestreckten Bauteilen können große Längenänderungen auftreten, die zu hohen Spannungen im Bauteilgefüge führen würden. Diese Formänderungen können auch auf die Konstruktion der Innendämmung übertragen werden. Von dieser Betrachtungsseite würden sich eher weiche nachgebende Konstruktionen eignen im Gegensatz zu steifen Konstruktionen → siehe Kapitel 3.5.

Für die Ausführung der Dämmstreifen oder Dämmkeile wird man in der Planungsphase versuchen, eine optimale Lösung in gleicher Konstruktionsweise zu finden.

Bei Dämmkeilen stellt vor allem der Übergang zu einbindenden Innenwänden ein Problem dar. Die räumliche Wirkung wird dadurch wesentlich beeinflusst. Es stellt sich die Frage, ob eine gerade Ichse überhaupt zu bewerkstelligen ist, wenn zwei Ebenen im sehr flachen Winkel aufeinander treffen. Dies setzt vor allem eine ebene Oberfläche der Wand und der Dämmkeile über die gesamte Geschoßhöhe voraus.

Folgende Lösungsmöglichkeiten bieten sich für die Flankendämmung u.a. an:

- Dämmstreifen nach Abschlagen des Putzes in Putzdicke der Innenwand aufgesetzt,
- direkt auf die verputzte Wand aufgesetzte Dämmstreifen,
- Dämmung mit einem Dämmkeil auf Putz,
- Temperaturleitblech.

- Anschluss von Dampfbremsfolien bei Flankendämmung:

Untersuchungen in [115] haben ergeben, dass eine aufwendige Überdeckung der Flankendämmung mit Dampfbremsfolien auf dem Raum zugewandten Seite nicht erforderlich ist. Wichtig ist lediglich der luftdichte Anschluss an benachbarten Bauteilen. Nach Montage der Innendämmung kann die überstehende Folie an der Wand mit Kartuscheklebern luftdicht verklebt werden. Die nachstehende Abbildung 4.13 zeigt den Überstand der Folie, um die Verklebung durchführen zu können. In feuchtetechnischer Hinsicht wurde nachgewiesen, dass der $s_d$-Wert des aufgebrachten Dämmkeils für die Funktionsfähigkeit im Bezug auf den diffusen Feuchtetransport ausreicht. Eine Flankendiffusion findet zwar statt, ist aber unschädlich, da durch die Wärmebrückenwirkung der einbindenden Innenwand, die

Bauteiltemperaturen nach außen zunehmen und eine Oberflächendiffusion zurück in den Raum stattfindet.

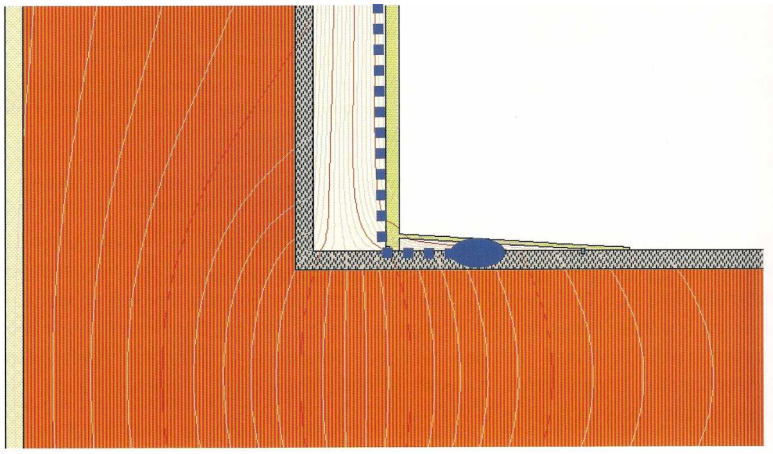


Abb. 4.13: Prinzipielle Anordnung der Luftdichtungsebene aus einer Dichtungsbahn (Folie), verlaufend unter der Gipskartonplatte und des Dämmkeils [115]

Die Abbildung 4.14 zeigt eine Simulationsberechnung für den Einfluss einer Innendämmung aus Mineralwolle mit Dampfsperre und 10 mm Begleitdämmung auf die Feuchteverteilung im Bauteilbereich einer Innenwandeinbindung. Dabei lässt sich eine gleichmäßige Feuchtigkeitsverteilung erkennen (dunkelgrüner Bereich), die von der Innendämmung unbeeinflusst bleibt. Eine Verschlechterung gegenüber dem ungestörten Bereich ergibt sich nicht.

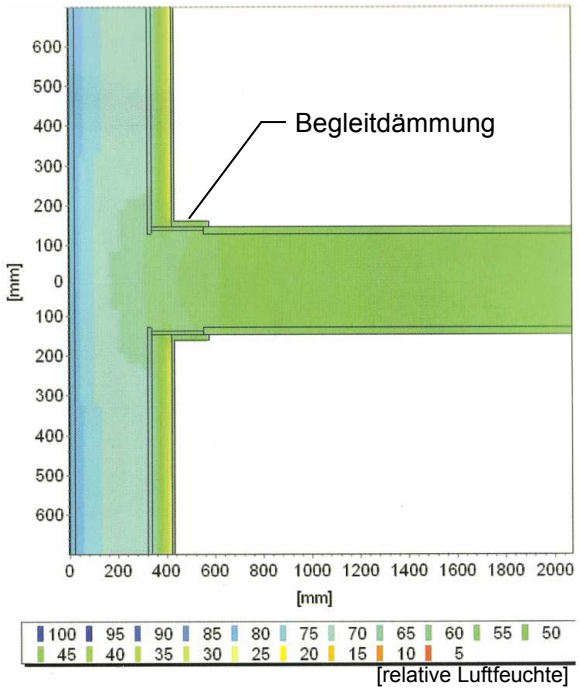



Abb. 4.14: Innenwandeinbindung mit Innendämmung an der Außenwand und 10 mm Begleitdämmung, Darstellung der Feuchteverteilung [115]

Hinweis: Bei dieser Untersuchung wird nur die Dampfbremse betrachtet!

## - Ausführung der Dämmstreifen und Dämmkeile:

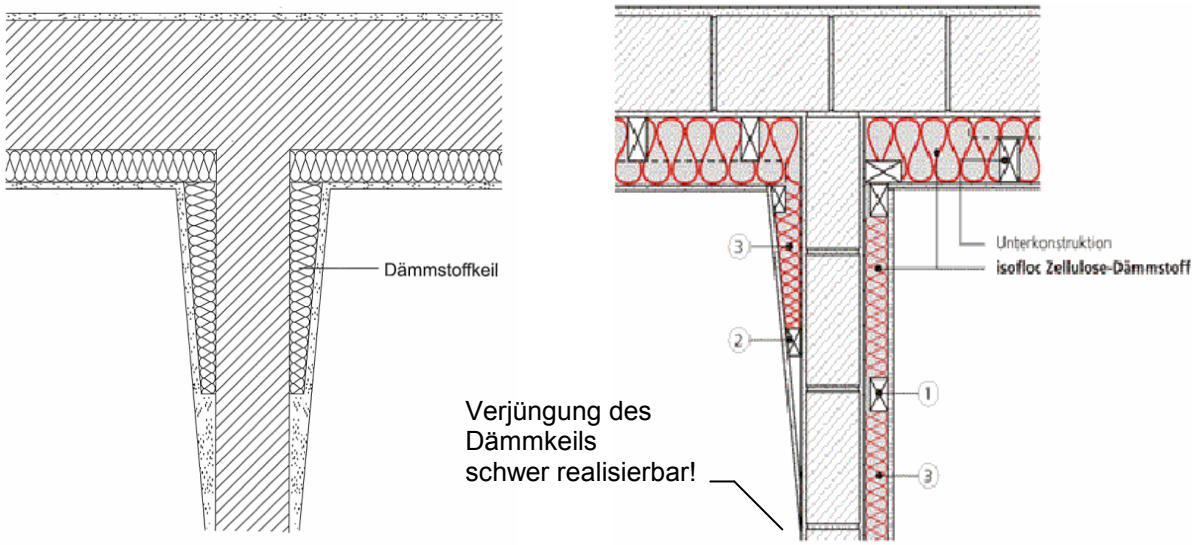



Abb. 4.15: Einbindung der Innenwand mit verputztem Dämmkeil (links) und Ausführung mit Vorsatzschale und Zellulosedämmung (rechts) [31, Isofloc]

Für Innendämmungen mit geklebten Calziumsilikat-Dämmplatten werden verschiedene Profilformen angeboten, die auch in das gestalterische Konzept mit einfließen können. Die Ausführung erfolgt in gleicher Weise wie für CaSi-Dämmplatten, die flächig auf die Außenwand aufgebracht werden.

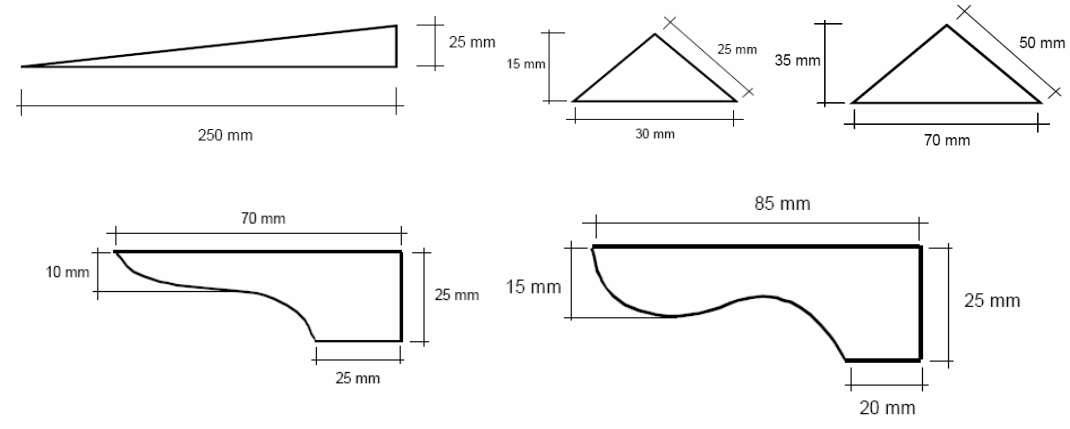



Abb. 4.16: Dämmkeil- und Dämmzierleistenformen [Redstone]

In Abbildung 4.17 wird der Dämmstreifen aus Mineralschaum im Bereich der Innenwandeinbindung verklebt und verputzt.

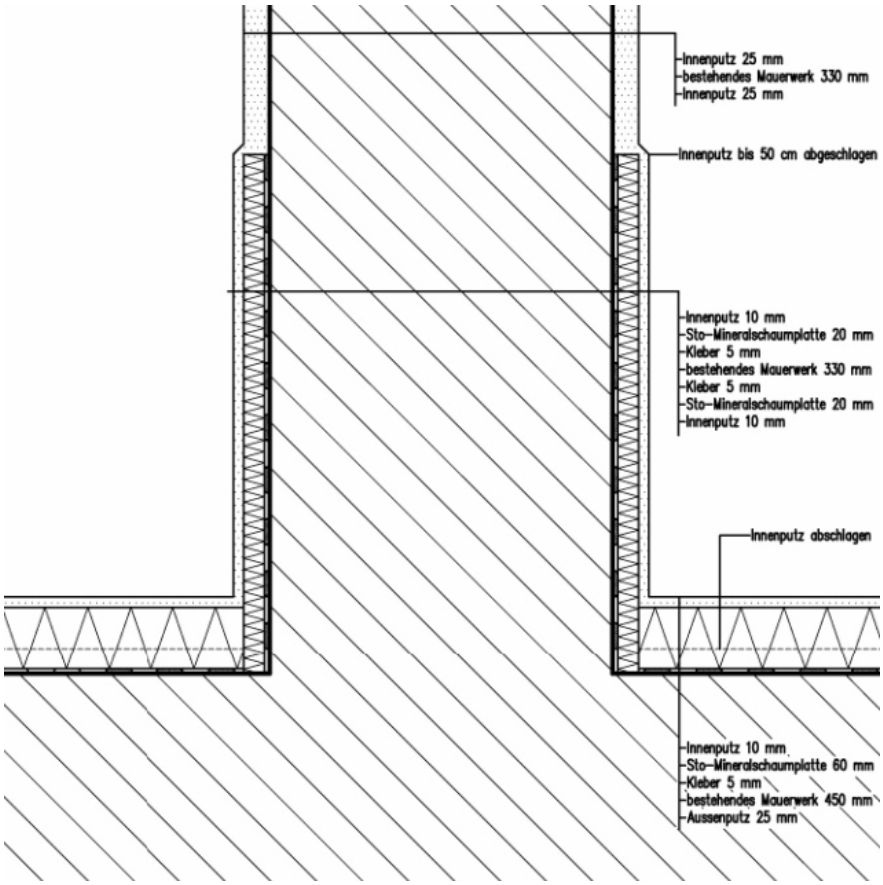



Abb. 4.17: Innenwandanschluss mit verklebten Mineralschaum-Dämmplatten und in Putzdicke eingelegten und verputzten Dämmstreifen [79]

- Einbindung einer Trennwand in die Verbundplatte in Trockenbauweise:

Die nachstehende Abbildung 4.18 zeigt den Anschluss einer Trennwand als Einfachständerwand an die Verbundplatte einer Außenwand. Das Isothermenbild veranschaulicht die Senkung der Oberflächentemperatur im Eckbereich. Die Wärmeleitung über die Beplankung zur Außenwand muss durch Anordnung eines Dämmstreifens unterbrochen werden. Das Ständerprofil ist ebenfalls durch ein Dämmstreifen zu entkoppeln. Damit wird eine Anhebung der Oberflächentemperatur im Eckbereich erzielt.

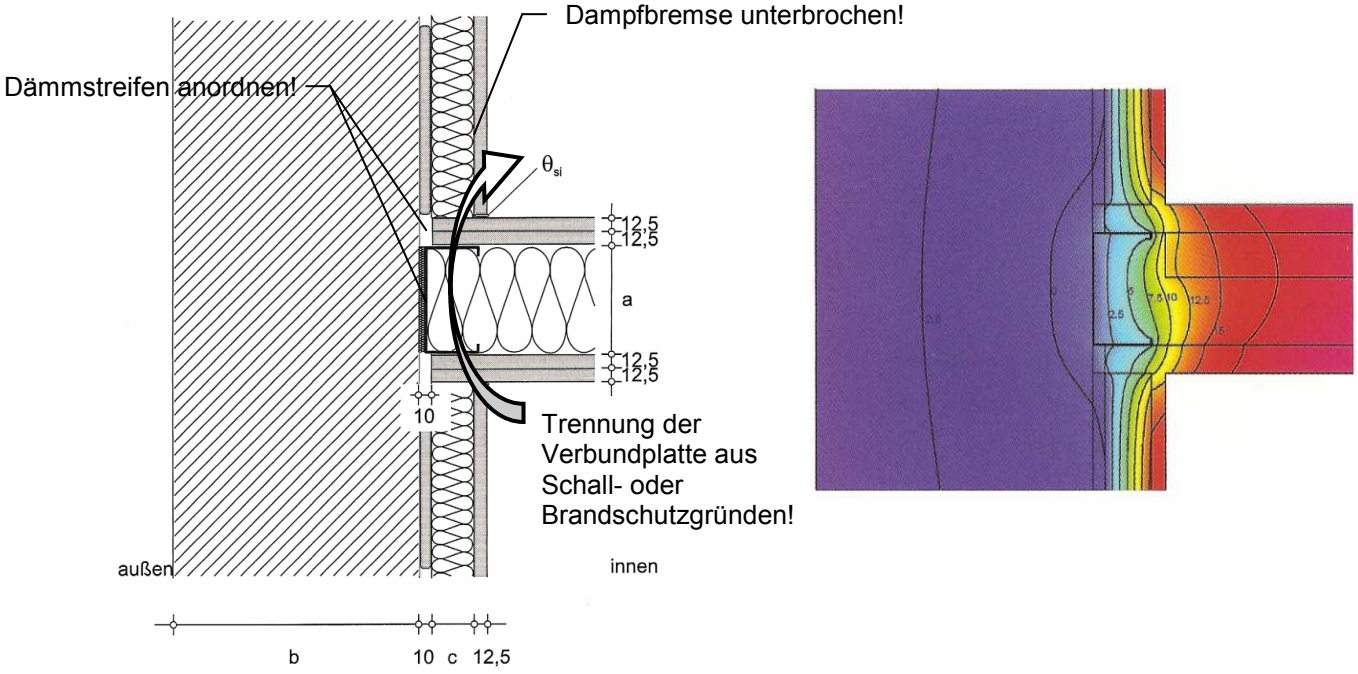



Abb. 4.18: Durchtrennung der Verbundplatte durch einbindende Ständerwand [114]

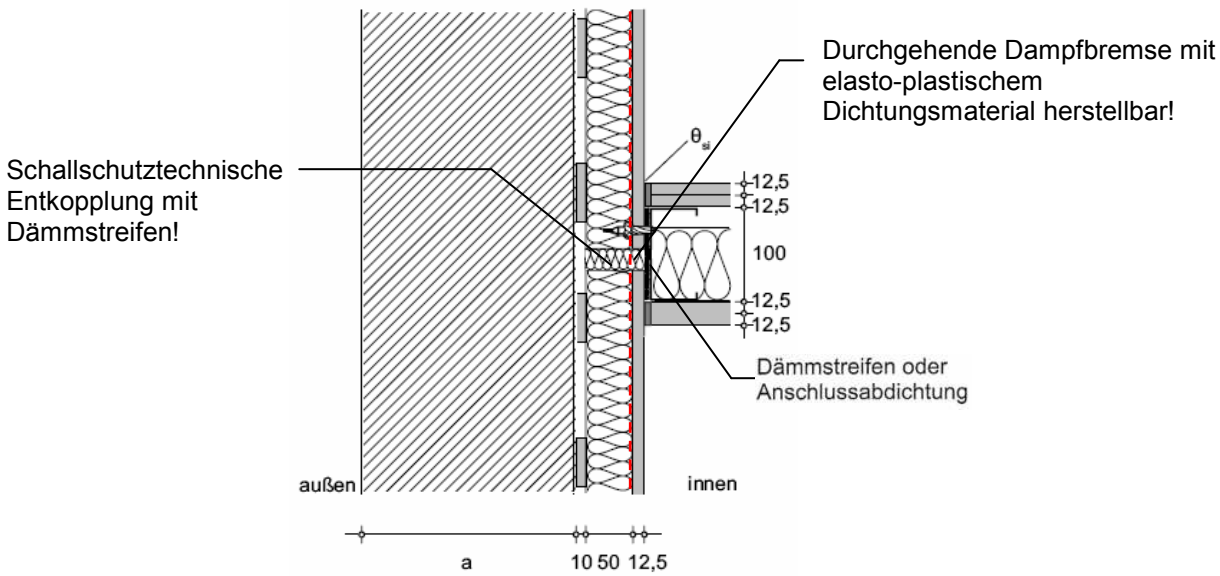



Abb. 4.19: Durchgehende Verbundplatte durch einbindende Ständerwand [114]

Hinweis: In schallschutztechnischer Hinsicht stellt die Durchtrennung der Verbundplatte in Abbildung 4.18 eine Verbesserung gegenüber der durchgehenden Verbundplatte in Abbildung 4.19 bei Einbindung einer Ständerwand in die Außenwand dar.

<u>- Einbindung einer Trennwand in die Vorsatzschale in Trockenbauweise:</u>

Auch in dieser Abbildung 4.20 ist gleiches Problem im Isothermenbild festzustellen, wie in Abbildung 4.18 und dabei gleichfalls vorzugehen. Der entstehende Hohlraum zwischen Wand und Beplankung ist mit Dämmstoff voll auszufüllen. Sollten undichte

Fugen in der luftdichtenden Ebene vorhanden sein, so verhindert der Dämmstoff eine konvektive Luftströmung.

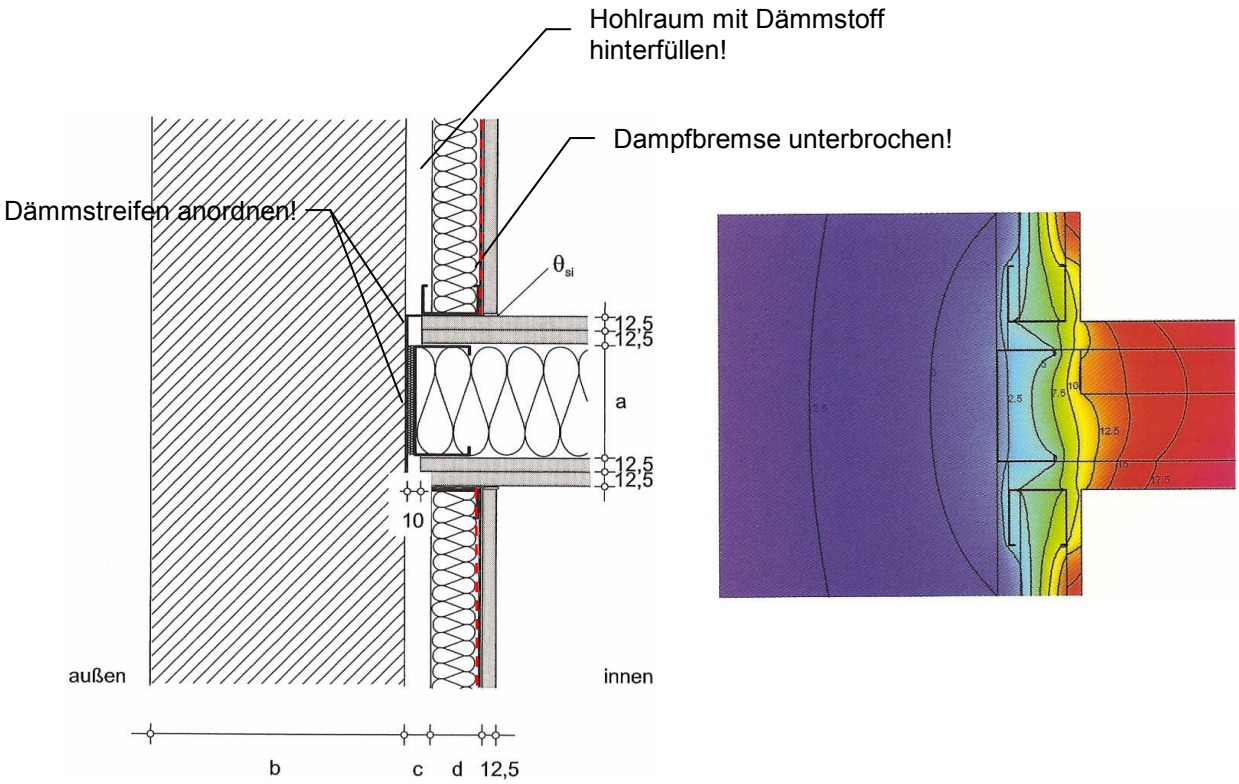



Abb. 4.20: Durchtrennung der Verbundplatte durch einbindende Ständerwand [114]

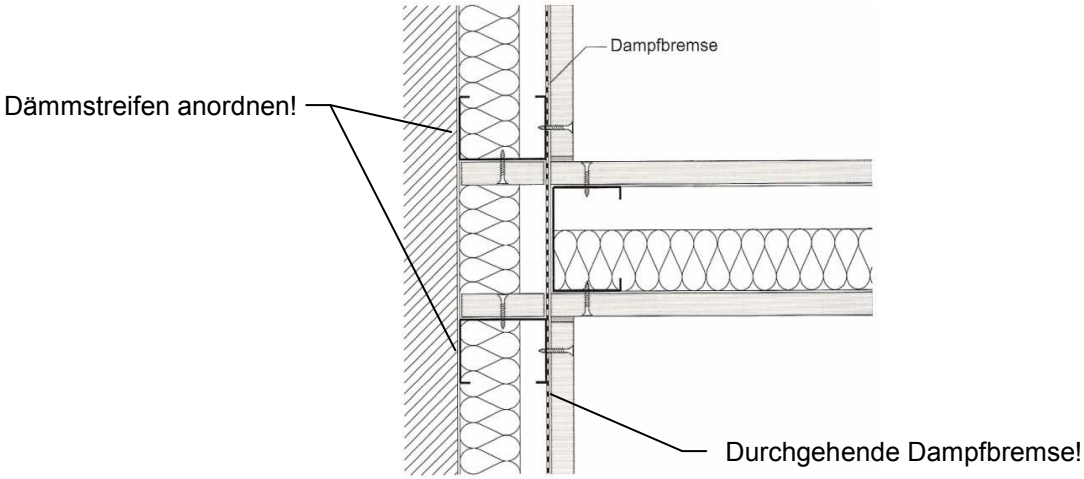



Abb. 4.21: Freistehende Vorsatzschale mit durchgehender Dampfbremse und einbindender Trennwand unter Berücksichtigung brandschutztechnischer Anforderungen

Die nachstehende Abbildung 4.22 zeigt eine Außenwand mit einer Vorsatzschalenkonstruktion aus vertikaler und horizontaler Holzlattung und einer Innenwandeinbindung mit Dämmstreifen in bestehender Putzdicke. Die Dampfsperre erfüllt die luftdichtende Funktion und wird bis zum Ende des Dämmstreifens geführt. Die eingeputze Gipskartonbeplankung stellt den luftdichten Abschluss dar.

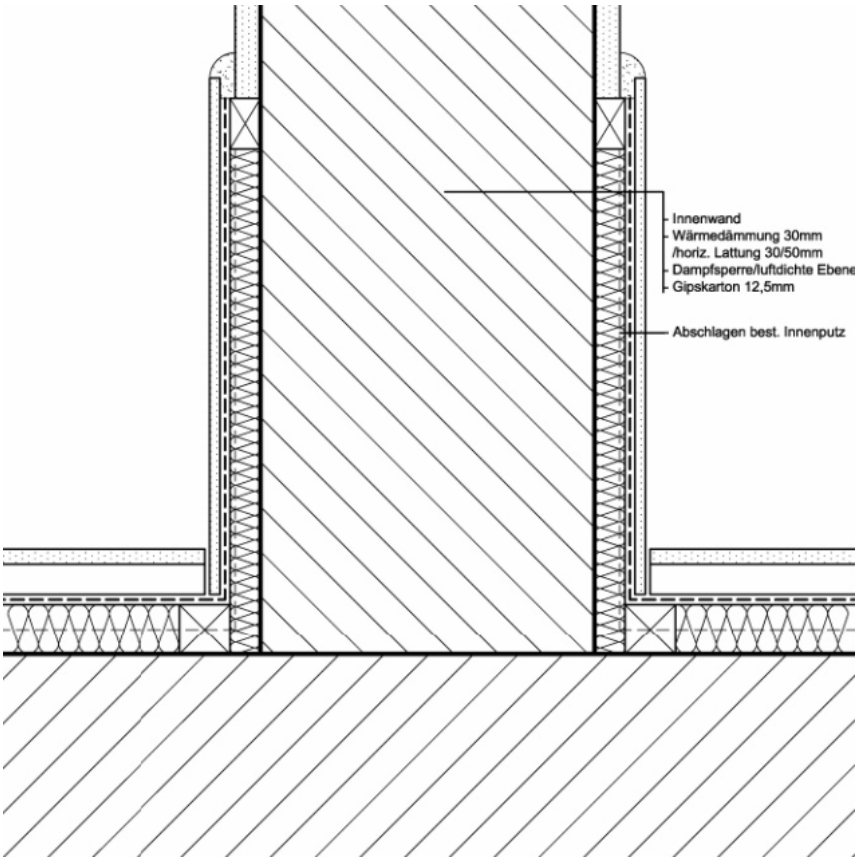



Abb. 4.22: Innenwandeinbindung mit Vorsatzschale und Dämmstreifen [79]

## 4.4 Decken-/Bodenanschluss

[31, 69, 105, 114]

<u>- Wärmebrücken:</u>

Je nach vorzutreffender Situation, können sich einbindende Decken unterschiedlich auf die Wärmeverluste sowie Oberflächentemperaturen in diesem Bereich auswirken. Die Wärmebrückenproblematik für Innenwandanschlüsse aus Kapitel 4.4 lässt sich auf einbindende Decken übertragen.
Massive Betondecken weisen im Gegensatz zu Holzbalkendecken höhere Wärmeleitzahlen auf und haben somit größeren Einfluss auf die Veränderungen des Wärme- und Feuchteverhaltens, die durch eine nachträgliche Innendämmung entstehen. Zu beachten ist, dass Veränderungen des Wärme- und Feuchteverhaltens für Holz gefährlicher als für Beton sind (siehe Kapitel 4.5).

Da die Innendämmung im Bereich der Decke unterbrochen wird, erhöhen sich die Bauteiltemperaturen im Außenwandbereich und sinken im Bereich der Innendämmung ab, wie es in der Abbildung 4.23 dargestellt ist. Dabei verlagern sich die Oberflächentemperaturen in Richtung Innenraum.

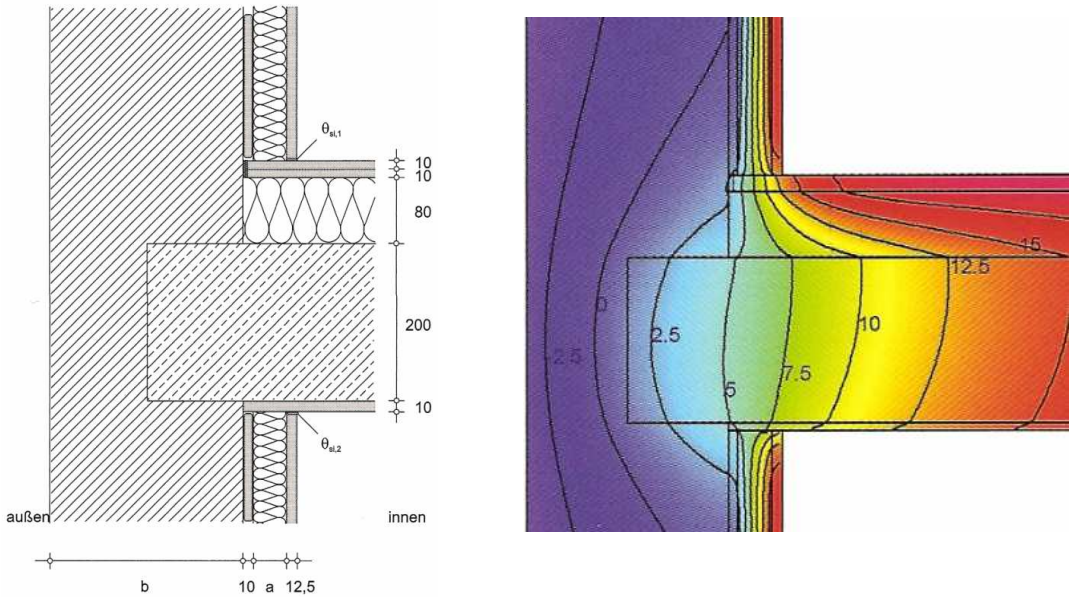



Abb. 4.23: Deckeneinbindung mit Trockenestrich (links), Isothermenverlauf (rechts) [114]

Durch die Aufbringung der Innendämmung erhöht sich die Oberflächentemperatur im Eckbereich im Vergleich zum ungedämmten Zustand. Zu untersuchen ist aber im welchen Ausmaß diese Erhöhung zu Stande kommt.

Eine Anordnung von Flankendämmungen ober- und unterhalb der einbindenden Decke kann die Wärmeverluste reduzieren und die Oberflächentemperaturen in diesem Bereich weiter anheben.
Bei einer energetischen Gebäudesanierung wird meistens der Fußboden erneuert. Für einen gewöhnlichen Fußbodenaufbau mit schwimmendem Estrich übernimmt die notwendige Trittschalldämmung zusätzlich die Funktion der Flankendämmung oberhalb der Decke. Somit kann ein Höhensprung im Fußboden vermieden werden. Wichtig dabei ist, dass die Fußbodenkonstruktion, wenn es sich um schwimmenden Estrich handelt, nicht an die massive Wand anbindet, sondern erst nach Aufbringung der Innendämmung, mit einem Randdämmstreifen getrennt, vor ihr anschließt (siehe Abbildung 4.27 (rechts))

Im unteren Bereich müssen Dämmstreifen oder Dämmkeile appliziert werden. Hier ist vor allem auf die Einhaltung einer ausreichenden Geschoßhöhe zu achten. Dabei treten gleiche Probleme auf wie bei einem Innenwandanschluss in Hinsicht räumlicher Wirkung und Ausführbarkeit.

Abbildung 4.24 zeigt eine mögliche Lösung des Problems, indem die Flankendämmung mit einer Vorhangleiste verdeckt wird.

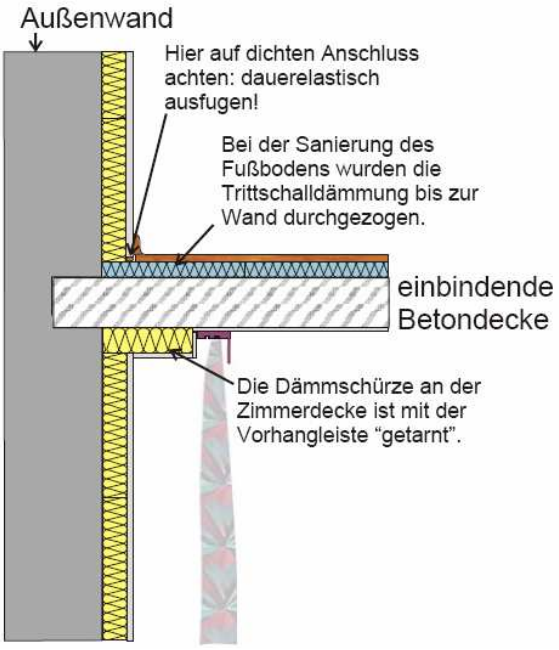



Abb. 4.24: Einbindende Betondecke mit Dämmstreifen hinter Vorhangleisten [69]

Eine genaue Berechnung gibt darüber Auskunft, ob und mit welchen Abmessungen ein Dämmstreifen im einbindenden Bereich der Decke erforderlich ist. In verschiedenen Literaturen [2, 61, 117] werden Abmessungen dokumentiert, mit denen optimale Ergebnisse hinsichtlich der Reduzierung der Wärmeverluste und Anhebung der Oberflächentemperatur im betrachteten Bereich erzielt werden können. Die Breite des Dämmstreifens richtet sich dabei nach der Wärmeleitfähigkeit des Wandbildners und der Decke. Es werden Dämmstoffbreiten zwischen 30 bis 50 cm und Dicken zwischen 2 und 3 cm als vernünftiges Maß angeführt. Optimal ist es, wenn eine durchgehende Deckendämmung hergestellt wird.

Für Ausführung der Flankendämmung werden gleiche Arten, wie im Kapitel 5.3 beschrieben, angewendet.

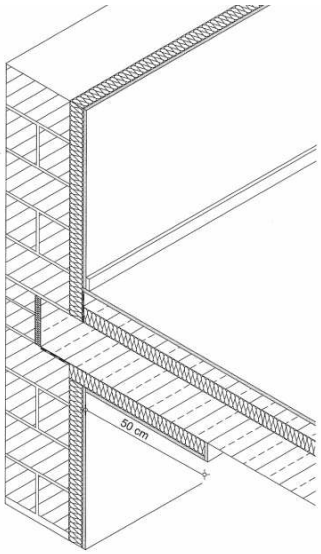



Abb. 4.25: Einbindung der Geschoßdecke in die Außenwand mit Verbundplatten, Dämmstreifen und schwimmenden Estrich [31]

Auch in diesem betrachteten Detailanschlusspunkt ist es angemessen, wenn für die Dämmstreifen und Dämmkeile die gleiche Konstruktionsweise wie der Innendämmungen angewendet und ein Material- und/oder Konstruktionswechsel vermieden werden kann.

Bei Verbundplatten- und Vorsatzschalen-Konstruktionen sind Wärmebrücken ähnlicher Erscheinung wie in Kapitel 5.3 beschrieben, zu vermeiden. Die Beplankungen sollten ohne Kontakt zur Außenwand mit Dämmstreifen hinterlegt werden.

- Dämmplatten:

Abbildung 4.26 zeigt die Verklebung der Mineralschaumplatte auf die Dippelbaumdecke. Sie muss zusätzlich mit Dübeln befestigt werden. Im Eckbereich ist ein zusätzlicher Armierungsgewebestreifen einzuspachteln.

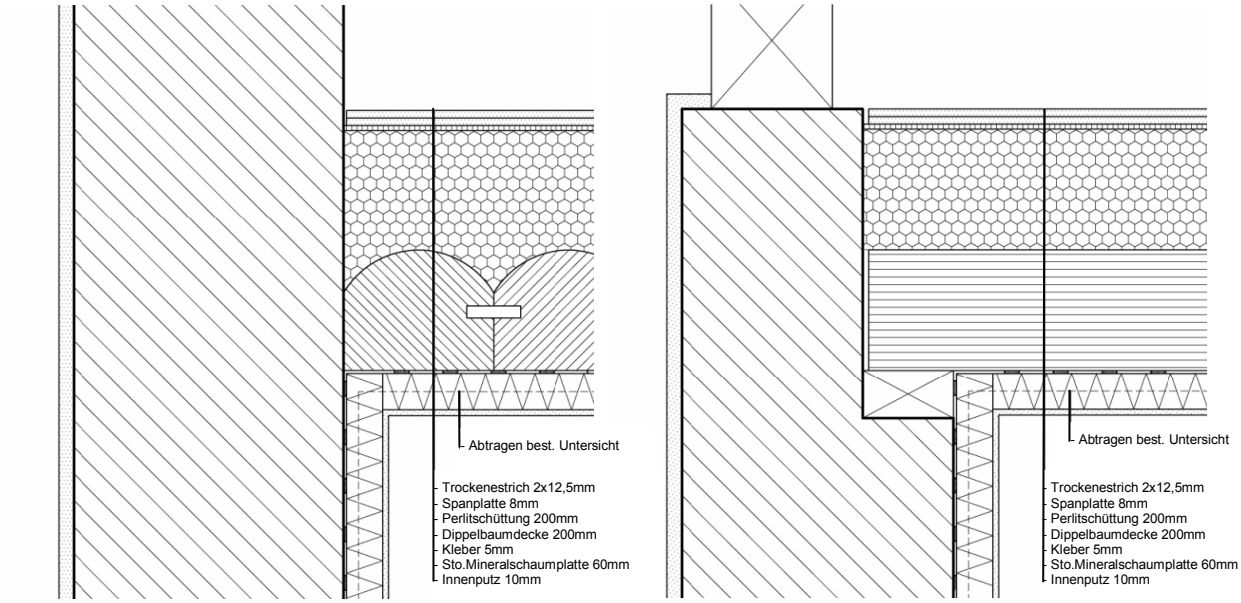



Abb. 4.26: Einbindung der Innendämmung unter der Dippelbaumdecke [79]

- Verbundplatte:

Beim Bodenanschluss lässt sich die Luftdichtheit sichern, indem der Fußboden an die Innendämmung anbindet. Luftschichten zwischen Dämmung und Außenwand dürfen nicht vorhanden sein. Hier kann eine Luftzirkulation entstehen oder feuchtwarme Raumluft eindringen und Feuchteschäden verursachen.
Die Verbundplatten sind durch Dämmstreifen vom Deckenboden aus Schallübertragungs- und Wärmeschutzgründen zu trennen.

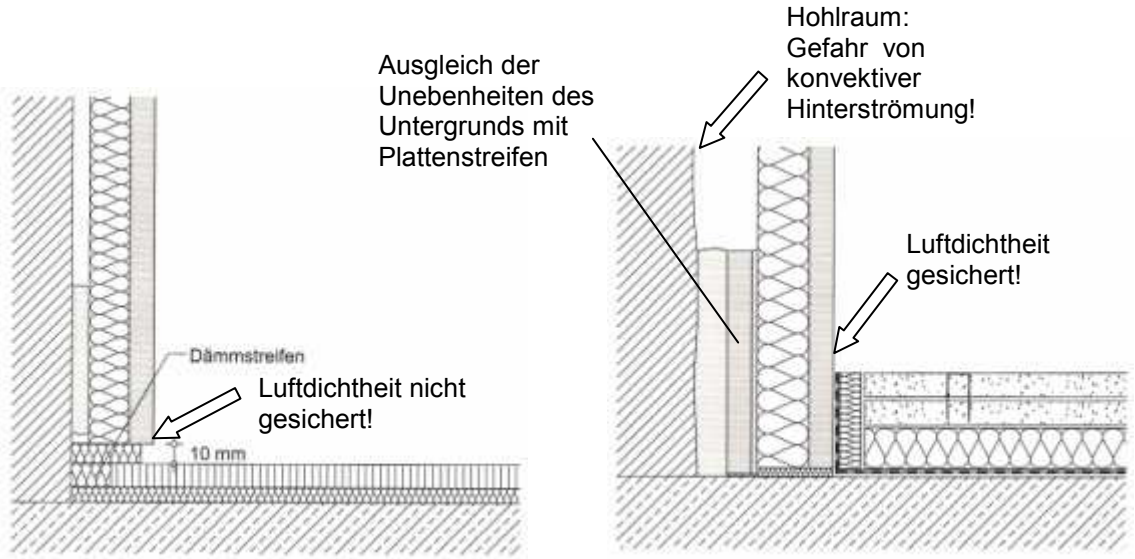



Abb. 4.27: Bodenanschluss einer Verbundplatte mit Trockenestrich (links) und schwimmendem Estrich (rechts) [31]

- Vorsatzschale:

Nachstehende Abbildung 4.28 zeigt die Anschlussausbildung im Decken- und bodenbereich mit einer Vorsatzschale und Unterkonstruktion mit Holzlattung und –konterlattung. Im Bodenbereich wird die Dampfbremse mit einem Fugendichtungsband und Anpressleiste luftdicht an das Schwellholz angeschlossen. Zu bedenken ist, dass die Luftdichtheit zwischen Schwellholz und Dampfbremse zwar gegeben ist, unter dem Schwellholz durch Unebenheiten Luftspalten entstehen können. Deshalb wäre denkbar, das Schwellholz in diesem Fall ebenfalls mit geeignetem Dichtungsband auf den Estrich anzusetzen.
Wie oben gezeigt wird, lässt sich der Aufwand zur Anschlussausbildung ersparen, falls die Möglichkeit besteht, die Innendämmung vor der Fußbodenherstellung zu errichten. Die Dampfbremse könnte problemlos unter der Trittschalldämmung eingebunden und auf die Decke mit geeignetem Kleber befestigt werden. Vor allem wird die zusätzlich entstehende Wärmebrücke durch den Estrich vermieden.

Im Deckenbereich, wie in Abbildung 4.28 dargestellt, wird die überstehende Dampfbremsfolie in einen dampfbremsenden Kaltbitumenkleber verlegt. Dadurch entsteht eine luftdichte Ebene. Die dampfbremsende Funktion setzt sich weiter unter dem Randdämmstreifen aus Polystyrol fort. Für die Anordnung des Dämmstreifens wird der Putz auf die Dämmstreifenbreite abgeschlagen. Die Dämmstoffläche sollte verspachtelt werden, um eine einheitliche Oberflächenstruktur zu erhalten. Beim Materialwechsel zwischen Dämmstreifen und Putz ist eine Rissüberbrückung mit Armierungsgewebe vorzusehen.

Wie in Kapitel 4.3 für Innenwandanschlüsse beschrieben [115], sind auch im Bereich massiver Decken keine wesentlichen Feuchteerhöhungen zu erwarten. Die dampfbremsende Wirkung der Polystyroldämmplatte sichert hier die Funktionstüchtigkeit in feuchtetechnischer Hinsicht. Fraglich ist, ob sich ein Kaltbitumenkleber im Innenraum eignet.

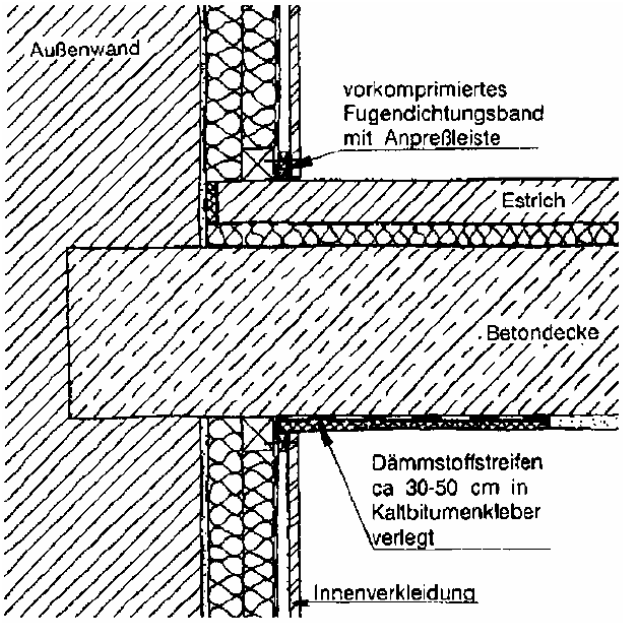



Abb. 4.28: Deckenanschluss einer direkt befestigten Vorsatzschale mit Holzunterkonstruktion und Dämmstreifen [74]

Abbildung 4.29 und 4.30 zeigen eine Vorsatzschalenkonstruktion mit vertikaler und horizontaler Holzlattung im Bereich der Decken- und Fußbodeneinbindung. Die Dampfsperre wird im Deckenbereich zwischen den Lattungen durchgehend ums Eck geführt. Im Bodenbereich wird sie unter den Estrich geführt.

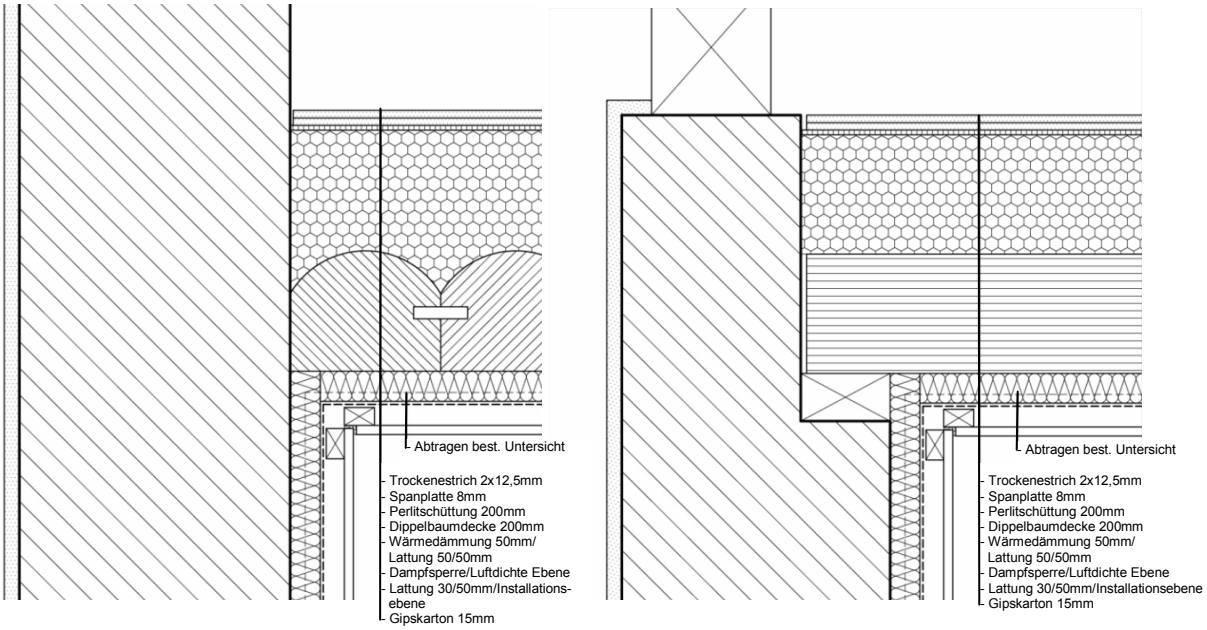



Abb. 4.29: Deckeneinbindung einer Dippelbaumdecke mit einer Vorsatzschalenkonstruktion [79]

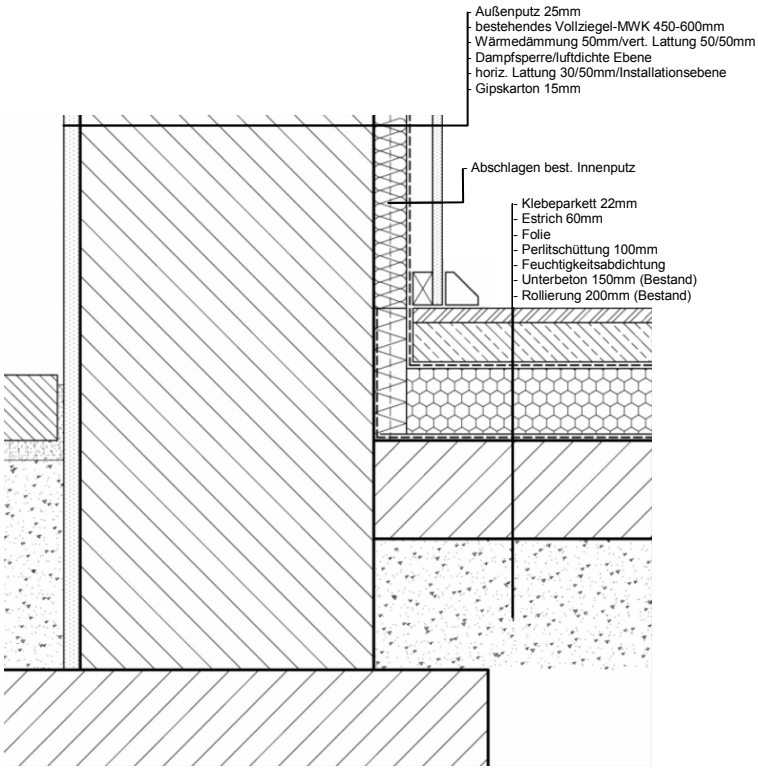



Abb. 4.30: Bodenanschluss mit einer Vorsatzschalenkonstruktion [79]

Eine Decken- und Bodenanschlussausbildung für eine Innendämmung mit freistehender Vorsatzschale und Metallunterkonstruktion zeigt nachstehende Abbildung 4.31.

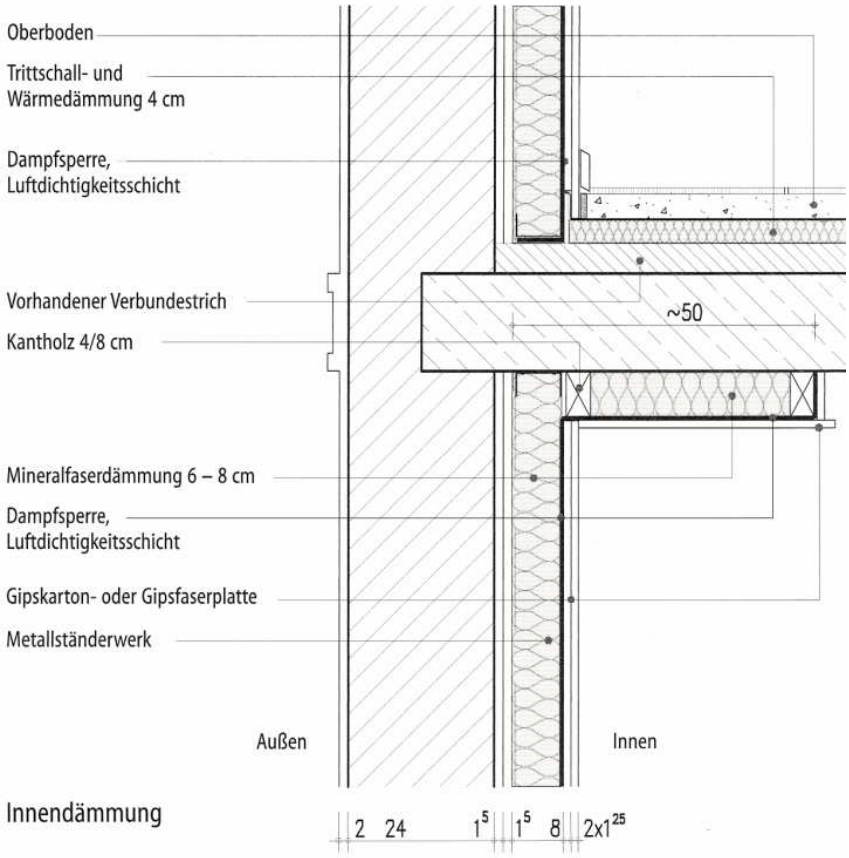



Abb. 4.31: Deckenanschluss mit freistehender Vorsatzschale und Dämmstreifen [30]

Zur Vermeidung einer unzulässigen Übertragung von Scherkräften in den CaSi-Platten, sind sie vom Boden zu entkoppeln. Der Abstand zum Boden lässt sich durch Unterlage eines Estrich-Randstreifens sehr gut erstellen. [redtsone]

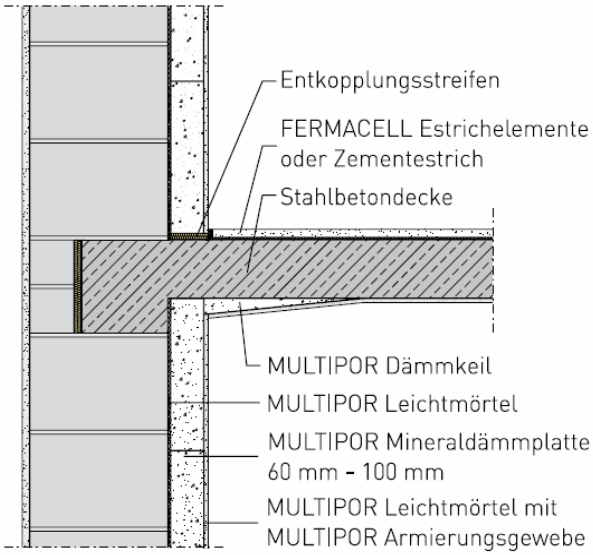



Abb. 4.32: Deckeneinbindung mit einer Innendämmung aus Mineraldämmplatten und Dämmkeil [Multipor]

## 4.5 Holzbalkendecken

[1, 63, 69, 80, 102]

Durch die nachträgliche Aufbringung der Innendämmung in Altbauten mit Holzbalkendecken verschiebt sich im Bauteil die von außen eindringende Kälte im Winter nach innen. Dies führt zur Anhebung der Sorptionsfeuchte der Balkenköpfe. Befindet sich die Außenwand auf der Wetterseite, so kann es durch Schlagregen im Bereich des geschwächten Wandquerschnitts zu zusätzlichen Auffeuchtungen der Holzbalken kommen.

Luftströmungen entlang der Holzbalken durch undichte Stellen nach außen, wie etwa bei Sichtmauerwerk im abgeschwächten Bereich, stellen kein Feuchteproblem dar, so lange eine Innendämmung nicht aufgebracht wird. Der Strömungsweg ist meistens so kurz, dass es dabei nicht zur Unterschreitung des Taupunktes kommt. Die durchströmende Luft kann sogar die Oberflächen im Luftkanal erwärmen. Anders verhält es sich nach Aufbringung einer undichten Innendämmung. Die Strömungsfade können in diesem Fall länger werden und zu einer längeren Verweildauer der Luftströmung führen. Durch die Temperaturabsenkung im Bauteil verschiebt sich die Taupunktfront nach innen und die Austrocknung nach außen verlangsamt sich. Die Gefahr einer Schimmelbildung sowie Tauwasserbildung wird dadurch erhöht. Da Holz unter erhöhter Feuchteeinwirkung zum Faulen beginnt, ist deshalb eine Luftdichtung in diesem Bereich unerlässlich.

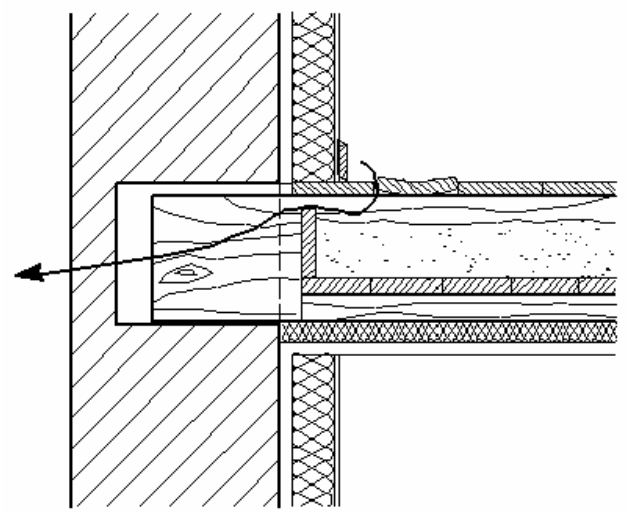


Abb. 4.33: Strömungspfad durch undichte Stelle nach außen [46]

Ein konkretes Schadensrisiko besteht bei dauerhaften Holzfeuchten über 20 M - %. Dafür müssen Maßnahmen getroffen werden, um mögliche Auffeuchtungen im Balkenkopfbereich zu unterbinden. Zuvor muss aber die Schlagregenbelastung, Ausführungsqualität der Außenwand, die Lage im Mauerwerk und eventuell der Zustand der Holzbalkenköpfe geprüft werden.
Die Schwierigkeit liegt in der Planung, ein angemessenes Lösungskonzept zu erstellen, da eine exakte Vorhersage nicht möglich ist. Die bauphysikalischen Verhältnisse sind sehr komplex und lassen sich, insbesondere was die Konvektion betrifft, nicht mit ausreichender Sicherheit berechnen.

<u>- Durchgehende, luftdicht angeschlossene Innendämmung:</u>

Eine sichere Methode ist, die Dämmung von allen Seiten dicht an den Balken anzustoßen und mit geeignetem Klebeband abzukleben. Bei Sichtfassaden sollte eher ein diffusionsoffener Aufbau (eventuell mit feuchteadaptiver Dampfbremse) oder durch die Verwendung von kapillar aktivem Material zwischen den Holzbalken erfolgen. Da diese eher Anfällig auf Feuchteeindringungen durch Schlagregen sind, soll dadurch auch eine Austrocknung nach innen erfolgen. Keinesfalls dürfen die Balken mit diffusionsdichten Folien eingepackt werden. Eingedrungene Feuchte könnte nicht so schnell entweichen, wodurch dauerhafte Feuchteansammlungen zu Schäden führen würden.

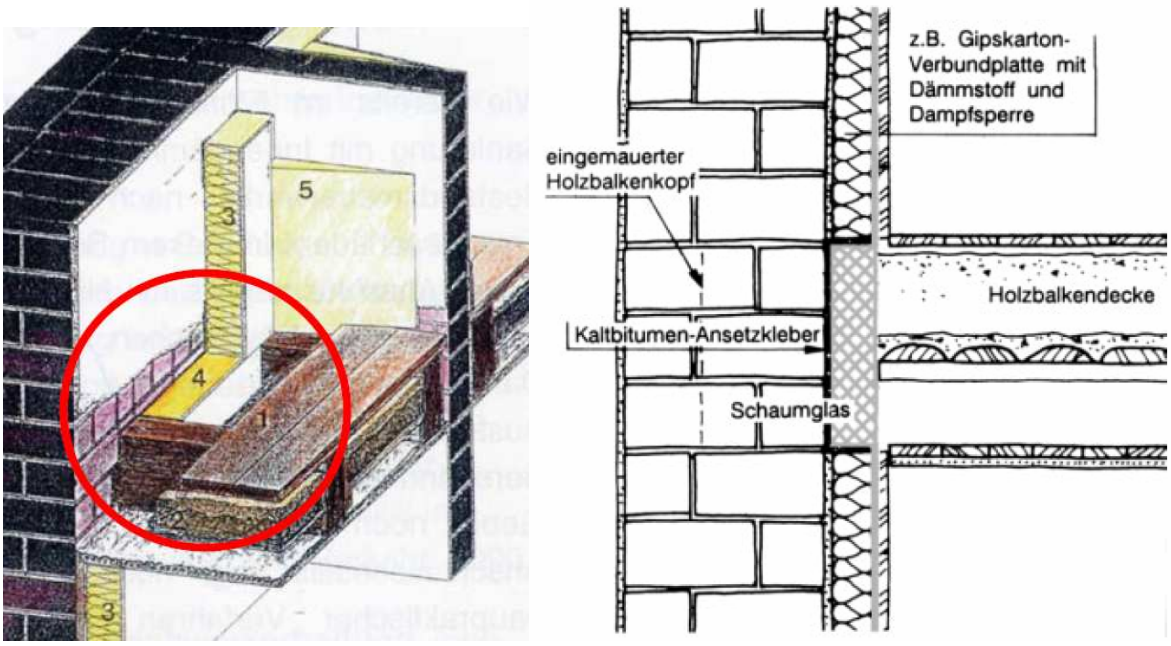



Abb. 4.34: Durchgezogene Innendämmung im Holzbalkenbereich mit Mineralwolleplatten und Dampfbremse (links) oder dampfdichtem Schaumglas (rechts) [70, 74]

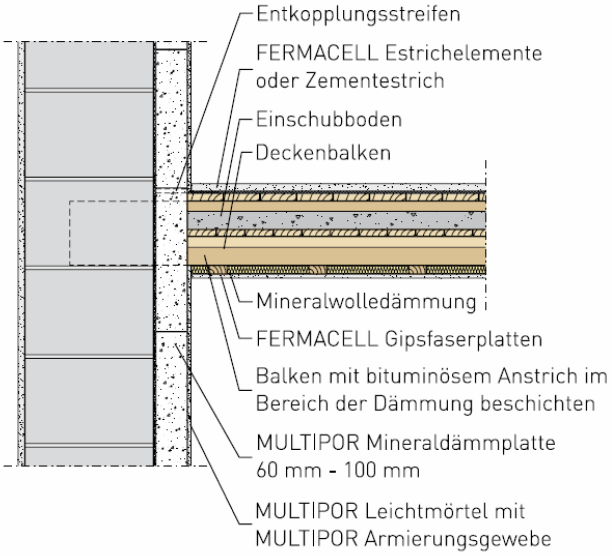



Abb. 4.35: Holzbalkendecke mit durchgezogener Innendämmung aus Mineraldämmplatten [Multipor]

<u>- Dichter Anschluss der Innendämmung an die Holzdecke:</u>

Da die Holzdecke im Randbereich geöffnet und die Schüttung entfernt werden muss, ist dies mit erheblichem Aufwand verbunden. Daher lässt sich auch das Problem durch einen dichten Anschluss an die Decke von oben und unten lösen. Wichtig dabei ist, dass die Decke in sich luftdicht geschlossen ist.

Die nachstehende Abbildung 4.36 zeigt eine Vorsatzschale mit einer Mineralwolle und feuchteadaptiven Dampfbremse, die ca. 1,0 m in Boden und Decke geführt ist, um die Wasserdampfdiffusion im Bereich der Balkenköpfe hinein abzugrenzen. Messungen dazu ergaben keine kritischen Holzfeuchten im Balkenkopf.

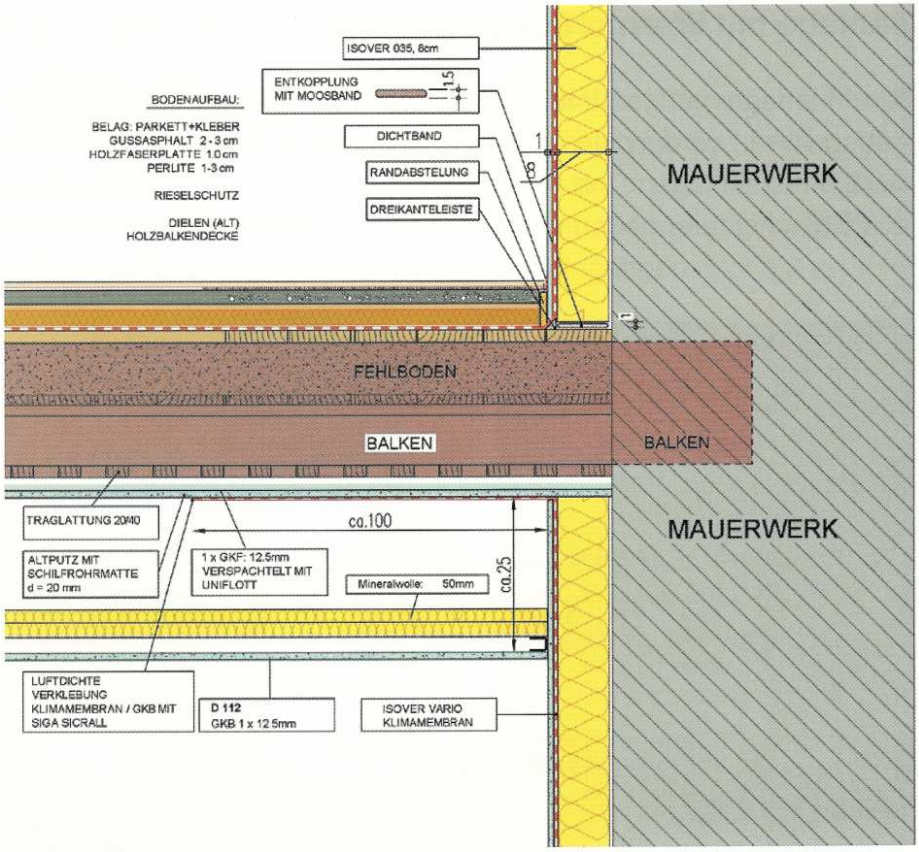



Abb. 4.36: Vorsatzschale mit Mineralwolledämmung und feuchteadaptiver Dampfbremse, ca. 1,0 m in Boden und Decke geführt [115]

<u>- Maßnahmen zur Verbesserung der Feuchteproblematik:</u>

Für die Holzbalkendecke einer Turnhalle mit nachträglicher Deckendämmung aus Zelluloseschüttung (d=20 cm) und Innendämmung, die im Kapitel 2.5.4 beschrieben wird, sind Holzfeuchte- und Temperaturmessungen in den Balkenköpfen durchgeführt worden. Dabei wurden unterschiedliche Varianten in vier Balkenköpfen gemessen:

- Holzbalkenkopf mit beidseitiger Anordnung eines Wärmeleitblechs
- Ausschäumen des Freiraums zwischen Holzbalken und Mauerwerk
- Kombination beider Maßnahmen
- Variante ohne Maßnahmen.

Messungen haben gezeigt, dass die Wärmeleitbleche den durch die Innendämmung hervorgerufenen Temperaturabfall gut abfangen und den Balkenkopf bis nahe an das Ende auf einem höheren Temperaturniveau halten können. Günstig scheint sich die Kombination von Wärmeleitblechen und Polyurethanschaum auszuwirken. Die durch die Leitbleche an den Balken transportierte Wärme kann nicht so schnell nach außen abfließen. Die gemessenen Feuchtegehalte für ca. 2 Jahre bewegen sich für die verschiedenen Varianten zwischen 10 und 15 M-%, wobei die beiden Varianten mit Wärmeleitblechen den niedrigsten und einen ausgeglicheneren Feuchtegehalt aufweisen. Ein Aufschaukeln der Feuchten ist nicht zu erwarten.

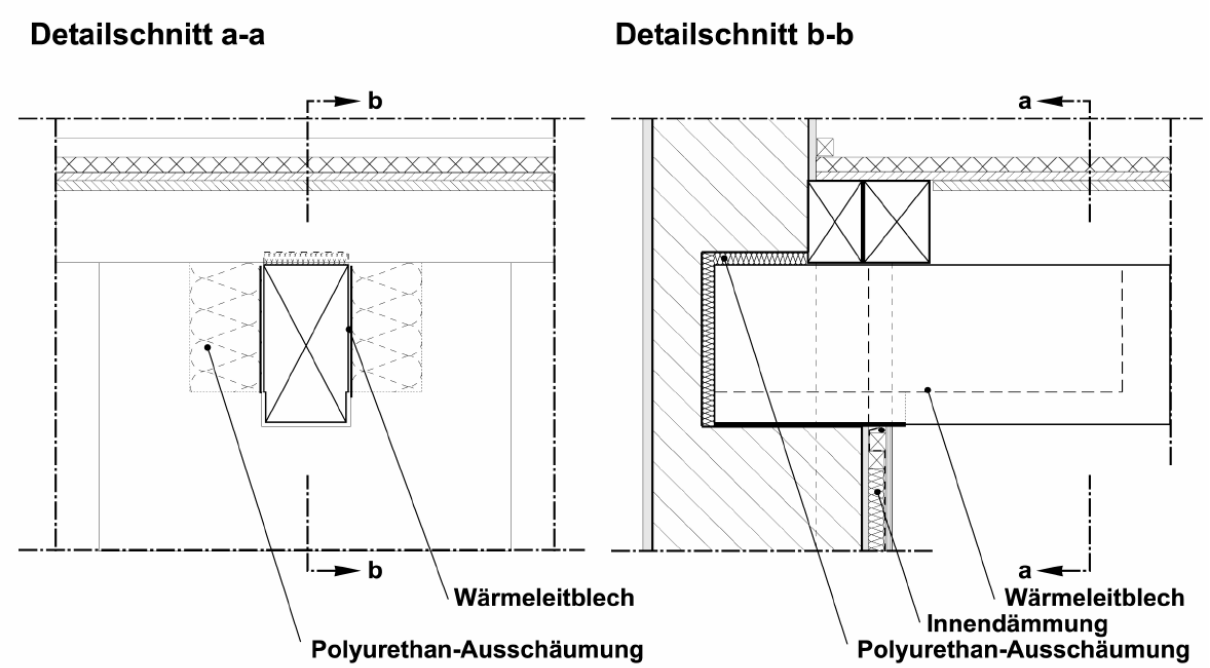



Abb. 4.37: Holzbalkendecke einer Turnhalle mit Temperaturleitblech und PU-Ausschäumung [90]

Langjährige Untersuchungen in [102] zeigen den Einfluss innengedämmter Außenmauerwerke im Holzbalkenbereich unter Verwendung aktiver und passiver Wärmestäbe sowie heizungsrohrgestützter Innendämmungen. Dazu wurden Messungen von Holzfeuchten und Temperaturen im Balkenkopf sowie Luftfeuchten Temperaturen im Außen- und Innenbereich, an verschiedenen Gebäuden durchgeführt:

- Passive Wärmestäbe ermöglichen durch Wärmeleitung eine Wärmezufuhr aus den warmen Raum in den Holzbalkenkopf ungünstig gelegene Balkenkopfbereiche mit ausreichender Zusatzwärme zu versorgen. Wenn sie vorgesehen werden, sind sie so zu konzipieren, dass sie eventuell auch als aktive Wärmestäbe genutzt werden können.

- Aktive Wärmestäbe werden über eine metallische Klemme an den Vorlauf der in Fußbodennähe verlaufenden Heizungsrohre angeschlossen. Die Temperaturerhöhung im Vergleich zu passiven Wärmestäben zeichnet sich deutlich ab.

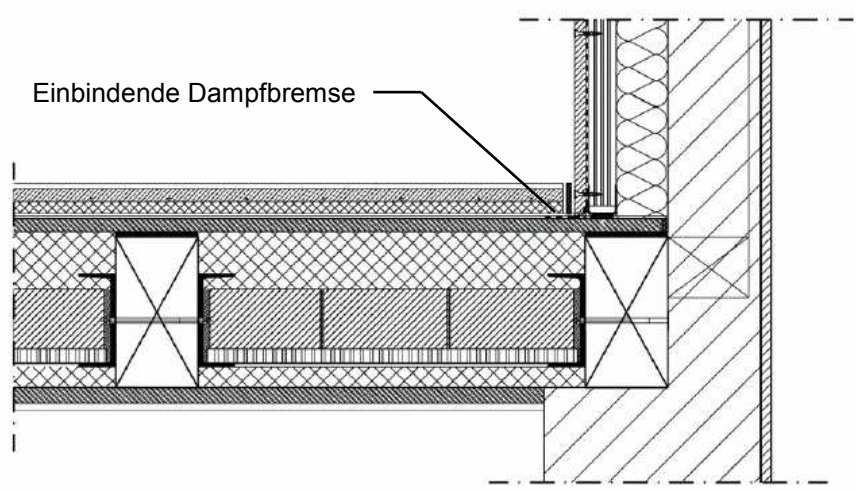
- Heizrohr gestützte Innendämmungen weisen eine Aussparung der Innendämmung als Heizkanal im Fußbodenbereich auf. Die Temperatur im Balkenkopfbereich wird vor allem näher zum Innenraum angehoben. Eine Temperaturerhöhung wird aber auch im Balkenkopfendbereich erreicht (gem. numerischer Simulation um ca. 2,5 K gegenüber der Innendämmvariante). Die entstehenden Wärmeverluste werden hingenommen. Sie betragen auf die gesamte Wandhöhe bezogen in etwa 10 % bei Innendämmungen mit einem Wärmewiderstand von R=0,8 m².K/W.

Zudem wurde noch im Rahmen dieser Untersuchungen der Einfluss von Lüftungen im Bereich der Luftspalten zwischen Balkenkopf und Mauerwerk beschrieben. Bei kurzzeitigem Lüften über Fenster oder Türen wird ein Eintrag von warmer Raumluft in den Balkenkopfbereich durch Verdrängungsströmung möglich, wodurch eine

Feuchteanreicherung im Luftspalt hervorgerufen wird. Das Einleiten des Austrocknens im Balkenbereich wäre mit einer Dauerlüftung denkbar. Eine einfache Abluftlüftung würde für die Erzeugung eines Unterdruckes bereits dafür reichen.

Abbildung 4.38 zeigt den Anschluss einer freistehenden Vorsatzschale auf einer Holzbalkendecke.

Aufbau Außenwände UG undOG nach der Sanierung (von links):
– Gipskartonbeplankung
– Dampfbremse Klimamembran Vario KM, winddicht
– 100 mm Wärmedämmung WLG 035
– Putz
– Mauerwerk
– Außenputz




Aufbau Wohnungstrenndecke (von oben):
– Belag (Teppich/Fliesen)
– Fußbodenheizung System Lindner + Fließestrichtrennlage
– mineralischer Trittschallschutz
– Ausgleichsschüttung
– OSB-Platten, schwimmend verlegt
– Trittschallmatte auf Balken längs
– mineralische Dämmung/Matten
– Lehmsteine
– U-Stahl mit Balken verschraubt
– Rauhspundbretter
– Steinwolle
– Lattung
– Stuckputz

Abb. 4.38: Anschlussausbildung - Wohnungstrenndecke mit freistehender Vorsatzschale [101]

## 4.6 Fenster- /Türanschluss

[2, 3, 7, 11, 24, 27, 114, 115, 124]

Die Anschlüsse der Innendämmung an Fenstern und Außentüren sind für eine einwandfreie Funktion der Konstruktion von großer Bedeutung. Durch die Innendämmung wird die Temperatur im Wandbildner deutlich abgesenkt. Fensterlaibungen stellen dabei beachtliche Wärmebrücken dar. Deshalb müssen sie mitgedämmt werden, um die Oberflächentemperatur in diesem Bereich anzuheben sowie die Wärmeverluste zu reduzieren.

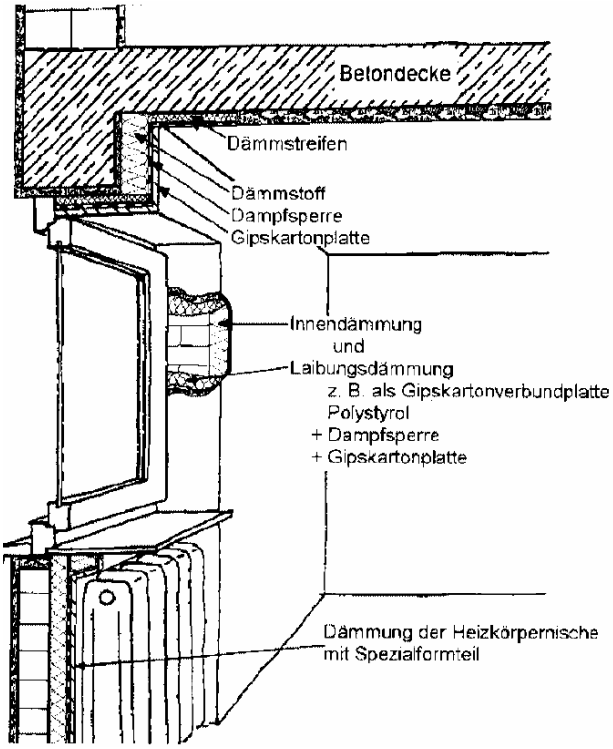



Abb. 4.39: Übersicht im Bereich Fensteranschluss [74]

Handelt es sich um Objekte mit nachträglicher Innendämmung, so stellt sich die Frage wie die Laibungsdämmung an bestehende Fenster oder Türen anzuschließen ist. Fenster besitzen oft nur kleine Fensterrahmenbreiten, die den Anschluss dickerer Laibungsplatten nicht ermöglichen. Durch Abschlagen des bestehenden Putzes und eventuell Aufstemmen des Laibungsmauerwerks können einige Zentimeter dazu gewonnen werden. Das konstruktionsbedingte Problem lässt sich auch durch den Einsatz von Dämmstoffen kleinerer Wärmeleitfähigkeiten lösen, da sie mit geringeren Dicken gleiche Dämmwirkung erzielen.

Nachfolgende Darstellung zeigt exemplarisch wie sich der kritische Bereich (Rot dargestellt) für Schimmelpilzbildung verändert, je nach Situation. Wird die Laibung nicht gedämmt, so kann über den ganzen ungedämmten Bereich eine kritische Oberflächentemperatur auftreten. Mit einer Laibungsdämmung gebrauchsüblicher Wärmeleitfähigkeiten ($\lambda$=0,035 W/(m.K)) lässt sich die Oberflächentemperatur bereits mit geringen Dicken (d>2,0 cm) anheben. Zwar sind in der Abbildung 4.40 für die Darstellung mit der Laibunsdämmung noch kritische Bereiche vorhanden, dafür aber sind sie auf ein Minimum reduziert.

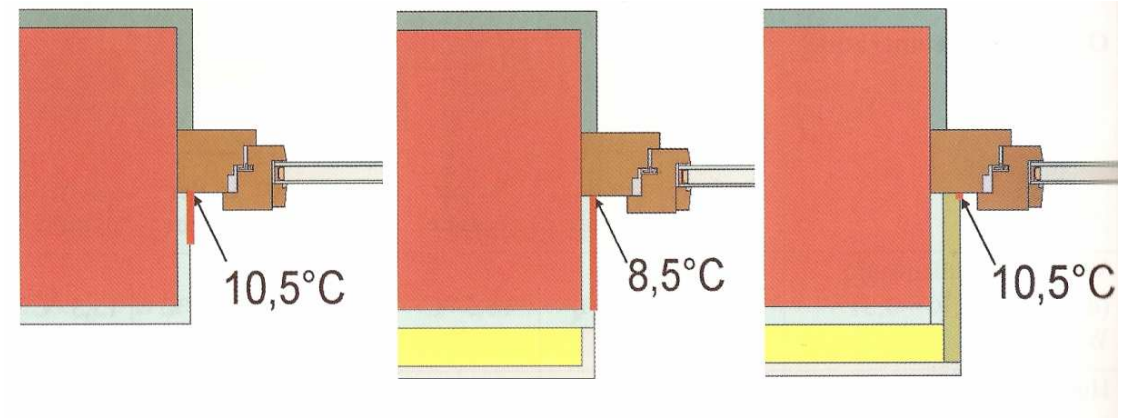



Abb. 4.40: Veränderung der Oberflächentemperaturen an Fensterlaibungen [2]

Im Sturzbereich sowie unter dem Fensterbrett müssen die Fensterlaibungen aus gleichen, oben beschriebenen Gründen mitgedämmt werden. Abbildung 4.41 zeigt für ein Ziegelmauerwerk mit vorgesetzter Klinkerfassade exemplarisch den Isothermenverlauf im Sturzbereich für die Ausbildung einer Innendämmung mit Laibungsdämmung, die in gleicher Konstruktionsweise mit verklebten Calizuimsilikatplatten hergestellt wurde. Im Anschlussbereich zwischen Holzrahmen und der Dämmung in der Laibungsfläche ist somit zu prüfen, ob eine ausreichende Oberflächentemperatur vorhanden ist.

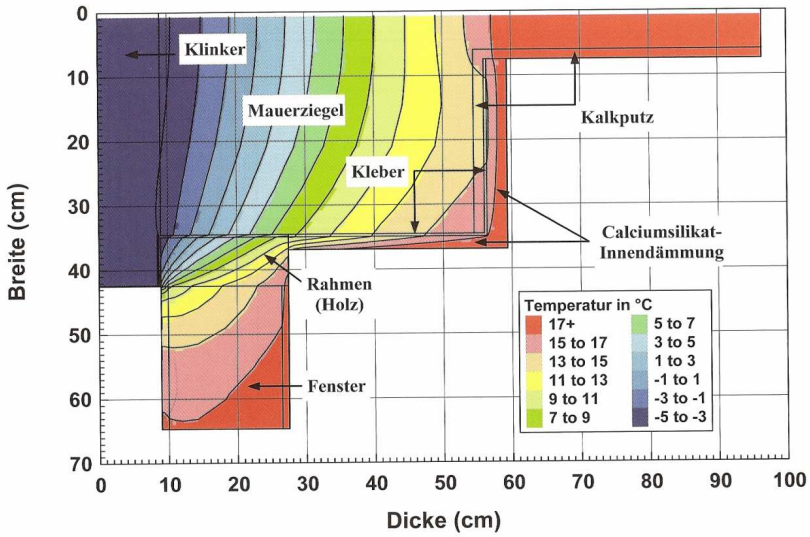



Abb. 4.41: Isothermenverlauf im Bereich der Fensterlaibung mit Innendämmung [3]

Wird die Laibungsdämmung nur bis zum Fensterrahmen geführt, so können trotzdem kritische Oberflächentemperaturen wie schon Anfangs erwähnt, auftreten, wenn der Fensterrahmen ungedämmt bleibt.

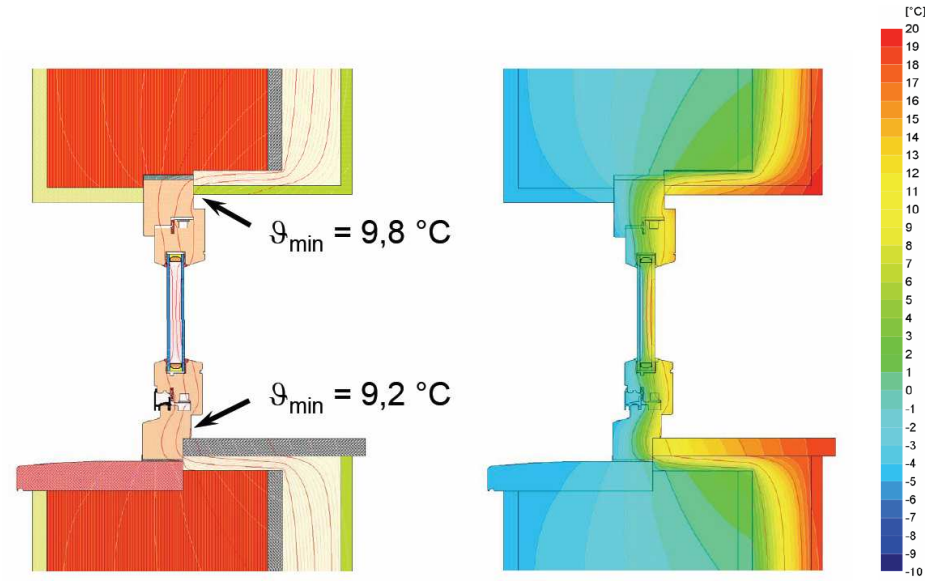



Abb. 4.42: Fensteranschluss mit Laibungsdämmung (20 mm) bis zum Fensterrahmen [115]

Eine optimale Lösung wird erreicht, wenn die Laibungsdämmung bündig an die Dämmung des Rahmens anschließt → siehe Abb. 4.43.

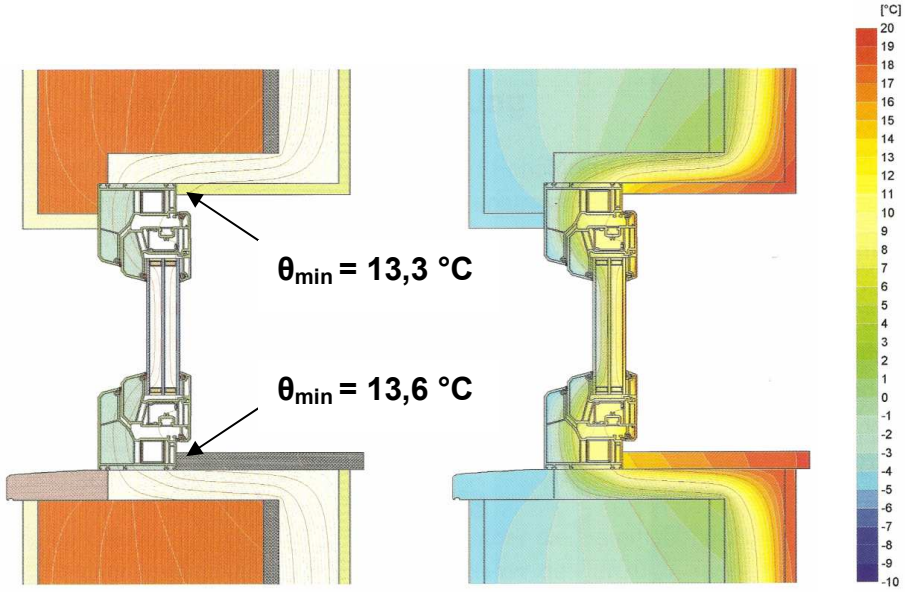



Abb. 4.43: Fensteranschluss mit Laibungsdämmung (40 mm), die an die Dämmebene des Fensters angeschlossen ist [115]

Zu beachten ist, dass die zusätzliche Dämmung in der Laibungsfläche den natürlichen Lichteinfall in den Raum verringern kann.

<u>- Anschlussfugenausbildung:</u>

Für die Herstellung von Fenstereinbaufugen ist der Grundsatz „innen dichter als außen“ einzuhalten. Dabei werden zwei Dichtungsebenen betrachtet:

- innen die Abdichtung gegen Luftdurchgang und Wasserdampfdiffusion,
- außen die Abdichtung gegen Wind und flüssiges Wasser (Schlagregen).

Zur Erreichung eines luftdichten Anschlusses ist raumseitig eine umlaufende Abdichtung der Fuge zwischen Fensterrahmen und Baukörper erforderlich. Wird davon abgegangen ist die Funktionsfähigkeit und Schadensfreiheit nicht gesichert. Durch undichte Fugen können konvektive Feuchteschäden entstehen, wenn die Luftdichtheit in diesem Bereich nicht gegeben ist.

Die Dichtheit der inneren Anschlussfuge wird durch:

- Dichtstoffe mit geeignetem Hinterfüllmaterial,
- vorkomprimierte Dichtbänder oder
- Folienstreifen

erzielt. Eine Ausschäumung der Fuge stellt alleine keine Abdichtungsmaßnahme dar.

Die nachstehende Abbildung 4.44 veranschaulicht die Möglichkeiten zur Erstellung der Abdichtungen in der oben genannten Reihenfolge
.

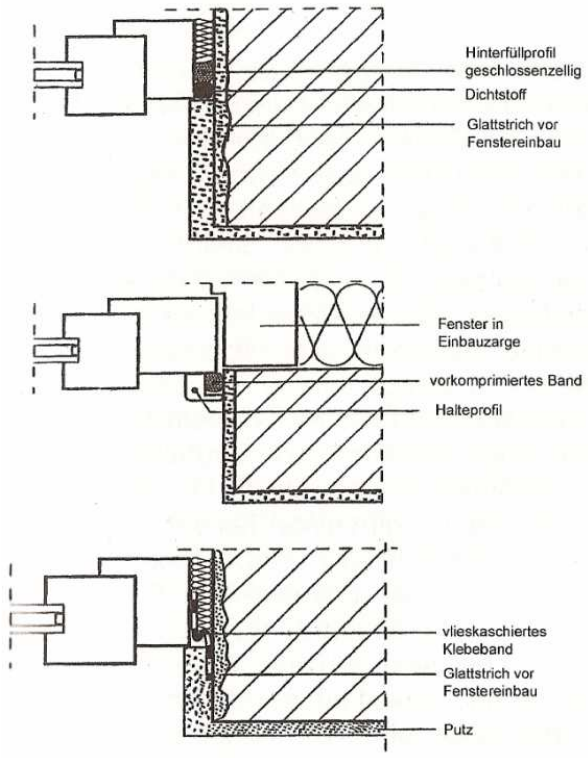



Abb. 4.44: Innere Anschlussausbildungen von Fenstern nach DIN 4108-7 [11]

Zur Ausbildung des äußeren Anschlussbereiches wird hier nicht näher eingegangen, da dieser unabhängig von der Innendämmung ist.

Werden nun die Laibungen gedämmt, so müssen sowohl bei Einbau neuer Fenster oder Türen als auch Bestand während einer Sanierung diese Grundsätze beachtet und Dichtheitsanschlussformen angewendet werden. Mittlerweile existieren viele unterschiedliche Produkte, die auf die jeweiligen Einbausituationen angepasst sind. Für die richtige Anwendung und mögliche Ausführung dieser Produkte muss dem Planer aber die Einhaltung der Regeln zum Fensteranschluss bewusst sein. Seine Aufgabe besteht darin zu untersuchen, ob im Fall einer Sanierung bestehende Fenster in Takt sind, die Untergrundanforderungen erfüllt sind und die Verträglichkeit

der Fensterdichtung mit der Dämmkonstruktion in der Laibung vorhanden ist. Eine Freilegung des Mauerwerks im Fugenbereich kann erforderlich werden, damit freigelegte Fensterrahmenflächen mit Holzschutzmitteln nachbehandelt werden können oder der Wärmeschutz durch Einbringen von Dämmmaterial verbessert wird. Damit ein luftdichter Abschluss hergestellt werden kann, ist für die Anschlussausbildung mit Dichtstoffen und Folienstreifen ein Glattstrich herzustellen.

- Fensterbänke:

Fensterbänke mit hohen Wärmeleitfähigleiten sind zu vermeiden (z.B. Steinplatten). Unter den Fensterbänken ist eine Dämmplatte aufzulegen. Sie sollten außerdem nicht in den seitlichen Laibungen direkt angeschlossen, sondern mit Dämmstoff getrennt werden. Bestenfalls ist die Laibungsdämmung bis an den Wandbildner hinunterzuziehen.

- Vorsatzschalen:

Bei Vorsatzschalenkonstruktionen dürfen die Dampfbremsen nicht am Fensterrahmen enden, sondern sind in die Luftdichtung der Fenster unter Verwendung von Folienstreifen mit einzubinden (siehe Abbildung 4.45)

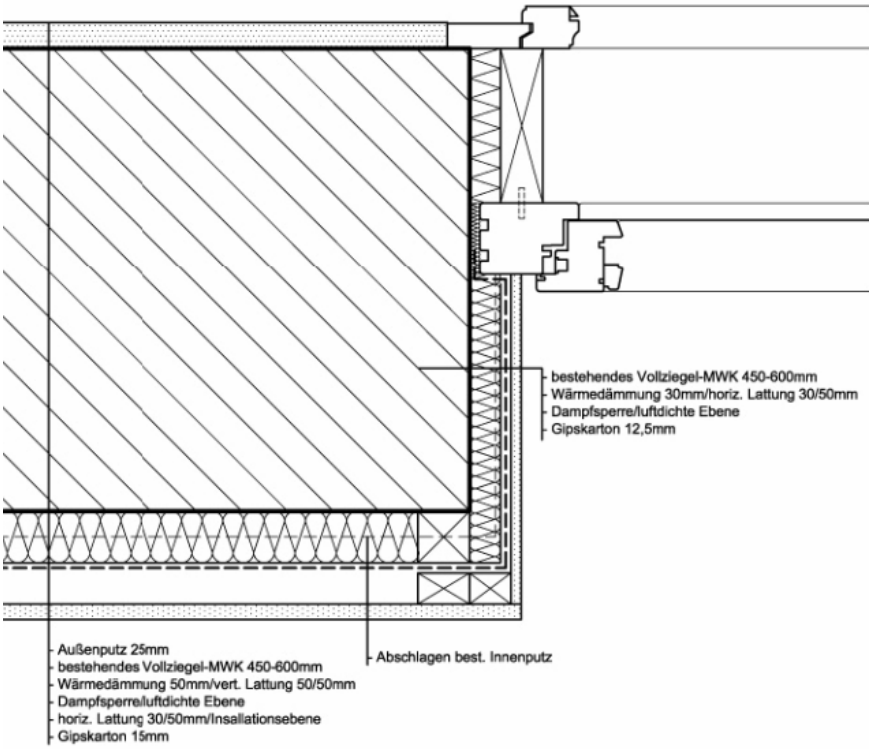



Abb. 4.45: Dämmung der Fensterlaibung mit Einbindung in die Vorsatzschalenkonstruktion [79]

Wie die Anschlussausbildung mit freistehenden Vorsatzschalen hergestellt werden kann, ist in der nachstehenden Abbildung 4.46 dargestellt. Die Dampfbremsfolie wird um die Laibungsdämmung gewickelt. Der luftdichte Anschluss in der Fensterfuge erfolgt mit einem Fugendichtungsband oder einer Verfugung.

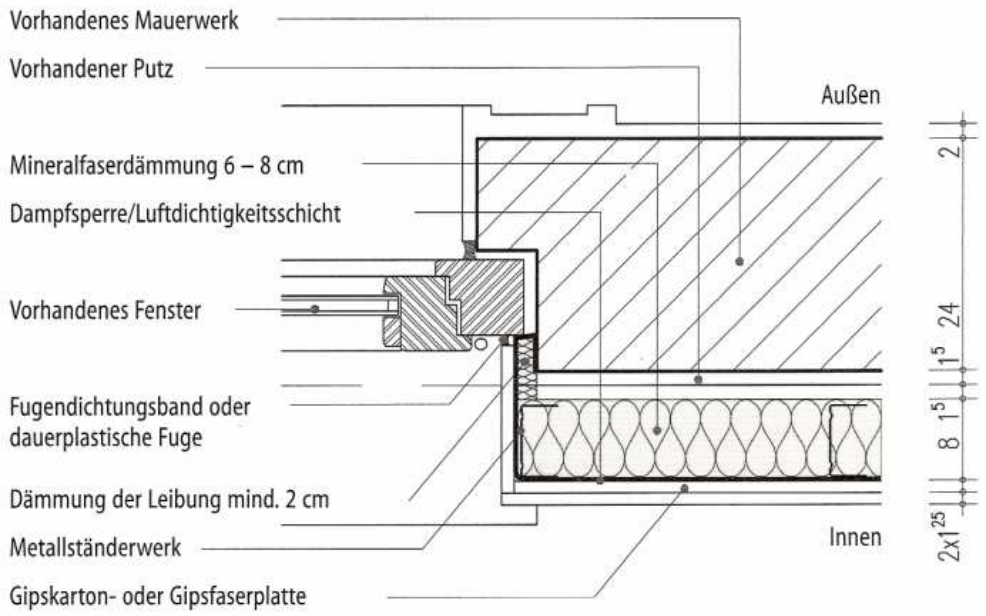



Abb. 4.46: Dämmung der Fensterlaibung mit Anschluss zur freistehenden Vorsatzschale [30]

Die nachstehende Abbildung 4.47 zeigt die Anschlussausbildung im Fensterlaibungsbereich mit einer Vorsatzschalenkonstruktion und Innendämmung aus eingeblasenen Zellulosefasern. Die Dampfbremse ist hier nicht dargestellt. Sie lässt sich aber vor Anbringung der Innenbeplankung mit einer Holzwerkstoffplatte (z.B. OSB-Platte) bewerkstelligen. Gerade in den Bereich wo eine Laibungsdämmung aus Sicht des Feuchteschutzes am nötigsten ist, wird sie zum Fensterrahmen hin verjüngt. Der massive gut wärmeleitende (Beton-)Sturz erhöht noch zusätzlich die Wärmebrückenwirkung und senkt die Oberflächentemperatur im Eck ab. Wenn bereits ein Teil des Fenstersturzes zur Platzschaffung abgeschlagen wird (Staatik beachten!), dann sollte dieser zumindest bis zum Fensterrahmen in gleicher Dicke abgeschlagen werden. Die dünne Holzlatte, im Sturzbereich (mit der Nummer 3 beziffert), ist nur mit großem Aufwand anzubringen. Zudem sollte sie sowie die horizontalen Holzlatten im Eck mit Dämmstreifen hinterlegt werden.
In der Gesamtbetrachtung stellt sich die Frage, ob sich der Aufwand für diese Anschlussausbildung lohnt. Fragwürdig ist auch, ob die Dämmung in den kleinsten Winkeln eingeblasen werden kann.

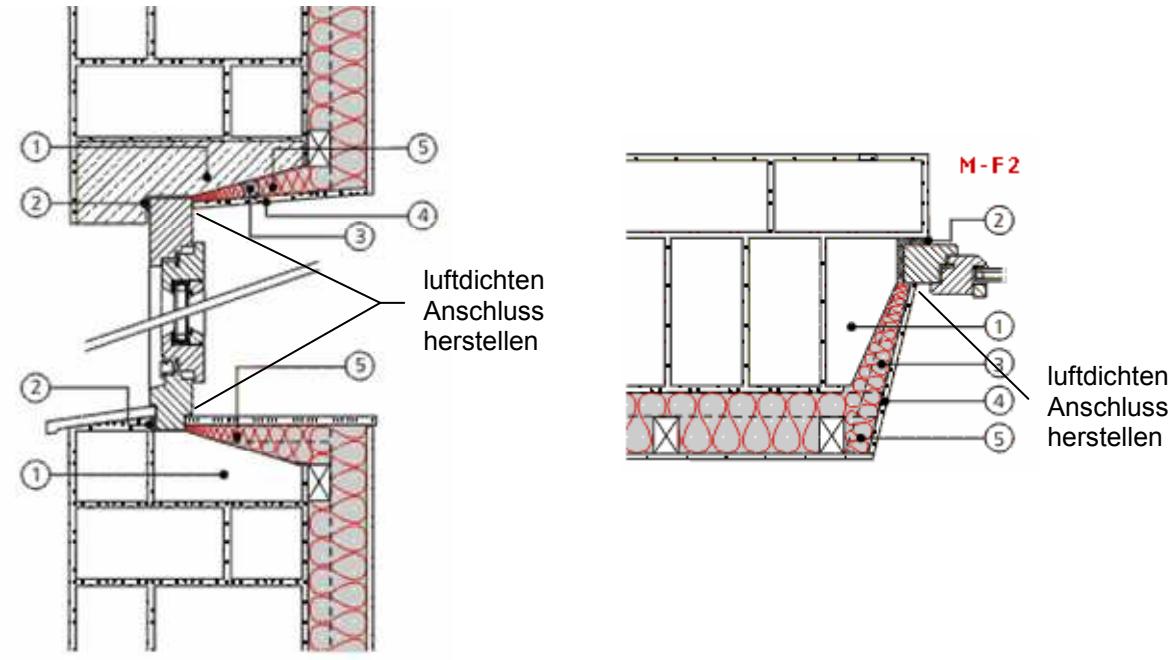



Abb. 4.47: Laibungsdämmung mit Vorsatzschalenkoknstruktion und Einblasdämmung aus Zellulose [Isofloc]

## - Verbundplatten:

Bei Verbundplatten ist der Anschluss zwischen der Beplankung und Fensterrahmen mit elastoplastischem Material auszufüllen. Für die Verklebung der Verbundplatten in der Laibungsfläche ist eine ausreichend ebene Fläche zu schaffen. Möglich ist aber auch, die Platten auf unebenen Untergrund zuerst mit Kleberbatzen auszurichten. Anschließend sind die Hohlräume mit PU-Ortschaum auszufüllen (siehe Abbildung 4.48). Die Schwierigkeit liegt dabei darin, eine hohlraumfreie Laibungsdämmung zu schaffen.

Abb. 4.48: Ansetzen der Verbundplatten mit Gipsbatzen im Laibungsbereich [125]

- Geklebte Platten:

Diffusionsoffene CaSi-Platten werden an den Fensterrahmen mit dem Klebemörtel angeschlossen. Dies bewirkt einen dichten Anschluss an die umgebenden Bauteile. Zur Unterstützung der Diffusion sollten deshalb auch beispielsweise keine dampfdichten Acryldichtstoffe eingesetzt werden. [118]

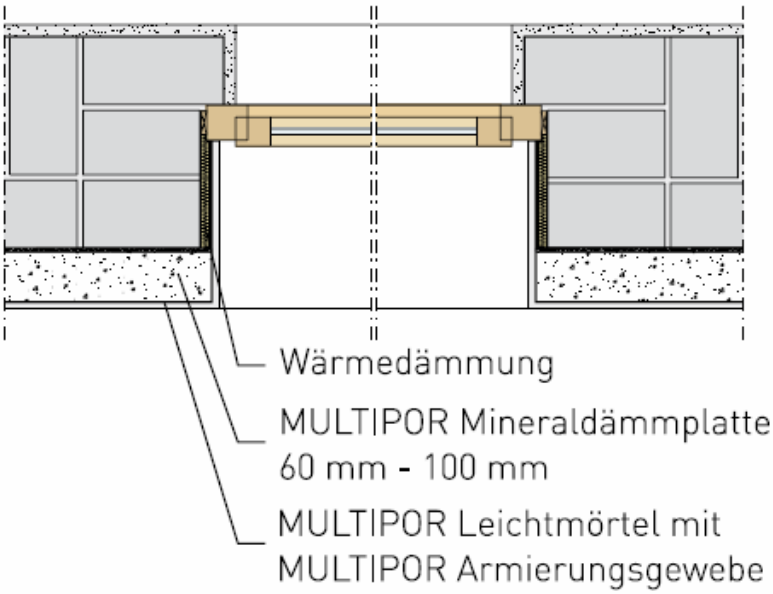



Abb. 4.49: Ausbildung einer Fensterleibung mit Mineraldämmplatten [Multipor]

Bei Konstruktionen mit steifen Dämmplatten (EPS und XPS), die verputzt werden, sind Ecken von Fenstern und Türoffnungen zusätzlich mit diagonal angeordneten Streifen des gleichen Armierungsgewebes zu bewehren. [Merklblatt für den Einbau und das Verputzen von XPS-Platten mit rauer oder gewaffelter Struktur]

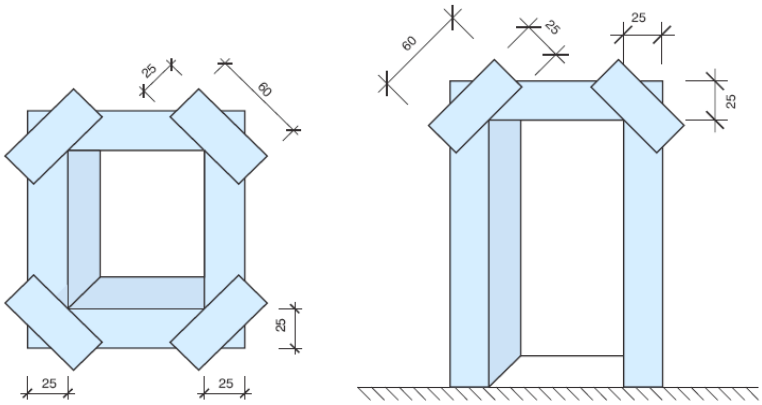



Abb. 4.50: Exemplarische Anordnung der Diagonalstreifen im Fenster- und Türbereich [Heraklith]

Weitere mögliche Detailanschlüsse im Fensterlaibungsbereich mit Innendämmungen sind nachstehend angeführt.

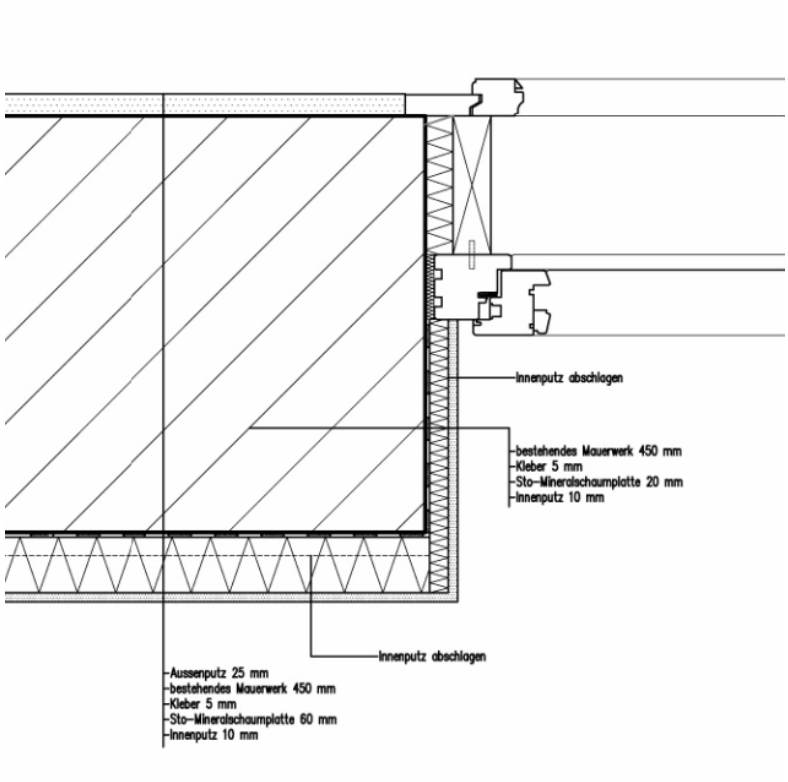



Abb. 4.51: Anschlussausbildung im Fensterlaibungsbereich mit verklebten Mineralschaumplatten [79]

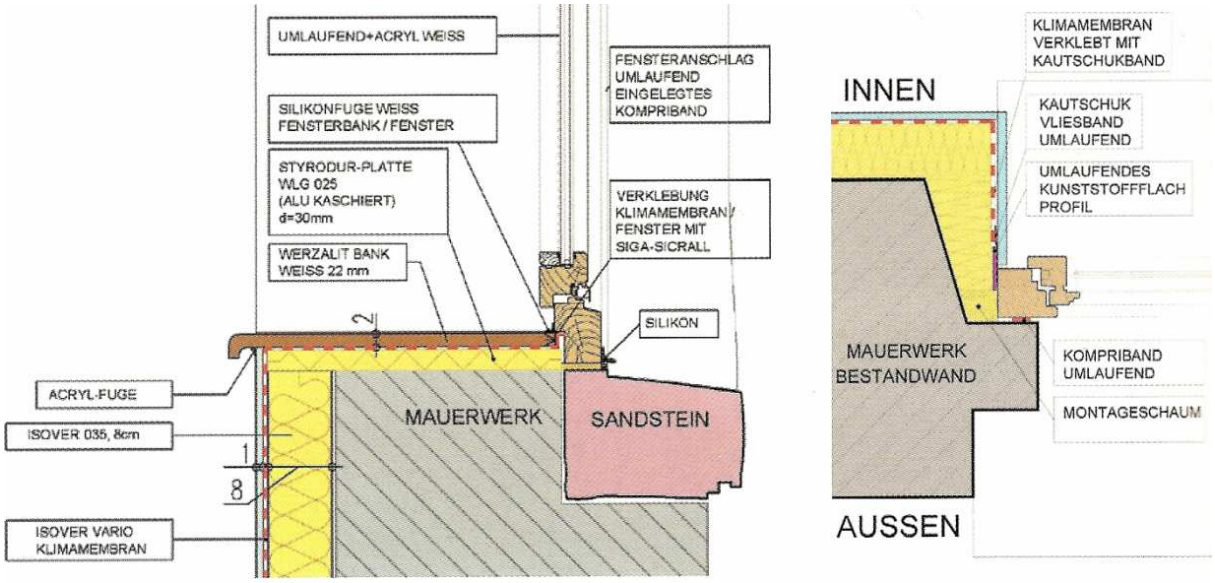



Abb. 4.52: Anschlussausbildung einer freistehenden Vorsatzschale mit Dämmung in der Fensterlaibung [115]

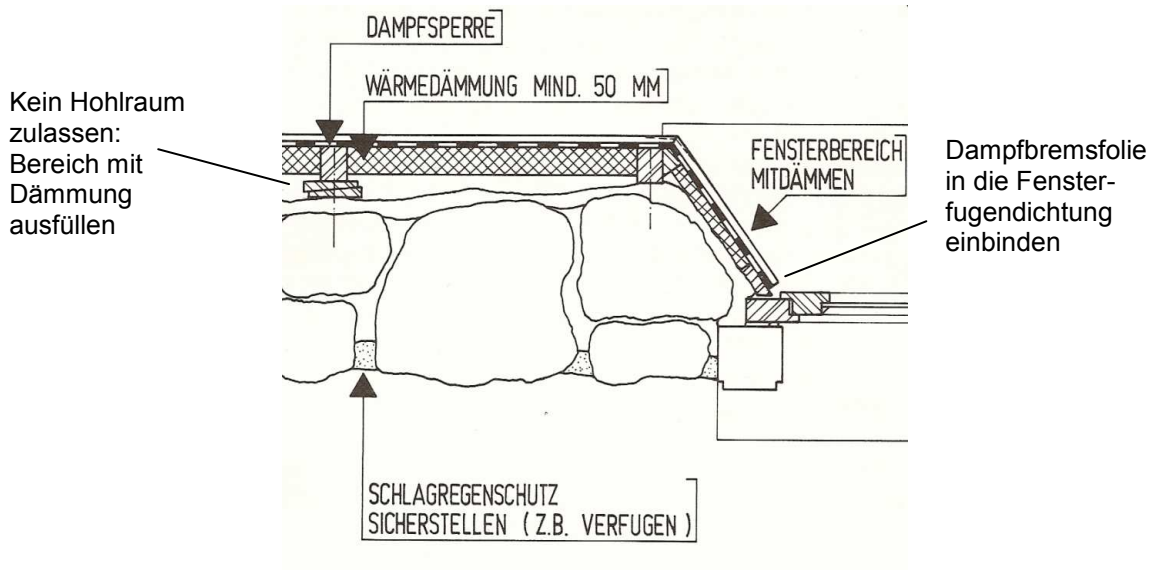



Abb. 4.53: Natursteinmauerwerk mit Innendämmung und Dämmung der Fensterlaibung [24]

## - Vorgefertigte Laibungsplatte:

Eine mögliche Anschlussausbildung im Tür- und Fensterlaibungsbereich lässt sich mit einem vorgefertigten Verbundelement, bestehend aus glasfaserarmierter Fertigputzschicht auf einer Polystyrolplatte und integriertem Putzanschlussprofil bewerkstelligen. Sie werden für konventionelle Putzsysteme, Dünnlagenputze oder Trockenbauanschlüsse verwendet.
Für die Herstellung eines luftdichten Anschlusses wird ein Einfassprofil mit Dichtlippen auf den Fensterrahmen angeklebt. Die Platte wird auf das nötige Maß zugeschnitten und in das Einfassprofil geschoben und auf der Laibungsfläche verklebt. Die Fugen im Eckbereich werden mit einer Dichtungsmasse abgespritzt.

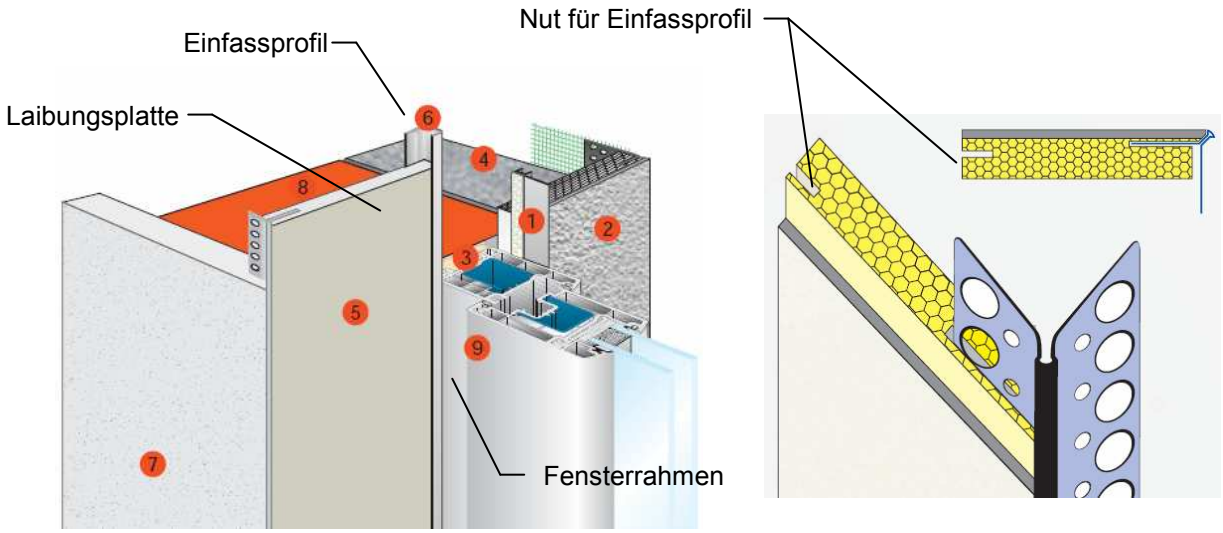



Abb. 4.54: Vorgefertigte Laibungsdämmplatte mit Dichtsystem [Gima-Spezial]

## - Sichtbetonwand mit Schaumglasdämmung:

Für die Mustersiedlung Hadersdorf in Wien sind die Wohnhausanlagen mit Sichtbeton ausgeführt. Eine Innendämmung aus Schaumglas mit dicken von 16 cm sollen für ausreichenden Wärmeschutz sorgen. Dafür werden sämtliche Bauteilbereiche mit Wärmebrückengefahr thermisch entkoppelt. Die Decken werden beispielsweise durchgehend mit Isokörben von der Außenwand getrennt (siehe nachstehende Abbildung 4.45). Die Isokörbe erfüllen die Funktion in wärmedämmender als auch in statischer Hinsicht.

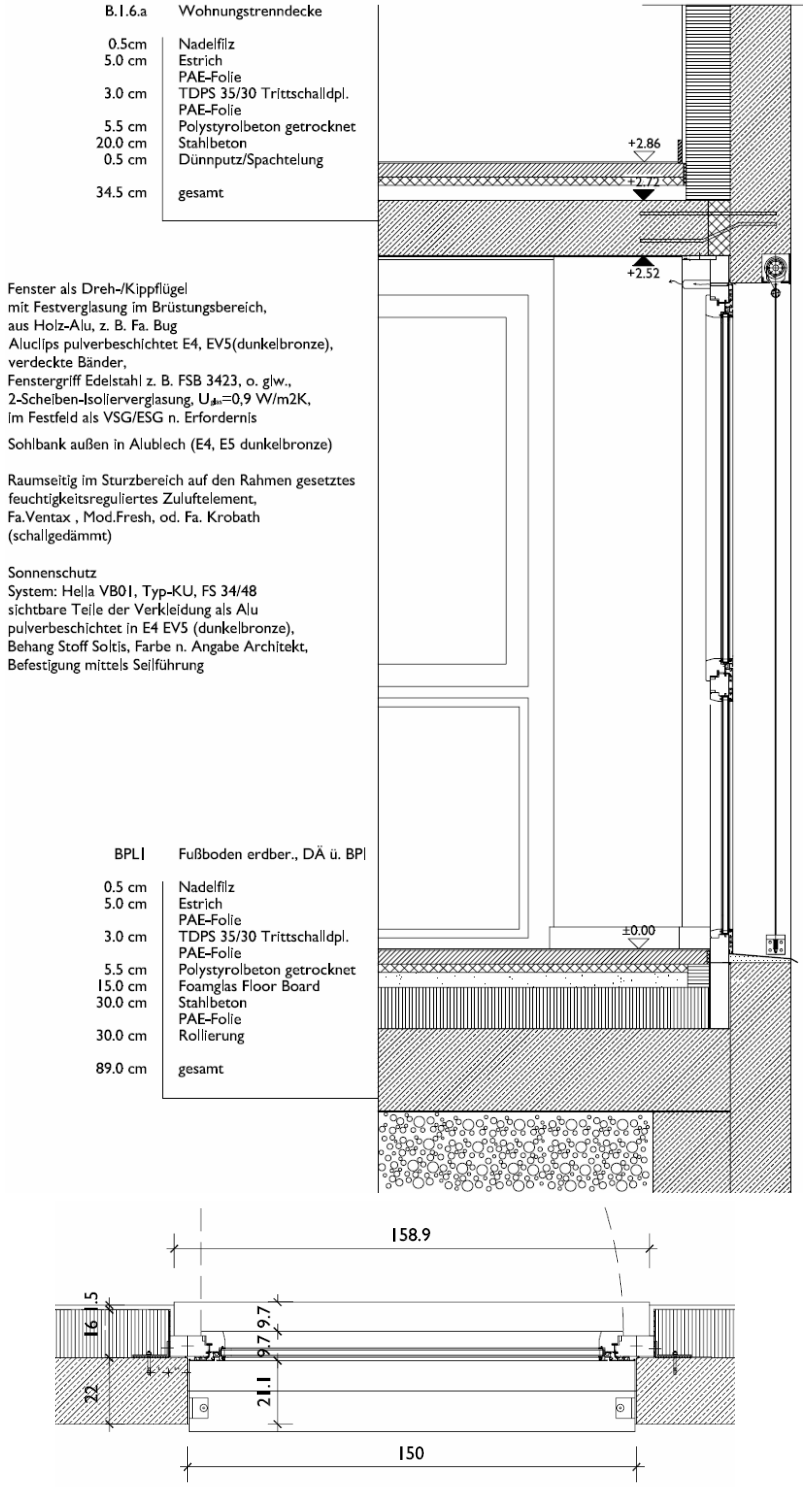



Abb. 4.55: Schnitt durch eine Außenwand mit Innendämmung aus Schaumglas [112]

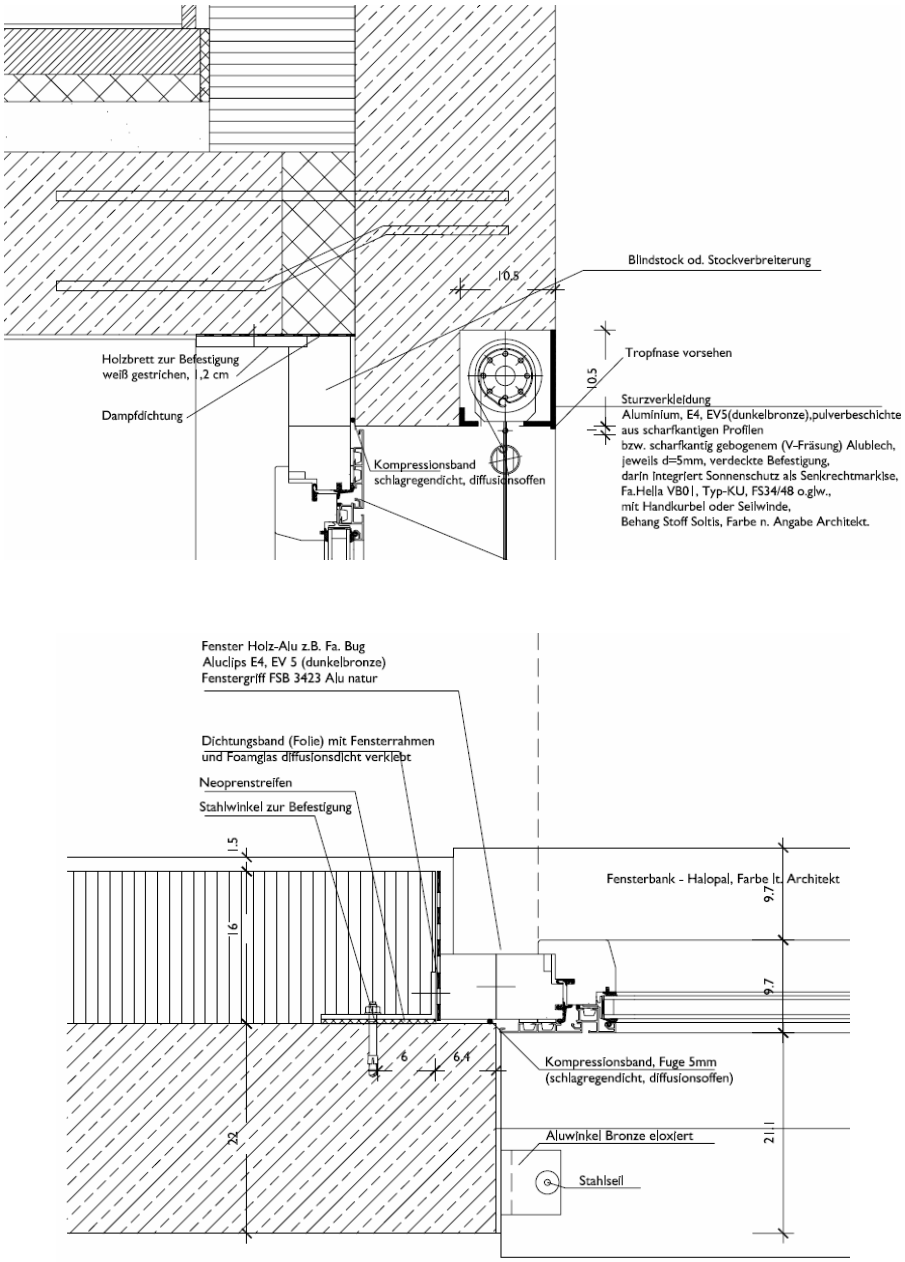



Abb. 4.56: Vertikal- und Horizontalschnitt durch eine Außenwand mit Fensterlage in der Innendämmebene [112]

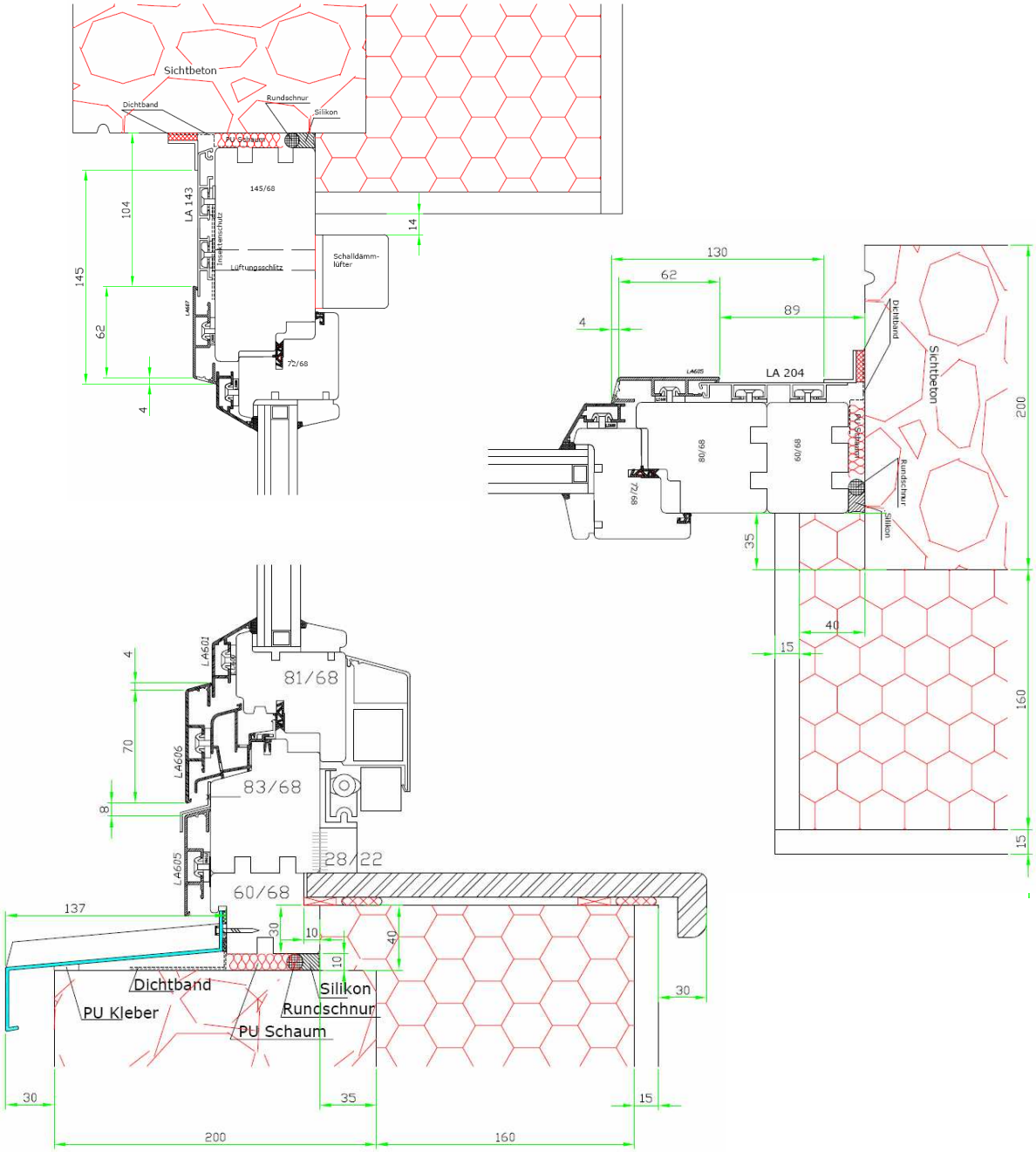



Abb. 4.57: Detailausbildung: Sichtbetonwand mit aufgesetztem Fensterrahmen und einbindender Innendämmung aus Schaumglas [112]

## 4.7 Heizkörpernischenbereich

Die Heizkörpernischen stellen mit den Fenstern zusammen eine große Wärmebrücke im geschwächten Wandquerschnitt dar. Die fixe Leitungsverlegung der Heizkörper sollte nicht dazu verleiten, aus Platzgründen in diesem Bereich, eine dünnere Dämmstoffdicke als erforderlich zu verwenden. Die Nischen können große Flächenanteile der Wand einnehmen. Eine nachträgliche Innendämmung macht erst Sinn, wenn zumindest die im ungestörten Wandbereich, eingesetzte Dämmstärke auch im Nischenbereich aufgebracht wird, da sonst dort hohe Wärmeverluste zu

erwarten sind. Es sollten deshalb keine Mühen gescheut werden, die Leitungen sowie den Heizkörper erforderlichenfalls in den Raum zu versetzen.

Für den Nischenraum gibt es bereits Fertigteile aus Verbundplatten mit Dämmkern aus Polystyrol-Hartschaum und beidseitiger Gipskartonbeplankung. Die Platten werden im gleichen Verfahren wie Verbundplatten angebracht. Nachstehende Abbildung 4.58 zeigt, dass auch die Laibungsflächen mitgedämmt werden müssen.

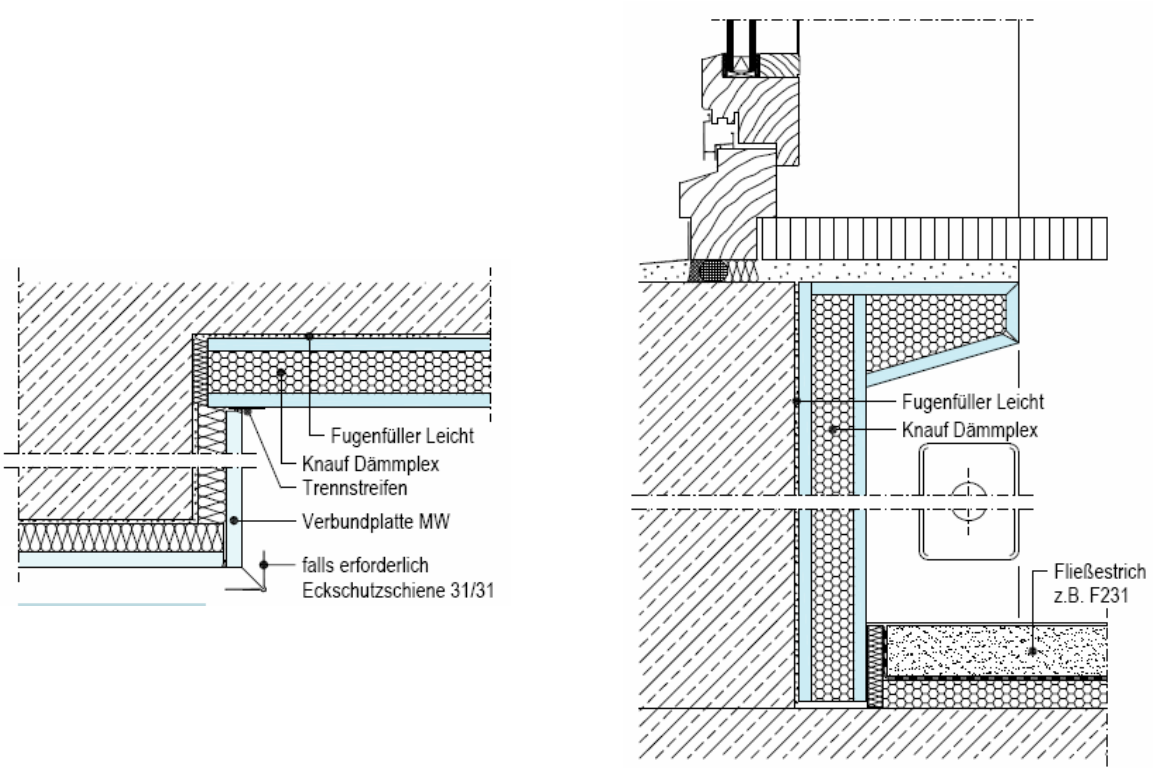



Abb. 4.58: Formteil: vorgefertigtes Verbundelement für die Heizkörpernische [Knauf]

# 5 Bewertung von Innendämmkonstruktionen

Aus den bisherigen Informationen geht hervor, dass eine große Auswahlmöglichkeit für Innendämmungen besteht, sowohl in konstruktiver als auch in stofflicher Hinsicht. Es lässt sich also nicht auf Anhieb beurteilen, welche Konstruktion und welcher Dämmstoff für ein bestehendes oder neu zu errichtendes Bauwerk am besten geeignet sind. Die Aufgabe des Planers wird es also sein, eine objektive Bewertung unter Berücksichtigung sämtlich einfließender Kriterien abgeben zu können, welche Innendämmvariante eine optimale und dauerhafte Lösung darstellt. Eine Konstruktion ist nur dann sinnvoll, wenn sie im Ganzen ihre Funktion erfüllt. Wichtig ist also ein abgestimmtes Gesamtsystem der Außenwand zu finden und es in ein schlüssiges Gebäudekonzept einzubinden. Es muss also ein Kompromiss zwischen ökonomischer, ökologischer Aspekte sowie dem qualitativen und funktionstüchtigen Konstruktionsaspekt gefunden werden.

## 5.1 Herangezogene Konstruktionsvarianten

Für die Bewertung der einzelnen Kriterien werden folgende Konstruktionsvarianten aus Kapitel 2 herangezogen:

- Verklebte/Verdübelte Platten:

  (1) EPS-Platten
  (2) XPS-Platten
  (3) Schaumglasplatten
  (4) CaSi-Platten
  (5) PUR-Platten
  (6) Holzfaser-Platten
  (7) Mineralwolle-Platten
  (8) Vakuumisolationspaneele
  (9) Kork
  (10) Wandheizplatten aus Calziumsilikat (10)

- Verbundplatten:

  (11) PS-Verbundplatten
  (12) PUR-Verbundplatten
  (13) MW-Verbundplatten

- Vorsatzschalen mit Dämmplatten aus:

  (14) Mineralwolle
  (15) Flachs
  (16) Holzfasern
  (17) Zellulose
  (18) Hanf
  (19) Kokos

  (20) Vorsatzschalen mit Wandheizung

- Vorsatzschalen mit Einblasdämmung aus:

  (21) Zellulose
  (22) Holzfasern

- Vorsatzschalen mit Schüttdämmung aus:

  (23) Wärmedämmlehm

- Vorsatzschale mit Sprühdämmung aus:

  (24) Zellulose
  (25) Wärmedämmputz

Die Nummerierung ist im Kapitel 2 zu den Konstruktionsvarianten gleichfalls angeführt und wird für die Bewertung verwendet.

Für bauphysikalische Eigenschaften der Dämmstoffe wird auf die Literatur [117] verwiesen.

In weiterer Folge werden mögliche Kriterien angeführt, die eine Bewertung zur Auswahl von Innendämmungen erleichtern sollen.

Nach der Bewertung wird eine Bewertungsmatrix mit den herangezogenen Konstruktionsvarianten sowie bewerteten Kriterien erstellt.

## 5.2 Randbedingungen

Im Rahmen einer energetischen Gebäudesanierung, wird eine Beurteilung aus Sicht der Wärmedämmwirkung der aufzubringenden Dämmstoffe nicht alleine ausreichend sein. Vor allem müssen vorhandene Randbedingungen beachtet werden. Der vorgefundene Zustand des Bauwerkes nimmt bereits wesentlichen Einfluss auf die Auswahl einer Innendämm-Konstruktion ein, da unterschiedliche Vorraussetzungen für die Funktionsfähigkeit diverser Konstruktionen geschaffen werden müssen. Zu den Randbedingungen zählen vor allem:

- vorhandene Feuchtigkeit im Bauteil
- vorhandene Tragkonstruktion und ihre Baustoffeigenschaften
- Art und Zustand des Untergrundes für die Applikation der Innendämmung
- mögliche Anschlussausbildung
- stoffliche Verträglichkeit der Konstruktion mit dem Untergrund
- u.ä.

### 5.2.1 Vorhandener Untergrund/Oberflächenbeschaffenheit

Im Kapitel 2 wurde bereits beschrieben, dass unterschiedliche Anforderungen an den Untergrund erfüllt werden müssen. Um einen Vergleich der einzelnen Konstruktionsvarianten zu ermöglichen wird nicht vom Ideal einer ebenen Fläche,

sondern einer stark strukturierten sowie mit großen Unebenheiten verbundenen Oberfläche ausgegangen.
Die Untergrundvorbehandlung richtet sich nach den Anforderungen an die Oberfläche. Eine Tragfähigkeit des Untergrundes aber wird vorausgesetzt. Somit wird zur Eignung folgende Einstufung vorgenommen.

Bewertungsskala:

| | |
|---|---|
| stark strukturierte Oberfläche (abgeschlagener Putz, offene Mauerwerks-fugen),<br>stark unebener Untergrund (schiefe Wände, Unebenheiten über 1 cm im Mittel über die ganze Geschoßhöhe) | +++ |
| stark strukturierte Oberfläche (abgeschlagener Putz, offene Mauerwerks-fugen),<br>kleinere Unebenheiten im Untergrund (Unebenheiten unter 1 cm im Mittel über die ganze Geschoßhöhe) | ++ |
| leicht strukturierte Oberfläche (lokale Fehlstellen und Ausbeulungen),<br>kleinere Unebenheiten im Untergrund (Unebenheiten unter 1 cm im Mittel über die ganze Geschoßhöhe) | + |
| ebene Oberfläche (keine lokal strukturierte Oberfläche),<br>kleinere Unebenheiten im Untergrund (Unebenheiten unter 1 cm im Mittel über die ganze Geschoßhöhe) | -/+ |
| ebene Oberfläche (keine lokal strukturierte Oberfläche),<br>keine Unebenheiten im Untergrund | - |

Für die Betrachtung wird von den maximalen Plattenabmessungen ausgegangen.

Bewertungsergebnis:

| Nr. | vorh. Untergrund/ Oberflächen-beschaffenheit | |
|---|---|---|
| 1 | - | -/+ |
| 2 | - | -/+ |
| 3 | - | |
| 4 | -/+ | + |
| 5 | -/+ | |
| 6 | +++ | |
| 7 | -/+ | + |
| 8 | -/+ | |
| 9 | -/+ | |
| 10 | -/+ | + |
| 11 | - | -/+ |
| 12 | - | -/+ |
| 13 | -/+ | + |
| 14 | ++ | +++ |
| 15 | ++ | +++ |
| 16 | ++ | +++ |
| 17 | ++ | +++ |
| 18 | ++ | +++ |
| 19 | ++ | +++ |
| 20 | ++ | +++ |
| 21 | ++ | +++ |
| 22 | ++ | +++ |
| 23 | ++ | +++ |
| 24 | ++ | +++ |
| 25 | +++ | |

Anmerkungen:

- Zu (1) und (2):

Im Kammbettverfahren muss für die vollflächige Verklebung eine ebene Fläche vorhanden sein. [-]
Im Punk-Wulst-Verfahren lassen sich kleinere Unebenheiten ausgleichen. Auf Grund steifer Plattenstruktur lassen sich die Platten auf strukturierte Oberflächen nicht angleichen. [-/+]

- Zu (3):

Die Platten müssen plan aufliegen und erlauben auf Grund ihrer Sprödigkeit keine Punktlasten.

- Zu (4):

Für die Verklebung im Kammbettverfahren ist eine ebene Oberfläche erforderlich. Kleinere Unebenheiten können auf Grund kleinerer Plattenabmessungen im Gegensatz zu den Platten (1) – (3) ausgeglichen werden. [-/+].
Sie erlauben im Punkt-Wulstverfahren eine bessere Anpassung auf lokale Unebenheiten. [+]

- Zu (5):

Die vollflächige Verklebung erfordert eine ebene Oberfläche. Mit den kleineren maximalen Plattenabmessungen können kleinere Unebenheiten ausgeglichen werden.

- Zu (6):

Durch das einschwemmen in einen Lehmunterputz können die Platten auf kleinere Unebenheiten angebracht werden. Eine stark strukturierte Oberfläche des Untergrundes lässt sich durch den Putz ausgleichen.

- Zu (7):

Es lassen sich auf Grund weicherer Stoffstruktur leicht strukturierte und kleinere Unebenheiten ausgleichen bei Verklebung mit Rand-Wulst Methode. [+]
Die kleineren maximalen Plattenabmessungen erlauben im Kammbettverfahren eine Verklebung auf leichte unebene Untergründe. [-/+]

- Zu (8):

Für die Verklebung im Kammbettverfahren ist eine ebene Oberfläche erforderlich. Kleinere Unebenheiten können auf Grund kleinerer Plattenabmessungen ausgeglichen werden.

- Zu (9):

Die vollflächige Verklebung erfordert eine ebene Oberfläche. Mit den kleineren maximalen Plattenabmessungen können kleinere Unebenheiten ausgeglichen werden.

- Zu (10):

Siehe (4)

- Zu (11):

Die steifen Platten erfordern im Dünnbettverfahren eine ebene Oberfläche. Unebenheiten können nicht ausgeglichen werden. [-]
Mit streifenförmigen Mörtelbatzen können kleinere Unebenheiten im Untergrund ausgeglichen werden. Auf Grund großer Plattenabmessungen können keine strukturierten Oberflächen ausgeglichen werden. [+/-]

- Zu (12):

Siehe (11)

- Zu (13):

Die weichere Struktur der Platten erlaubt einen Ausgleich auf leicht strukturierte und unebene Flächen. [+]

Im Dünnbettverfahren ist eine ebene Oberfläche erforderlich. [-/+]

- Zu (14) – (19):

Frei stehende Vorsatzschalen und punktweise befestigte Vorsatzschalen können unabhängig von der Oberflächenstruktur angebracht werden. Starke Unebenheiten können ausgeglichen werden [+++].
Bei linienförmig befestigten Vorsatzschalen mit Holzunterkonstruktion können stark strukturierte Oberflächen ausgeglichen werden. Sie eignen sich aber nur für kleinere Unebenheiten. Schiefe Wände könnten zu einem Problem werden. [++]
In allen Fällen passt sie die weiche Dämmung auf Unebenheiten im Untergrund an.

- Zu (20):

Siehe (14) bis (19)

- Zu (21) – (22):

Siehe (14) bis (19)
Die Faserdämmung kann sich an stark strukturierte Oberflächen gut anpassen.

- Zu (23):

Siehe (14) bis (19)
Die Schüttdämmung kann sich an stark strukturierte Oberflächen gut anpassen.

- Zu (24):

Siehe (14) bis (19)
Die Faserdämmung kann sich an stark strukturierte Oberflächen gut anpassen.

- Zu (25):

Für den Einsatz von Wärmedämmputz sind stark strukturierte Oberflächen sowie Unebenheiten unproblematisch und erfordern keine wesentliche Vorbehandlung.

### 5.2.2 Feuchter Einbauzustand

Für eine funktionstüchtige Konstruktion müssen Feuchteanreicherungen aus dem Boden durch aufsteigende Feuchtigkeit sowie von außen durch Schlagregenbeanspruchung vermieden werden. Diese Vorraussetzungen müssen durch geeignete konstruktive Maßnahmen erfüllt werden. Da sie nicht Gegenstand dieser Arbeit sind, wird darauf nicht näher eingegangen. Vielmehr stellt sich die Frage, ob eine feuchte Außenwand die Applikation einer Innendämmung zulässt. Vor allem in der Hinsicht, falls unerwartete länger anhaltende Feuchteanreicherungen

auch nach Maßnahmendurchgreifung entstehen, reagieren die Konstruktionen unterschiedlich darauf. Beispielsweise kann nach einer horizontalen Bauteilabdichtung Feuchtigkeit im Bauteil noch immer vorhanden sein, und eine Trocknung erforderlich werden.

Daher erfolgt die Bewertung auf die Feuchteempfindlichkeit der gesamten Innendämmkonstruktion. Betrachtet wird der Dämmstoff als auch die Unterkonstruktion und der Oberflächenabschluss als Unterkriterien.

Bewertungsskala:

| **Unterkriterien** | **+** | **-** |
|---|---|---|
| Feuchteempfindlichkeit | feuchteunempfindlich | kurzzeitig feuchteunempfindlich |

Bewertung:

| **Nr.** | **Dämmstoff** | | **Unterkonstruktion/ Kleberschicht** | | **Oberflächenabschluss** | | **Summe** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | EPS | + | Klebemörtel | + | Dünnputz | + | **3** |
| 2 | XPS | + | Klebemörtel | + | Dünnputz | + | **3** |
| 3 | Schaumglas | + | Kaltbitumenkleber | + | Dünnputz | + | **3** |
| 4 | CaSi | + | Klebemörtel | + | Verspachtelung | + | **3** |
| 5 | PUR | + | Klebemörtel | + | Dünnputz | + | **3** |
| 6 | Holzfaser | - | Lehmunterputz | - | Lehmoberputz | - | **0** |
| 7 | MW | - | Klebemörtel | + | Klebemörtel+Gipskarton | + | **2** |
| 8 | Kork | + | Klebemörtel | + | Spezialmörtel | + | **3** |
| 9 | VIP | + | Spezialleim | k.B. | Gipsvormauerung | - | **k.B.** |
| 10 | Wandheizplatte | - | Klebemörtel | + | Verspachtelung | + | **2** |
| 11 | PS | + | Klebemörtel | + | Gipskartonplatte | - | **2** |
| 12 | PUR | + | Klebemörtel | + | Gipskartonplatte | - | **2** |
| 13 | MW | - | Klebemörtel | + | Gipskartonplatte | - | **1** |
| 14 | MW | - | Holz-/Metallständer | -/+ | Gipskartonplatte | - | **0/1** |
| 15 | Flachs | - | Holz-/Metallständer | -/+ | Gipskartonplatte | - | **0/1** |
| 16 | Holzfaser | - | Holz-/Metallständer | -/+ | Gipskartonplatte | - | **0/1** |
| 17 | Zellulose | - | Holz-/Metallständer | -/+ | Gipskartonplatte | - | **0/1** |
| 18 | Hanf | + | Holz-/Metallständer | -/+ | Gipskartonplatte | - | **1/2** |
| 19 | Kokos | + | Holz-/Metallständer | -/+ | Gipskartonplatte | - | **1/2** |
| 20 | Wandheizplatte | + | Holz-/Metallständer | -/+ | Gipsfaserplatte | - | **1/2** |
| 21 | Zellulose | - | Holz-/Metallständer | -/+ | Gipskartonplatte | - | **0/1** |
| 22 | Holzfaser | - | Holz-/Metallständer | -/+ | Gipskartonplatte | - | **0/1** |
| 23 | Wärmedämmlehm | - | Holz-/Metallständer | -/+ | Lehmputz | - | **0/1** |
| 24 | Zellulose | - | Holz-/Metallständer | -/+ | Gipskartonplatte | - | **0/1** |
| 25 | Wärmedämmputz | + | keine | + | Dünnputz | + | **3** |

k.B. …keine Bewertung möglich

Bei dieser Bewertung können maximal 3 Punkte erreicht werden. Dabei wird folgende Punkteskala für die Umwertung erstellt:

3…….. gut geeignet [++]
2…… geeignet [+]
1…… weniger geeignet [-/+]
0……..... ungeeignet [-]

Bewertungsergebnis:

| Nr. | Feuchte-empfindlichkeit |
|---|---|
| 1 | ++ |
| 2 | ++ |
| 3 | ++ |
| 4 | ++ |
| 5 | ++ |
| 6 | - |
| 7 | ++ |
| 8 | ++ |
| 9 | k.B. |
| 10 | + |
| 11 | + |
| 12 | + |
| 13 | -/+ |
| 14 | - \| -/+ |
| 15 | - \| -/+ |
| 16 | - \| -/+ |
| 17 | - \| -/+ |
| 18 | -/+ \| + |
| 19 | -/+ \| + |
| 20 | -/+ \| + |
| 21 | - \| -/+ |
| 22 | - \| -/+ |
| 23 | - \| -/+ |
| 24 | - \| -/+ |
| 25 | ++ |

Anmerkungen:

- Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen reagieren (bis auf einige) unempfindlich auf kurzfristige Feuchteeinwirkungen. Sie können die Feuchtigkeit für kurze Zeit abpuffern, sollten sie jedoch wieder abgeben können. Damit diese Funktion überhaupt gegeben ist, werden den Dämmstoffen Zusatzmittel beigegeben.

- Bezüglich der Betrachtung der Unterkonstruktion für Vorsatzschalenkonstruktionen sind die Holzständer bei längerer Feuchteeinwirkung feuchteempfindlich. So kann auf Grund der hohen Quell- und Schwindmaße die ganze Unterkonstruktion als auch die Verkleidungsplatte Verformungen erleiden. Deshalb können Metallkonstruktionen eher einer stärkeren Feuchteeinwirkung Stand halten.

- Es werden unterschiedliche Kleber für die Verklebung von Dämmstoffplatten verwendet. Mineralische Klebemörtel auf Kalk- und Zementbasis sind eher als feuchteunempfindlich einzustufen im Gegensatz von Ansetzbinder aus Gips. Für die Bewertung wird ein Klebemörtel auf Zementbasis herangezogen.

- Lehmputze sind eher als feuchteempfindlich einzustufen [128]

- Zum Oberflächenabschluss: Gipskartonplatten haben grundsätzlich eine feuchteregulierende Funktion. Aufgenommene Feuchtigkeiten müssen wieder

abgeben werden können, da sich bei lang anhaltender Feuchteeinwirkung die Stoffstruktur der Platten verändert und dadurch unbrauchbar werden können.

- Um eine genauere Bewertung abgeben zu können, müssen hygrothermische Untersuchungen vorgenommen werden. Dynamsiche Simulations-berechnungen mit geeigneten Programmen können genauere Auskunft darüber geben.

### 5.2.3 Stoffliche Verträglichkeit

Es stellt sich die Frage, in wieweit der Wandbildner für eine Applikation der Innendämmung verträglich ist. Aus den bisherigen Informationen kann abgeleitet werden:

Für die Bewertung der stofflichen Verträglichkeit zwischen den Untergrund und der Konstruktion der Innendämmung werden folgende Kriterien herangezogen:

- sperrende Schichten die zu entfernen sind
- Verunreinigungen sowie gipshaltige oder ölhaltige Stoffe
- eine Untergrundverfestigung zur Schaffung eines stabilen Untergrundes
- sonstige Empfindlichkeit auf den Untergrund.

Bei der Auswahl einer optimalen Konstruktion, müssen unter anderem die Untergrundgegebenheiten auf mögliche Eignung untersucht werden.
Die Aufbringung von geklebten Dämmstoffplatten erfordert einen stabilen flächigen Untergrund. Zur Bewerkstelligung einer guten Haftung auf den Untergrund müssen lose Teile oder Anstriche sowie Verunreinigungen und ölhaltige Stoffe beseitigt werden. Wenn es um diffusionsoffene Konstruktionen geht, müssen sperrende Schichten entfernt werden. Bei Verwendung zementhaltiger Kleber sind auf Grund der Verträglichkeit gipshaltige Stoffe zu beseitigen.

Die Bewertung wird daher wie folgend vorgenommen.

<u>Bewertungsskala:</u>

| **Unterkriterien** | **-** | **+** |
|---|---|---|
| Untergrundverfestigung | erforderlich | nicht erforderlich |
| Verunreinigungen, ölhaltige Stoffe, gipshaltige Stoffe | Beseitigung erforderlich | Beseitigung nicht erforderlich |
| sperrende Schichten | Beseitigung erforderlich | Beseitigung nicht erforderlich |
| Sonstige mögliche Empfindlichkeit | bekannt | nicht bekannt |

Daraus ergibt sich für die Konstruktionsarten.

## Bewertung:

| Nr. | Untergrund-verfestigung | Verun-reinigungen, ölhaltige Stoffe, gips-haltige Stoffe | sperrende Schichten | sonstige Empfindlich-keit | Summe |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | - | - | + | - | **1** |
| 2 | - | - | + | - | **1** |
| 3 | - | - | + | - | **1** |
| 4 | - | - | - | + | **1** |
| 5 | - | - | + | + | **2** |
| 6 | - | - | - | + | **1** |
| 7 | - | - | - | + | **1** |
| 8 | - | - | - | + | **1** |
| 9 | - | - | + | - | **1** |
| 10 | - | - | - | + | **1** |
| 11 | - | - | + | + | **2** |
| 12 | - | - | + | + | **2** |
| 13 | - | - | - | + | **1** |
| 14 | + | + | - | + | **3** |
| 15 | + | + | - | + | **3** |
| 16 | + | + | - | + | **3** |
| 17 | + | + | - | + | **3** |
| 18 | + | + | - | + | **3** |
| 19 | + | + | - | + | **3** |
| 20 | + | + | - | + | **3** |
| 21 | + | + | - | + | **3** |
| 22 | + | + | - | + | **3** |
| 23 | + | + | - | + | **3** |
| 24 | + | - | - | + | **2** |
| 25 | - | - | - | + | **1** |

Bei dieser Bewertung können maximal 4 Punkte erreicht werden. Dabei wird folgende Punkteskala für die Umwertung erstellt:

4…….. bestens geeignet [+++]
3…….. gut geeignet [++]
2…… geeignet [+]
1…… weniger geeignet [-/+]

Bewertungsergebnis:

| Nr. | stoffliche Verträglichkeit |
|---|---|
| 1 | -/+ |
| 2 | -/+ |
| 3 | -/+ |
| 4 | -/+ |
| 5 | + |
| 6 | -/+ |
| 7 | -/+ |
| 8 | -/+ |
| 9 | -/+ |
| 10 | -/+ |
| 11 | + |
| 12 | + |
| 13 | -/+ |
| 14 | ++ |
| 15 | ++ |
| 16 | ++ |
| 17 | ++ |
| 18 | ++ |
| 19 | ++ |
| 20 | ++ |
| 21 | ++ |
| 22 | ++ |
| 23 | ++ |
| 24 | ++ |
| 25 | -/+ |

Anmerkungen:

- Bei Vorsatzschalen nimmt die Unterkonstruktionsart (Holz- oder Metallständer) keinen Einfluss auf die Bewertung.

- Für das Unterkriterium „Verunreinigungen, öl- oder gipshaltige Stoffe“ wird zumindest angenommen, dass eines davon auftritt

- Beim Unterkriterium „sonstige Empfindlichkeit gegen Untergrund“ sind folgende Erscheinungen gemeint:

  Zu (1) und (2):

  Vorhandensein von lösungsmittelhaltigen Stoffen

  Zu (3):

  Vorhandensein von Zement

  Zu (9):

  Hier wird die Verträglichkeit des verwendeten Hüllmaterials der Vakuumisolationspaneele mit den verwendeten Spezialklebern für die Verklebung auf den bestehenden Innenputz gemeint.

- Für die Einstufung des Bewertungsergebnisses der Unterkriterien wird bei der Umwertung die Stufe „ungeeignet“ nicht berücksichtigt, um falsche Interpretationen in der Bewertungsmatrix zu vermeiden.

### 5.2.4 Anschlussausbildung

Bei diesem Kriterium geht es vor allem darum zu beurteilen, im welchem Maß sich eine Konstruktion für die Anschlussausbildung im Fenster-, Decken, Seitenwand und Bodenbereich bei vorzufindendem Gebäudezustand eignet. Als Vergleichsobjekt wird ein Ziegelmauerwerk mit stark strukturierten, unebenen Putzuntergrund herangezogen. Die Geschoßdecken werden als Dippelbaumdecken mit Beschüttung und Blindboden, Fenster als Einfachfenster mit einem Blendrahmen angenommen. Dabei weist die Decke, der Boden sowie die Fensterleibungen (in der Fläche als auch in der Kante) im Anschlussbereich der Innendämmung Unregelmäßigkeiten im Untergrund auf.

In der Betrachtung besteht eine Parallelität zum Kriterium im Kapitel 6.2.1. Unregelmäßigkeiten im Untergrund wirken sich auch dementsprechend auf die Randabschlüsse aus. Hier wird die Aufwendigkeit zur möglichen Anschlussausbildung der einzelnen Konstruktionsarten auf die angeführten Anschlusspunkte betrachtet.

Dazu werden folgende Unterkriterien angesetzt:

<u>Bewertungsskala:</u>

| **Unterkriterien** | **++** | **+** | **-** |
|---|---|---|---|
| Innenwandanschluss | einfach | | schwierig/aufwendig |
| Deckenanschluss | einfach | | schwierig/aufwendig |
| Bodenanschluss | einfach | | schwierig/aufwendig |
| Fensteranschluss | einfach | | schwierig/aufwendig |
| Anschluss mit Dämmstreifen | einfach | | schwierig/aufwendig |
| Anschluss mit Dämmkeil | einfach | | schwierig/aufwendig |

## Bewertung:

| Nr. | Innen-wand-anschluss | Decken-anschluss | Boden-anschluss | Fenster-anschluss | Eck-anschluss | Anschluss mit Dämm-streifen | Anschluss mit Dämm-keil | Summe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ++ | ++ | ++ | ++ | + | + | + | **11** |
| 2 | ++ | ++ | ++ | ++ | + | + | + | **11** |
| 3 | ++ | ++ | ++ | - | - | - | - | **6** |
| 4 | ++ | ++ | ++ | ++ | + | + | + | **11** |
| 5 | ++ | ++ | ++ | ++ | + | + | + | **11** |
| 6 | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | - | - | **10** |
| 7 | + | + | ++ | ++ | ++ | ++ | - | **10** |
| 8 | ++ | ++ | ++ | ++ | + | + | - | **10** |
| 9 | + | + | + | + | + | - | - | **5** |
| 10 | ++ | ++ | ++ | - | + | - | - | **7** |
| 11 | ++ | ++ | ++ | ++ | + | + | + | **11** |
| 12 | ++ | ++ | ++ | ++ | + | + | + | **11** |
| 13 | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | **14** |
| 14 | + | + | + | + | ++ | ++ | - | **8** |
| 15 | + | + | + | + | ++ | ++ | - | **8** |
| 16 | + | + | + | + | ++ | ++ | - | **8** |
| 17 | + | + | + | + | ++ | ++ | - | **8** |
| 18 | + | + | + | + | ++ | ++ | - | **8** |
| 19 | + | + | + | + | ++ | ++ | - | **8** |
| 20 | + | + | + | - | ++ | - | - | **5** |
| 21 | + | + | + | - | ++ | + | - | **6** |
| 22 | + | + | + | - | ++ | + | - | **6** |
| 23 | + | + | + | - | ++ | - | - | **5** |
| 24 | + | + | + | - | ++ | ++ | ++ | **9** |
| 25 | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | - | ++ | **12** |

Bei dieser Bewertung können maximal 14 Punkte erreicht werden. Dabei wird folgende Punkteskala für die Umwertung erstellt:

13-14…… bestens geeignet [+++]
10-12…….. gut geeignet [++]
7-9…… geeignet [+]
4-6…… weniger geeignet [-/+]
0-3……..... ungeeignet [-]

Bewertungsergebnis:

| Nr. | Anschluss-ausbildung |
|---|---|
| 1 | ++ |
| 2 | ++ |
| 3 | -/+ |
| 4 | ++ |
| 5 | ++ |
| 6 | ++ |
| 7 | ++ |
| 8 | ++ |
| 9 | -/+ |
| 10 | + |
| 11 | ++ |
| 12 | ++ |
| 13 | +++ |
| 14 | + |
| 15 | + |
| 16 | + |
| 17 | + |
| 18 | + |
| 19 | + |
| 20 | -/+ |
| 21 | -/+ |
| 22 | -/+ |
| 23 | -/+ |
| 24 | + |
| 25 | ++ |

Anmerkungen:

- Für den Boden-, Wand und Deckenanschluss erfordern Vorsatzschalen einen ebenen Untergrund für die Montage der Randabschlussprofile sowohl in Holz- als auch in Metallständerbauweise. Oft sind vorhandene Holzunterböden uneben. Im Deckenbereich können vorhandene Hohlkehlenausbildungen zu einem Problem werden. Kleinere Unebenheiten lassen sich mit einem Trennwandkitt ausgleichen.

- Geklebte Plattenkonstruktionen können auf angrenzende Unebenheiten durch passenden Zuschnitt angeglichen werden. Vorhandene Fugen werden mit geeigneten Dämmstoffen ausgefüllt (Vermeidung von Schallbrücken und Scherspannungen).

- Ein Anschluss der Flankendämmung mit Dämmstreifen lässt sich bei Vorsatzschalenkonstruktionen auf unebene Untergründe gut herstellen. Dämmstreifen mit Platten erfordern wiederum ebene Plattenuntergründe.

- Die vollflächige Anbindung von steifen Platten verlangt einen ausreichend ebenen und unstrukturierten Untergrund. Wichtig dabei ist, dass in den Kantenbereichen eine gerade Kante gebildet werden kann. Bei unebenen und stark strukturierten Untergründen lässt sich dies mit kleineren sowie auch mit größeren Platten schwierig bewerkstelligen.

- Dämmkeile lassen sich sowohl bei Platten als auch mit Vorsatzschalen schwierig herstellen. Bei den Platten liegt die Begründung am unebenen

Untergrund, bei den Vorsatzschalen an der aufwendigen Unterkonstruktion sowie der Übergangsverbindung an der verjüngenden Stelle zur vorhandenen Innenwand oder Decke.

- Mit Verspachtelung oder Dünnputzauftrag und Verwendung von Kantenschutzschienen oder Putzprofilen können Unebenheiten bei Dämmplatten in der Dämmoberfläche ausgeglichen werden. Diese Betrachtung wird aber hier ausgenommen, da sich bei der Bewertung dieses Kriteriums mehr um die Eignung zur Befestigung auf den vorhandenen Untergrund geht, die eine sorgfältigen Anschluss herbeiführen, ohne besondere zusätzliche Aufwendungen durchführen zu müssen.

- Für den Fensteranschluss eignen sich verklebte Platten im Laibungsbereich eher als aufwendige Vorsatzschalenkonstruktionen. Vor allem, wenn es um die bündige Ausrichtung der Konstruktion mit dem Fensterrahmen geht, haben Klebeverbindungen einen Vorteil, da Profile für Vorsatzschalen-konstruktionen auf unebenen Untergründen ebenfalls ausgerichtet werden müssen.

- Bei Vakuumdämmplatten wird eine Einlage mit EPS- oder Korkstreifen im Randbereich für die Bewertung berücksichtigt.

## 5.3 Kriterien für die Konstruktion

Jede Konstruktion hat Vor- und Nachteile. Würde man nur die einzelnen Konstruktionen untereinander betrachten, ohne Berücksichtigung der Randbedingungen z.B., so unterscheiden sie sich sowohl in der Verarbeitung und Ausführung, als auch in der Benützbarkeit. Mögliche Kriterien, die nur die Konstruktion betreffen und unabhängig vom Aufstellungsort sind, können folgende sein:

- Herstellungsaufwand bezüglich benötigter Ausführungsschritte
- Komplexität
- Fehleranfälligkeit in der Herstellung
- Verarbeitung der Konstruktion und der Dämmstoffe
- systematische Vorfertigung und abgestimmte Systemkomponenten
- u.ä.

Für die Bewertung der Kriterien werden für die Konstruktionsvarianten folgende Verfahrenschritte festgelegt:

Zu (1):

- Untergrundvorbehandlung und Ausgleich des Untergrundes
- Auftrag des Klebers auf die Platten
- Verklebung der Platten
- Eventuell Verdübelung der Platten
- Einspachtelung des Armierungsgewebes
- Auftrag des Dünnputzes

Zu (2):

- Untergrundvorbehandlung und Ausgleich des Untergrundes
- Auftrag des Klebers auf die Platten
- Verklebung der Platten
- Eventuell Verdübelung der Platten
- Auftrag einer Haftbrücke
- Auftrag des Grundputzes
- Einbettung des Armierungsgewebes im Grundputz
- Auftrag des Oberputzes

Zu (3):

- Untergrundvorbehandlung und Ausgleich des Untergrundes
- Auftrag des Voranstriches
- Auftrag des Kaltbitumenklebers auf die Platten
- Verklebung der Platten
- Verdübelung der Platten
- Auftrag des Grundputzes
- Einbettung des Armierungsgewebes im Grundputz
- Auftrag des Oberputzes

Zu (4)

- Untergrundvorbehandlung und Ausgleich des Untergrundes
- Grundierung des Untergrundes
- Auftrag des Klebers auf die Platten
- Verklebung der Platten
- Verdübelung der Platten
- Verspachtelung der Platten mit Gewebeeinlage

Zu (5)

- Untergrundvorbehandlung und Ausgleich des Untergrundes
- Auftrag einer Haftbrücke auf die Platten
- Auftrag des Klebers auf die Platten
- Verklebung der Platten
- Verdübelung der Platten
- Verklebung der Stoßfugen mit Aluklebeband
- Auftrag einer Haftbrücke
- Verspachtelung der Platten mit Gewebeeinlage
- Auftrag des Putzes

Zu (6):

- Lehmunterputz auftragen
- Holzfaserplatten einbetten
- Auftrag des Grundputzes mit Gewebeeinlage
- Auftrag des Oberputzes

Zu (7):

- Untergrundvorbehandlung und Ausgleich des Untergrundes
- Auftrag des Haftvermittlers auf die Platte
- Auftrag des Klebers auf die Platten
- Verklebung der Platten
- Verdübelung der Platten
- Verspachtelung des Platte
- Aufrauhen der Plattenoberfläche
- Verklebung der Gipskartonplatte

Zu (8)

Zur Bewertung bestehen keine genauen Angaben über die Arbeitsschritte.

Zu (9)

- Untergrundvorbehandlung und Ausgleich des Untergrundes
- Auftrag des Klebers auf die Platten
- Verklebung der Platten
- Verklebung der Stoßfugen mit Aluband
- Vormauerung mit Vollgipsplatten
- Auftrag des Putzes

Zu (10)

- Siehe (4) mit zusätzlichen Arbeitsschritt: Anschluss der Platte an den Stromkreis

Zu (11):

- Untergrundvorbehandlung und Ausgleich des Untergrundes
- Auftrag des Klebers auf die Platten
- Verklebung der Platten
- Verdübelung der Platten
- eventuell Ausspritzen mit Dichtungsmasse bei Verwendung von Dampfbremsfolien
- Verspachtelung der Platten mit Bewehrungsstreifen

Zu (12):

- Untergrundvorbehandlung und Ausgleich des Untergrundes
- Auftrag des Klebers auf die Platten
- Verklebung der Platten
- Verdübelung der Platten
- Verspachtelung der Platten mit Bewehrungsstreifen

Zu (13):

- Untergrundvorbehandlung und Ausgleich des Untergrundes
- Auftrag des Haftvermittlers auf die Platte
- Auftrag des Klebers auf die Platten

- Verklebung der Platten
- Verdübelung der Platten
- eventuell Ausspritzen mit Dichtungsmasse bei Verwendung von Dampfbremsfolien
- Verspachtelung der Platten mit Bewehrungsstreifen

Zu (14) – (19):

- Ausgleich des Untergrundes im Bereich der Befestigung der Unterkonstruktion
- Ausrichtung und Befestigung der Boden- und Deckenprofile
- Ausrichtung und Befestigung der Ständerprofile
- Einklemmen der Dämmung zwischen den Ständerprofilen
- Befestigung der Dampfbremsfolie
- Verklebung der Überlappungsbereiche
- Befestigung der Gipskartonplatten
- Verspachtelung der Gipskartonplatten

Zu (20):

- Ausgleich des Untergrundes im Bereich der Befestigung der Unterkonstruktion
- Ausrichtung und Befestigung der Boden- und Deckenprofile
- Ausrichtung und Befestigung der Ständerprofile
- Einklemmen der Dämmung zwischen den Ständerprofilen
- Einbau der Gipsfaserplatten mit integrierten Heizrohren
- Verspachtelung der Gipsfaserplatten

Zu (21) – (22):

- Ausgleich des Untergrundes im Bereich der Befestigung der Unterkonstruktion
- Ausrichtung und Befestigung der Boden- und Deckenprofile
- Ausrichtung und Befestigung der Ständerprofile
- Befestigung der Dampfbremsfolie
- Verklebung der Überlappungsbereiche
- Aufstellung der Einblasmaschine
- Einblasen der Dämmung
- Befestigung der Gipskartonplatten
- Verspachtelung der Gipskartonplatten

Zu (23):

- Ausgleich des Untergrundes im Bereich der Befestigung der Unterkonstruktion
- Ausrichtung und Befestigung der Boden- und Deckenprofile
- Ausrichtung und Befestigung der Ständerprofile
- Befestigung der Sparschalung
- Einschütten und Verdichten des Dämmstoffes
- Auftragen des Putzes

Zu (24):

- Ausgleich des Untergrundes im Bereich der Befestigung der Unterkonstruktion
- Ausrichtung und Befestigung der Boden- und Deckenprofile
- Ausrichtung und Befestigung der Ständerprofile

- Aufstellung der Sprühmaschine
- Aufsprühen des Dämmstoffes
- Abziehen des Dämmstoffes
- Befestigung der Dampfbremsfolie
- Verklebung der Überlappungsbereiche
- Befestigung der Gipskartonplatten
- Verspachtelung der Gipskartonplatten

Zu (25):

- Auftrag des Unterputzes
- Aufrauhen des Unterputzes
- Eventuell Auftrag einer zusätzlichen Lage des Unterputzes
- Auftrag des Oberputzes

### 5.3.1 Herstellungsaufwand

Der Herstellungsaufwand bezieht sich auf die Art der einzelnen Verfahrensschritte, die oben für die Konstruktionsvarianten angeführt sind. Obwohl sie unterschiedliche Leistungszeiträume in Anspruch nehmen, wird auf diese, auf Grund fehlender Zeitstudien, nicht näher eingegangen.

Dabei wird die Herstellung in drei Haupteile gegliedert, die als Unterkriterien betrachtet werden. Der Aufwand wird folgendermaßen bewertet:

Bewertungsskala:

| **Unterkriterien** | **++** | **+** | **-** |
|---|---|---|---|
| Untergrundvorbehandlung | wenig | mittelmäßig | viel |
| Hauptteil | wenig | mittelmäßig | viel |
| Oberflächenabschluss | wenig | mittelmäßig | viel |

## Bewertung:

| Nr. | Untergrund-vorbehandlung | Hauptteil | Oberflächen-abschluss | **Summe** |
|---|---|---|---|---|
| 1 | - | + | + | **2** |
| 2 | - | + | - | **1** |
| 3 | - | - | - | **0** |
| 4 | - | + | ++ | **3** |
| 5 | - | + | - | **1** |
| 6 | ++ | ++ | - | **4** |
| 7 | + | - | + | **2** |
| 8 | k.B. | k.B. | k.B. | **k.B.** |
| 9 | - | - | - | **0** |
| 10 | - | + | ++ | **3** |
| 11 | - | + | + | **2** |
| 12 | - | + | + | **2** |
| 13 | - | - | + | **1** |
| 14 | + | + | + | **3** |
| 15 | + | + | + | **3** |
| 16 | + | + | + | **3** |
| 17 | + | + | + | **3** |
| 18 | + | + | + | **3** |
| 19 | + | + | + | **3** |
| 20 | + | - | + | **2** |
| 21 | + | - | + | **2** |
| 22 | + | - | + | **2** |
| 23 | ++ | + | + | **4** |
| 24 | + | - | + | **2** |
| 25 | ++ | ++ | - | **4** |

k.B. …keine Bewertung möglich

Laut dieser Aufstellung werden maximal 4 Punkte vergeben. Es wird folgende Punkteskala für die Umwertung erstellt:

4…..... bestens geeignet [+++]
3…… gut geeignet [++]
2…… geeignet [+]
1…….. weniger geeignet [-/+]
0…… ungeeignet [-]

Bewertungsergebnis:

| Nr. | Herstellungs-aufwand |
|---|---|
| 1 | + |
| 2 | -/+ |
| 3 | - |
| 4 | ++ |
| 5 | -/+ |
| 6 | +++ |
| 7 | + |
| 8 | k.B. |
| 9 | - |
| 10 | ++ |
| 11 | + |
| 12 | + |
| 13 | -/+ |
| 14 | ++ |
| 15 | ++ |
| 16 | ++ |
| 17 | ++ |
| 18 | ++ |
| 19 | ++ |
| 20 | + |
| 21 | + |
| 22 | + |
| 23 | +++ |
| 24 | + |
| 25 | +++ |

k.B. …keine Bewertung möglich

Anmerkungen:

- Die raumseitige Beplankung bei Vorsatzschalen sowie bei Verbundplatten wird als Oberflächenabschluss gewertet, um ein Vergleich mit den anderen Konstruktionsvarianten vornehmen zu können.

### 5.3.2 Komplexität/Schwierigkeit

Die Komplexität wird durch die Anzahl der benötigten Verfahrensschritte beurteilt.

Die Anzahl der Schritte sowie das Bewertungsergebnis wird in folgender Tabelle dargestellt:

Bewertungsergebnis:

| Nr. | Anzahl der Herstellungs-schritte | Bewertung |
|---|---|---|
| 1 | 6 | + |
| 2 | 8 | -/+ |
| 3 | 8 | -/+ |
| 4 | 6 | + |
| 5 | 9 | -/+ |
| 6 | 4 | ++ |
| 7 | 8 | -/+ |
| 8 | - | k.B. |
| 9 | 6 | + |
| 10 | 7 | + |
| 11 | 6 | + |
| 12 | 5 | ++ |
| 13 | 7 | + |
| 14 | 8 | -/+ |
| 15 | 8 | -/+ |
| 16 | 8 | -/+ |
| 17 | 8 | -/+ |
| 18 | 8 | -/+ |
| 19 | 8 | -/+ |
| 20 | 6 | + |
| 21 | 9 | -/+ |
| 22 | 9 | -/+ |
| 23 | 6 | + |
| 24 | 10 | - |
| 25 | 4 | ++ |

k.B. …keine Bewertung möglich

Laut dieser Aufstellung werden maximal 10 Arbeitsschritte benötigt. Es wird folgende Punkteskala für die Umwertung erstellt:

≤ 3……..... bestens geeignet [+++]
4-5…… gut geeignet [++]
6-7…… geeignet [+]
8-9…….. weniger geeignet [-/+]
≥10…… ungeeignet [-]

Anmerkungen:

- Die fachliche Kompetenz der Ausführung wird nicht berücksichtigt.

### 5.3.3 Verarbeitung

Für die Bewertung der Verarbeitung werden folgende Unterkriterien herangezogen:

- Aufwand im Zuschnitt
- Bildung von Staub und sonstiger Emissionen während der Verarbeitung

## Bewertungsskala:

| **Unterkriterien** | **+** | **-** |
|---|---|---|
| Zuschnitt | einfach | schwierig |
| Staubbildung | nicht vorhanden | vorhanden |
| Handhabung | einfach | schwierig |
| Maschineneinsatz | nicht notwendig | notwendig |

## Bewertung:

| Nr. | Zuschnitt | Staubbildung | Handhabung | Maschinen-einsatz | Summe |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | + | - | + | + | 3 |
| 2 | + | - | + | + | 3 |
| 3 | + | - | + | + | 3 |
| 4 | + | - | + | + | 3 |
| 5 | + | + | + | + | 4 |
| 6 | + | - | + | + | 3 |
| 7 | + | - | - | + | 2 |
| 8 | + | + | + | - | 3 |
| 9 | - | + | - | + | 2 |
| 10 | + | - | + | + | 3 |
| 11 | + | - | - | + | 2 |
| 12 | - | + | + | - | 2 |
| 13 | + | + | - | + | 3 |
| 14 | + | - | - | + | 2 |
| 15 | + | + | + | + | 4 |
| 16 | + | - | + | + | 3 |
| 17 | + | - | + | + | 3 |
| 18 | + | - | + | + | 3 |
| 19 | + | + | + | + | 4 |
| 20 | + | - | - | - | 1 |
| 21 | + | - | - | - | 1 |
| 22 | + | - | - | - | 1 |
| 23 | + | - | + | + | 3 |
| 24 | + | - | - | + | 2 |
| 25 | + | + | + | + | 4 |

Laut dieser Aufstellung werden maximal 4 Punkte vergeben. Es wird folgende Punkteskala für die Umwertung erstellt:

4…..... bestens geeignet [+++]
3…… gut geeignet [++]
2…… geeignet [+]
1…….. weniger geeignet [-/+]
0…… ungeeignet [-]

Bewertungsergebnis:

| Nr. | Verarbeitung |
|---|---|
| 1 | ++ |
| 2 | ++ |
| 3 | ++ |
| 4 | ++ |
| 5 | +++ |
| 6 | ++ |
| 7 | + |
| 8 | ++ |
| 9 | + |
| 10 | ++ |
| 11 | + |
| 12 | + |
| 13 | ++ |
| 14 | + |
| 15 | +++ |
| 16 | ++ |
| 17 | ++ |
| 18 | ++ |
| 19 | +++ |
| 20 | -/+ |
| 21 | -/+ |
| 22 | -/+ |
| 23 | ++ |
| 24 | + |
| 25 | +++ |

Anmerkungen:

- Für die Wandheizplatte wird die gleiche Bewertung wie für CaSi-Platten vorgenommen

- PUR-Verbundplatten sind großformatige Platten und erschweren somit die Handhanbung. Durch die Verwendung von Platten mit Nut und Federn, wird die Bewertung für die Handhabung aufgewertet.

- Für den Zuschnitt der MW-Verbundplatten existieren keine Angaben. Nach der stofflichen Zusammensetzung aus Mineralwolledämmstoff und Gipskarton-platte, lässt sich daraus schließen, dass ein Maschineneinsatz nicht unbedingt notwendig ist.

- Für die Konstruktionsvarianten (21)-(25) ist kein Zuschnitt notwendig und wird mit (+) bewertet.

### 5.3.4 Vorfertigung

Für die Bewertung der Vorfertigung werden folgende Unterkriterien festgelegt:

- Plattengröße
- Vorgefertigte Elemente (Verbundelemente, Dämmkeil, Dämmstreifen, o.ä.)

## Bewertungsskala:

| Unterkriterien | + | - |
|---|---|---|
| Liefergröße | ≥1,50 m2 | <1,50 m2 |
| Vorgefertigte Elemente | vorhanden | nicht vorhanden |

## Bewertung:

| Nr. | Liefergröße | Vorgefertigte Elemente | Summe |
|---|---|---|---|
| 1 | + | + | 2 |
| 2 | + | - | 1 |
| 3 | - | - | 0 |
| 4 | + | + | 2 |
| 5 | - | + | 1 |
| 6 | - | + | 1 |
| 7 | - | - | 0 |
| 8 | - | - | 0 |
| 9 | - | - | 0 |
| 10 | + | + | 2 |
| 11 | + | + | 2 |
| 12 | + | + | 2 |
| 13 | + | + | 2 |
| 14 | + | - | 1 |
| 15 | - | - | 0 |
| 16 | + | - | 1 |
| 17 | - | - | 0 |
| 18 | + | - | 1 |
| 19 | + | - | 1 |
| 20 | + | - | 1 |
| 21 | k.B. | k.B. | k.B. |
| 22 | k.B. | k.B. | k.B. |
| 23 | k.B. | k.B. | k.B. |
| 24 | k.B. | k.B. | k.B. |
| 25 | k.B. | k.B. | k.B. |

k.B. …keine Bewertung möglich

Laut dieser Aufstellung werden maximal 2 Punkte vergeben. Es wird folgende Punkteskala für die Umwertung erstellt:

2…… gut geeignet [++]
1…… geeignet [+]
0…….. weniger geeignet [-/+]

Bewertungsergebnis:

| Nr. | Vorfertigung |
|---|---|
| 1 | ++ |
| 2 | + |
| 3 | -/+ |
| 4 | ++ |
| 5 | + |
| 6 | + |
| 7 | -/+ |
| 8 | -/+ |
| 9 | -/+ |
| 10 | ++ |
| 11 | ++ |
| 12 | ++ |
| 13 | ++ |
| 14 | + |
| 15 | -/+ |
| 16 | + |
| 17 | -/+ |
| 18 | + |
| 19 | + |
| 20 | + |
| 21 | k.B. |
| 22 | k.B. |
| 23 | k.B. |
| 24 | k.B. |
| 25 | k.B. |

k.B. …keine Bewertung möglich

Anmerkungen:

- Für die Konstruktionsvariante (20) wird die Liefergröße >1,50 m2 zur Bewertung herangezogen, wenn ein Dämmstoff aus den Varianten (14) – (19) dieses Kriterium erfüllt

- Für die Konstruktionsvarianten (21) bis (25) lässt sich in dem Sinne die Vorfertigung nicht bewerten.

### 5.3.5 Benützbarkeit

Für die Benützbarkeit werden folgende Unterkriterien herangezogen:

Bewertungsskala:

| Unterkriterien | + | - |
|---|---|---|
| Empfindlichkeit auf Schlagdruck | Druckfestigkeit >0,5N/mm² | Druckfestigkeit ≤0,5N/mm² |
| Möglichkeit zur Aufhängung | vorhanden | nicht vorhanden |

Bewertung:

| Nr. | Schlag-druck-empfindlich-keit | Möglichkeit zur Auf-hängung | Summe |
|---|---|---|---|
| 1 | - | - | 0 |
| 2 | + | - | 1 |
| 3 | - | - | 0 |
| 4 | + | + | 2 |
| 5 | - | - | 0 |
| 6 | - | - | 0 |
| 7 | + | + | 2 |
| 8 | k.B. | k.B. | k.B. |
| 9 | + | + | 2 |
| 10 | + | - | 1 |
| 11 | + | + | 2 |
| 12 | + | + | 2 |
| 13 | + | + | 2 |
| 14 | + | + | 2 |
| 15 | + | + | 2 |
| 16 | + | + | 2 |
| 17 | + | + | 2 |
| 18 | + | + | 2 |
| 19 | + | + | 2 |
| 20 | + | + | 2 |
| 21 | + | + | 2 |
| 22 | + | + | 2 |
| 23 | + | + | 2 |
| 24 | + | + | 2 |
| 25 | - | - | 0 |

k.B. …keine Bewertung möglich

Laut dieser Aufstellung werden maximal 2 Punkte vergeben. Es wird folgende Punkteskala für die Umwertung erstellt:

2…… gut geeignet [+]
1…… geeignet [-/+]
0…….. ungeeignet [-]

Bewertungsergebnis:

| Nr. | Benützbarkeit |
|---|---|
| 1 | - |
| 2 | -/+ |
| 3 | - |
| 4 | + |
| 5 | - |
| 6 | - |
| 7 | -/+ |
| 8 | k.B. |
| 9 | + |
| 10 | -/+ |
| 11 | + |
| 12 | + |
| 13 | + |
| 14 | + |
| 15 | + |
| 16 | + |
| 17 | + |
| 18 | + |
| 19 | + |
| 20 | + |
| 21 | + |
| 22 | + |
| 23 | + |
| 24 | + |
| 25 | - |

k.B. …keine Bewertung möglich

Anmerkungen:

- Die verwendeten Druckfestigkeiten der Dämmstoffe: siehe [117].

  Sonstige verwendete Druckfestigkeiten:
  Wärmedämmputz: 0,50 N/mm²
  Lehmputz: 0,35 N/mm²
  Gipskartonplatte: 3,50 N/mm²

- Bei dem Kriterium für die „Möglichkeit zur Wandaufhängung“ ist gemeint, Gegenstände ohne aufwendige Konstruktionen über die massive Wand, anbringen zu können (Wärmebrückenvermeidung!).

## 5.4 Bauphysikalische Kriterien

Für eine funktionierende Innendämmung müssen in Frage kommende Konstruktionen aus der Sicht der Bauphysik bewertet werden. Die bauphysikalischen Kriterien stellen ein Bindeglied zwischen vorhandenen Randbedingungen und der zur Auswahl stehenden Konstruktionen dar, da sie von beiden beeinflusst werden. Dazu zählen unter anderem:

- aus Sicht des Wärmeschutzes:
  - erforderliche Systemdicke

- aus Sicht des Feuchteschutzes:
    - die kapillare Wirkung des Dämmstoffes
    - die Diffusionsfähigkeit der Gesamtkonstruktion
    - Trocknungspotential nach innen
    - Vermeidung von Luftkonvektion/ Sicherung der Luftdichtheit

- Brandschutz
- Schallschutz
- u.ä.

Jede Konstruktion unterscheidet sich sowohl in wärmeschutz-, feuchteschutz- und brandschutztechnischer Hinsicht. Eine Bewertung wird erst durch die Kopplung der Innendämm-Konstruktion mit dem vorhandenen Wandbildner möglich.

### 5.4.1 Erforderliche Systemdicke

Bei diesem Kriterium werden die Konstruktionsvarianten betreffend Wärmeschutz verglichen. Für eine mögliche Bewertung wird ein beidseitig verputztes Vollziegelmauerwerk mit 38 cm Dicke herangezogen. Bei Verwendung einer Wärmedämmung mit einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda$=0,04 W/(m.K) und einer Dicke von 5,0 cm kann ein U-Wert von U=0,50 W/(m².K) erzielt werden. Somit erweist sich eine Konstruktion mit dieser Dämmstärke als „gut geeignet“.
Neben dem Dämmstoff muss noch der konstruktionsbedingte Oberflächenabschluss mit seiner Stoffdicke mitberücksichtigt werden, um auf die erforderliche Systemdicke zu kommen.

Unter der Einhaltung eines U-Wertes von U=0,50 W/(m².K) ergeben sich folgende Systemdicken, wenn aus obiger Betrachtung ein Widerstand von $R=d/\lambda=0{,}05/0{,}04=1{,}25$ W/(m².K) gefordert wird.

| Nr. | Dämmstoff | λ [W(m.K)] | erforderliche Dämmstärke [cm] | Oberflächenabschluss | vorh. Schicht-stärke [cm] | erf. System-dicke |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | EPS | 0,04 | 5,0 (+0,5) | Dünnputz | 0,5 | **6,0** |
| 2 | XPS | 0,035 | 4,4 (+0,5) | Dünnputz | 0,5 | **6,4** |
| 3 | Schaumglas | 0,04 | 5,0 (+0,5) | Dünnputz | 0,5 | **6,0** |
| 4 | CaSi | 0,05 | 6,3 (+0,5) | Verspachtelung | 0,3 | **7,1** |
| 5 | PUR | 0,03 | 3,8 (+0,5) | Dünnputz | 0,5 | **4,8** |
| 6 | Holzfaser | 0,04 | 5,0 (+1,0) | Lehmoberputz | 1,5 | **7,5** |
| 7 | MW | 0,04 | 5,0 (+0,5) | Klebemörtel+Gipskarton | 0,5+1,3 | **7,3** |
| 8 | Kork | 0,04 | 5,0 (k.B.) | Spezialmörtel | k.B. | **k.B.** |
| 9 | VIP | 0,006 | 0,8 (+0,5) | Gipsvormauerung | 4,0+0,3 | **5,6** |
| 10 | Wandheizplatte | 0,05 | 6,3 (+0,5) | Verspachtelung | 0,3 | **7,1** |
| 11 | PS | 0,04 | 5,0 (+0,5) | Gipskartonplatte | 1,3 | **6,3** |
| 12 | PUR | 0,03 | 3,8 (+0,5) | Gipskartonplatte | 1,3 | **5,6** |
| 13 | MW | 0,04 | 5,0 (+0,5) | Gipskartonplatte | 1,3 | **6,3** |
| 14 | MW | 0,04 | 5,0 | Gipskartonplatte | 1,3 | **6,3** |
| 15 | Flachs | 0,04 | 5,0 | Gipskartonplatte | 1,3 | **6,3** |
| 16 | Holzfaser | 0,04 | 5,0 | Gipskartonplatte | 1,3 | **6,3** |
| 17 | Zellulose | 0,04 | 5,0 | Gipskartonplatte | 1,3 | **6,3** |
| 18 | Hanf | 0,04 | 5,0 | Gipskartonplatte | 1,3 | **6,3** |
| 19 | Kokos | 0,045 | 5,6 | Gipskartonplatte | 1,3 | **6,9** |
| 20 | Wandheizplatte | 0,04 | 5,0 | Gipsfaserplatte | 1,3 | **6,3** |
| 21 | Zellulose | 0,04 | 5,0 | Gipskartonplatte | 1,3 | **6,3** |
| 22 | Holzfaser | 0,04 | 5,0 | Gipskartonplatte | 1,3 | **6,3** |
| 23 | Wärmedämmlehm | 0,08 | 10,0 | Schalung+Lehmputz | 1,0+1,5 | **12,5** |
| 24 | Zellulose | 0,04 | 5,0 | Gipskartonplatte | 1,3 | **6,3** |
| 25 | Wärmedämmputz | 0,07 | 8,8 | Dünnputz | 0,5 | **9,3** |

k.B. …keine Bewertung möglich

Aus dieser Bewertung ergibt sich folgende Einstufung, wenn eine 5,0 cm dicke verklebte Dämmplatte mit eine Klebschichtdicke von d=0,5 cm und einer Dünnputzdicke von d=0,5 cm als „gut geeignet“ angesehen wird. Ihre Gesamtdicke beträgt dabei 6,0 cm.

< 5 …… bestens geeignet [+++]
5-6 …… gut geeignet [++]
> 6-7……. geeignet [+]
> 7-8……. weniger geeignet [-/+]
> 8 …… ungeeignet [-]

Bewertungsergebnis:

| Nr. | erforderliche Systemdiche |
|---|---|
| 1 | + |
| 2 | ++ |
| 3 | + |
| 4 | -/+ |
| 5 | +++ |
| 6 | -/+ |
| 7 | -/+ |
| 8 | k.B. |
| 9 | ++ |
| 10 | -/+ |
| 11 | + |
| 12 | ++ |
| 13 | + |
| 14 | + |
| 15 | + |
| 16 | + |
| 17 | + |
| 18 | + |
| 19 | + |
| 20 | + |
| 21 | + |
| 22 | + |
| 23 | - |
| 24 | + |
| 25 | - |

k.B. …keine Bewertung möglich

Anmerkungen:

- Für das verputze Vollziegelmauerwerk (λ=0,70 W/(m.K)) wird ein Außenputz (λ=0,70 W/(m.K)) mit einer Dicke von d=3,5 cm und ein Innenputz (λ=0,70 W/(m.K)) mit einer Dicke von d=1,5 cm angenommen, um auf den U-Wert von U=0,50 W/(m².K) zu kommen.

- Die Wärmeübergangswiderstände werden innen mit $R_i$=0,13 m².K/W und außen mit $R_a$=0,04 m².K/W angenommen.

- Der Einfluss der Ständerkonstruktion auf den U-Wert wird hier vernachlässigt.

- Die Werte in Klammern stellen eine Annahme für die benötigte Schichtstärke der Kleberschicht zwischen Wandbildner und Dämmplatte dar.

- Erforderliche Dampfbremsfolien haben keine Auswirkung auf die erforderliche Systemdicke

- Zu (7):

  Für die Klebeschicht zwischen Dämmstoff und GK-Platte wird eine Dicke von d=0,5 cm angenommen.

- Zu (9):

  Die Gipsvormauerung wird mit einer Verspachtelung von d=0,3 cm angenommen

- Zu (20):

  Es wird von der Verwendung eines Dämmstoffes aus (13) – (19) mit günstigster Wärmeleitfähigkeit ausgegangen → λ=0,04 W/(m.K)

- Zu (23):
  Für den Lehmputz wird eine Dicke von 1,5 cm angenommen.

### 5.4.2 Feuchteschutz - Kapillare Aktivität

Die kapillare Aktivität einer Innendämmung kann lokale Feuchtebelastungen entspannen, die durch Kapillarkräfte an die angrenzenden Bauteilschichten weitergeleitet werden.

Konstruktionen die diesen Vorteil ausnützen werden wie folgt bewertet:

Bewertungsskala:

| | **+++** | **+** | **-** |
|---|---|---|---|
| kapillare Aktivität | hoch | gering | nicht vorhanden |

Bewertungsergebnis:

| **Nr.** | **kapillare Aktivität** |
|---|---|
| 1 | - |
| 2 | - |
| 3 | - |
| 4 | +++ |
| 5 | - |
| 6 | + |
| 7 | - |
| 8 | + |
| 9 | - |
| 10 | + |
| 11 | - |
| 12 | - |
| 13 | - |
| 14 | - |
| 15 | - |
| 16 | + |
| 17 | + |
| 18 | - |
| 19 | - |
| 20 | + |
| 21 | + |
| 22 | + |
| 23 | + |
| 24 | + |
| 25 | + |

Die kapillare Aktivität wird wie folgt eingestuft:

| | | |
|---|---|---|
| hoch ….. ……. | [+++] | bestens geeignet |
| gering…….. | [+] | gut geeignet |
| nicht vorhanden… | [-] | ungeeignet |

### 5.4.3 Feuchteschutz - Diffusion

Die Konstruktionsvarianten werden bei diesem Kriterium nach ihrer Diffusionsoffenheit bewertet.

Folgende äquivalente Luftschichtdicken $s_{d,i}$ werden für die Konstruktion der Innendämmung ermittelt:

| Nr. | Dämmstoff | μ [-] | $s_{d,Dämmstoff}$ [m] | Oberflächenabschluss | μ [-] | $s_{d,End-beschichtung}$ | $s_{d,i}$ [m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | EPS | 50 | 2,5 (+0,1) | Dünnputz | 15 | 0,08 | **2,68** |
| 2 | XPS | 80 | 3,52 (+0,1) | Dünnputz | 15 | 0,08 | **3,70** |
| 3 | Schaumglas | ∞ | ∞ (+0,1) | Dünnputz | 15 | 0,08 | ∞ |
| 4 | CaSi | 5 | 0,32 (+0,1) | Verspachtelung | 30 | 0,09 | **0,51** |
| 5 | PUR | 30 | 1,14 (+0,1) | Alufolie/Dünnputz | ∞/15 | ∞/0,08 | ∞ |
| 6 | Holzfaser | 5 | 0,25 (+0,09) | Grundputz/Lehmoberputz | 80/9 | 0,8/0,05 | **1,19** |
| 7 | MW | 2 | 0,10 (+0,1) | Klebemörtel/Gipskarton (+DB) | 15/8 | 0,08/0,10 (+2,7) | **3,08** |
| 8 | Kork | 5 | 0,25 (k.B.) | Spezialmörtel | k.B. | k.B. | **k.B.** |
| 9 | VIP | ∞ | ∞ (+0,1) | Gipsvormauerung/ Verspachtelung | 8/30 | 0,32/0,9 | ∞ |
| 10 | Wandheizplatte | 5 | 0,32 (+0,1) | Verspachtelung | 30 | 0,09 | **0,51** |
| 11 | PS | - | (+0,1) | Gipskartonplatte (+DB) | - | - | **1,20** |
| 12 | PUR | 30 | 1,14 (+0,1) | Alufolie/Gipskartonplatte | ∞/8 | ∞/0,1 | ∞ |
| 13 | MW | 2 | 0,10 (+0,1) | Gipskartonplatte (+DB) | 8 | 0,1 (+2,7) | **3,00** |
| 14 | MW | 2 | 0,10 | Gipskartonplatte (+DB) | 8 | 0,1 (+5,0) | **5,20** |
| 15 | Flachs | 2 | 0,10 | Gipskartonplatte (+DB) | 8 | 0,1 (+5,0) | **5,20** |
| 16 | Holzfaser | 5 | 0,25 | Gipskartonplatte (+DB) | 8 | 0,1 (+5,0) | **5,35** |
| 17 | Zellulose | 1 | 0,05 | Gipskartonplatte (+DB) | 8 | 0,1 (+5,0) | **5,15** |
| 18 | Hanf | 2 | 0,10 | Gipskartonplatte (+DB) | 8 | 0,1 (+5,0) | **5,20** |
| 19 | Kokos | 2 | 0,11 | Gipskartonplatte (+DB) | 8 | 0,1 (+5,0) | **5,21** |
| 20 | Wandheizplatte | 1 | 0,05 | Gipsfaserplatte (+DB) | 11 | 0,14 (+5,0) | **5,19** |
| 21 | Zellulose | 1 | 0,05 | Gipskartonplatte (+DB) | 8 | 0,1 (+5,0) | **5,15** |
| 22 | Holzfaser | 5 | 0,25 | Gipskartonplatte (+DB) | 8 | 0,1 (+5,0) | **5,35** |
| 23 | Wärmedämmlehm | 9 | 0,90 | Schalung+Lehmputz | 50/9 | 0,5/0,14 | **1,54** |
| 24 | Zellulose | 1 | 0,05 | Gipskartonplatte (+DB) | 8 | 0,1 (+5,0) | **5,15** |
| 25 | Wärmedämmputz | 5 | 0,44 | Dünnputz | 15 | 0,75 | **1,19** |

k.B. …keine Bewertung möglich
DB …Dampfbremsfolie

Die Einstufung erfolgt folgendermaßen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| - diffusionsoffen: | $s_d \leq 0{,}5$ m | [++] | gut geeignet |
| - diffusionshemmend: | $0{,}5 < s_d \leq 2$ m | [+] | geeignet |
| | $2 \leq s_d < 1500$ m | [-/+] | weniger geeignet |
| - diffusionsdicht: | $s_d \geq 1500$ m | [-] | ungeeignet |

Bewertungsergebnis:

| Nr. | Diffusion |
|---|---|
| 1 | -/+ |
| 2 | -/+ |
| 3 | - |
| 4 | + |
| 5 | - |
| 6 | + |
| 7 | -/+ |
| 8 | k.B. |
| 9 | - |
| 10 | + |
| 11 | + |
| 12 | - |
| 13 | -/+ |
| 14 | -/+ |
| 15 | -/+ |
| 16 | -/+ |
| 17 | -/+ |
| 18 | -/+ |
| 19 | -/+ |
| 20 | -/+ |
| 21 | -/+ |
| 22 | -/+ |
| 23 | + |
| 24 | -/+ |
| 25 | + |

k.B. …keine Bewertung möglich

Anmerkungen:

- Es werden folgende Dampfdiffusionswiderstandwerte μ bzw. äquivalente Luftschichtdicken $s_d$ verwendet:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Klebemörtel | μ= | 20 [-] | |
| Putz | μ= | 30 [-] | |
| Kaltbitumenkleber | μ= | 40.000 [-] | |
| Verspachtelung | μ= | 30 [-] | |
| Grundputz | μ= | 80 [-] | |
| Lehmputz | μ= | 9 [-] | |
| Wärmedämmlehm | μ= | 9 [-] | |
| Gipskartonplatte | μ= | 8 [-] | |
| Gipsfaserplatte | μ= | 11 [-] | |
| Holzschalung | μ= | 50 [-] | |
| Alu-Folie | μ= | ∞ [-] | |
| Aufkaschierte PE-Folie auf GK-Platte für (7) und (13) | μ= | 2,7 [-] | |
| Verbundplatte PS | $s_d$= | 1,1 m | (für Dämmstoffdicke d=5,0 cm) |
| Feuchteadaptive Dampfbremse | $s_d$= | 0,2/5,0 m | (DB) |

Verwendete Literatur: [127, Isover Vario KB, Righitherm PS, Foamglas Kaltbitumenkleber PC56, Diffutherm Multigrund]

- Für die äquivalenten Luftschichtdicken $s_{d,Dämmstoff}$ sowie $s_{d,Endbeschichtung}$ wird mit den Schichtdicken aus Kapitel 5.4.1 gerechnet. Die Werte in Klammern in der Spalte $s_{d,Dämmstoff}$ entsprechen der äquivalenten Luftschichtdicke $s_d$ für die Klebeschicht und in der Spalte $s_{d,Endbeschichtung}$ der äquivalenten Luftschichtdicke $s_d$ für feuchteadaptive Dampfbremsen.

### 5.4.4 Luftkonvektion/Luftdichtheit

Eine große Herausforderung stellt die Vermeidung von Luftkonvektionen in der Dämmkonstruktion sowie die Sicherung der Luftdichtheit vor der Innendämmung (raumseitig) dar. Es gibt Konstruktionen die sich gut oder kaum dafür eignen, vor allem, wenn vom optimalen Ausgangszustand, einer ebenen, glatten Oberfläche abgegangen wird (siehe Kapitel 5.2.1).

Bewertungsskala:

| | ++ | + | - |
|---|---|---|---|
| Vermeidung von Konvektion zwischen Dämmung und Wandbildner | einfach | | schwierig |
| Sicherung der Luftdichtheit | einfach | | schwierig |

Bewertung:

| Nr. | Dämmstoff | Vermeidung von Luft-konvektion | Sicherung der Luftdichheit | Summe |
|---|---|---|---|---|
| 1 | EPS | - \| + | ++ | 2 \| 3 |
| 2 | XPS | - \| + | ++ | 2 \| 3 |
| 3 | Schaumglas | + | ++ | 3 |
| 4 | CaSi | - \| + | ++ | 2 \| 3 |
| 5 | PUR | + | ++ | 3 |
| 6 | Holzfaser | - \| + | ++ | 2 \| 3 |
| 7 | MW | - \| + | + | 2 \| 3 |
| 8 | Kork | + | ++ | 3 |
| 9 | VIP | + | ++ | 3 |
| 10 | Wandheizplatte | - \| + | ++ | 2 \| 3 |
| 11 | PS | - \| + | + | 1 \| 2 |
| 12 | PUR | - \| + | + | 1 \| 2 |
| 13 | MW | - \| + | + | 1 \| 2 |
| 14 | MW | - | - \| + | 0 \| 1 |
| 15 | Flachs | - | - \| + | 0 \| 1 |
| 16 | Holzfaser | - | - \| + | 0 \| 1 |
| 17 | Zellulose | - | - \| + | 0 \| 1 |
| 18 | Hanf | - | - \| + | 0 \| 1 |
| 19 | Kokos | - | - \| + | 0 \| 1 |
| 20 | Wandheizplatte | - | - \| + | 0 \| 1 |
| 21 | Zellulose | ++ | - \| + | 2 \| 3 |
| 22 | Holzfaser | ++ | - \| + | 2 \| 3 |
| 23 | Wärmedämmlehm | ++ | ++ | 4 |
| 24 | Zellulose | ++ | - \| + | 2 \| 3 |
| 25 | Wärmedämmputz | ++ | ++ | 4 |

Laut dieser Aufstellung werden maximal 4 Punkte vergeben. Es wird folgende Punkteskala für die Umwertung erstellt:

4…..... bestens geeignet [+++]
3…… gut geeignet [++]
2…… geeignet [+]
1…….. weniger geeignet [-/+]

Bewertungsergebnis:

| Nr. | Luftkonvektion/ Luftdichtheit |
|---|---|
| 1 | + \| ++ |
| 2 | + \| ++ |
| 3 | ++ |
| 4 | + \| ++ |
| 5 | ++ |
| 6 | + \| ++ |
| 7 | + \| ++ |
| 8 | ++ |
| 9 | ++ |
| 10 | + \| ++ |
| 11 | -/+ \| + |
| 12 | -/+ \| + |
| 13 | -/+ \| + |
| 14 | - \| -/+ |
| 15 | - \| -/+ |
| 16 | - \| -/+ |
| 17 | - \| -/+ |
| 18 | - \| -/+ |
| 19 | - \| -/+ |
| 20 | - \| -/+ |
| 21 | + \| ++ |
| 22 | + \| ++ |
| 23 | +++ |
| 24 | + \| ++ |
| 25 | +++ |

Anmerkungen:

- Zu (1) – (5) u. (8):

Eine vollflächige Anbindung an den Untergrund ist von großem Vorteil. Die Verlegung im Kammbettverfahren wirkt sich günstig auf die Vermeidung von Luftkonvektion und daraus resultierender Feuchteeinträge zwischen Dämmung und Wandbildner aus. [+]
Für die Verlegung im Kammbettverfahren ist eine Untergrundvorbehandlung zur Schaffung einer ebenen Oberfläche Voraussetzung. Bei der Verwendung der Punkt-Wulst-Methode können jedoch leichte Unebenheiten ausgeglichen werden. Ein unsorgfältiger Auftrag des Klebers kann zur Hohlraumbildung zwischen den Platten und des Wandbildners bei der Verklebung führen. Vor allem, wenn der umlaufende Streifenwulst auf den Platten keinen vollen Kontakt zwischen Dämmung und Wandbildner an besonders unebenen Stellen gewährleistet, können somit entstehende undichte Bereiche problematisch werden (Besondere Vorsicht ist bei unverfugten Mörtelfugen geboten!). Wenn der umlaufende Streifenwulst zu weit vom Plattenrand

aufgetragen wird, so können linienförmige Fehlstellen im Stoßfugenbereich entstehen. [-]
Durch Verputzen oder Verspachteln der Dämmplatten lässt sich eine ausreichend luftdichte Ebene erstellen.

- Zu (6):

Durch das Einschwemmen der Dämmplatten in den Lehmunterputz wird die Möglichkeit zur Entstehung von Luftkonvektionen zwischen Dämmung und Wandbildner unterbunden.
Zur Sicherstellung der Luftdichtheit siehe (1).

- Zu (7):

Zur Vermeidung von Luftkonvektion siehe (1)
Da die Dampfbremse auf den Gipskartonplatten aufkaschiert ist, muss die luftdichte Ebene durch Verspachtelung im Stoßfugenbereich erstellt werden. Sonst ist die Luftdichtheit in der Ebene durch die Gipskartonplatte gegeben.

- Zu (9):

Für die vollflächige Verklebung der Platten ist ein ebener Untergrund erforderlich. Luftkonvektionen werden dadurch vermieden.
Die Luftdichtheit wird durch Verspachtelung der Vollgipswand erstellt.

- Zu (10):

Siehe (4)

- Zu (11) – (13):

Zur Vermeidung von Luftkonvektion siehe (1).
Die Luftdichtheit wird durch Verspachtelung der Stoßfugen mit Bewehrungsstreifeneinlage erreicht. Sonst ist die Luftdichtheit in der Ebene durch die Gipskartonplatte gegeben.

- Zu (14) – (20):

Der Bereich zwischen den Ständern der Unterkonstruktion ist mit Dämmung voll auszufüllen. Die weichen Faserdämmstoffe können sich gut an die Untergrundgegebenheiten anpassen. Es ist dabei aufzupassen, die Platten nicht zu sehr zusammenzudrücken, da eine Kompression der Faserdämmstoffe zur Erhöhung der Wärmeleitzahl führt. Außerdem müssen die Ständerabstände auf die Dämmstoffbreite abgestimmt sein. Zwischen den Ständerprofilen und dem Wandbildner müssen ebenfalls Hohlräume mit gleichem Dämmstoff ausgefüllt werden. Unverfugte Mörtelfugen können zu einem Problem werden, da sie sich die konvektive Luft von der Decke bis zum Boden durchschlängeln kann. [-]
Auch die Luftdichtheit lässt sich schwierig bewerkstelligen, wenn sie mit Dampfbremsfolien erreicht werden soll. Hier ist besonders bei der Verklebung der Folien höchste Sorgfalt geboten. [-]

Durch Verwendung von doppelter Beplankung und Anbringung der Dampfbremsfolie zwischen den Beplankungsplatten wird die Erstellung der luftdichten Ebene erleichtert. [+]
Obwohl der Oberflächenabschluss mit der Gipskartonplatte eine zusätzliche Sicherung der Luftdichtheit darstellt, wird sie nicht mitbewertet, da sie die Anforderungen an die Luftdichtheit in diesem Fall nicht erfüllen muss.

- Zu (21) – (22):

Durch die hervorragende Anpassung der eingeblasenen Fasern an den Untergrund wird die Möglichkeit zur Bildung von konvektiven Strömungen weitgehend unterbunden.
Zur Luftdichtheit siehe (14).

- Zu (23):

Durch die hervorragende Anpassung der eingeschütteten und verdichteten Dämmung an den Untergrund wird die Möglichkeit zur Bildung von konvektiven Strömungen weitgehend unterbunden.
Die Luftdichtheit wird durch den Verputz bewerkstelligt.

- Zu (24):

Durch die hervorragende Anpassung der aufgespritzten Dämmung an den Untergrund wird die Möglichkeit zur Bildung von konvektiven Strömungen weitgehend unterbunden.
Zur Luftdichtheit siehe (14).

- Zu (25):

Durch Verputzen der Wandoberfläche ist die Bildung von konvektiven Strömungen nicht möglich. Zudem wird damit auch die Luftdichtheit gesichert.

### 5.4.5 Schallschutz

Wie bereits in Kapitel 4.1 beschrieben, sind steife Dämmstoffe für den Schallschutz nicht geeignet. Durch die Reduktion der benötigten Fläche zu Befestigung der Unterkonstruktion von Vorsatzschalen sowie bei der Verklebung von Dämmplatten auf den Untergrund können Verbesserungen in der Schalldämmung erzielt werden.

Folgende Unterkriterien werden für die Bewertung herangezogen:

- dynamische Steifigkeit s’ der Dämmstoffe
- benötigte Befestigungsfläche für die Konstruktion auf den Wanduntergrund.

Die Bewertung erfolgt folgenderweise:

Bewertungsskala:

| | +++ | ++ | + | - |
|---|---|---|---|---|
| dynamische Steifigkeit | | gering | mittelmäßig | hoch |
| Befestigungsfläche | nicht erforderlich | punktweise | linienförmig | flächig |

Bewertung:

| Nr. | Dämmstoff | s' [MN/m³] | Bewertung von s' | Befestigungs-fläche | Summe |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | EPS | 150/20 | - \| + | - \| + | 0 \| 2 |
| 2 | XPS | 150 | - | - \| + | 0 \| 1 |
| 3 | Schaumglas | k.B. | - | - | 0 |
| 4 | CaSi | k.B. | - | - \| + | 0 \| 1 |
| 5 | PUR | k.B. | - | - | 0 |
| 6 | Holzfaser | k.B. | ++ | - | 2 |
| 7 | MW | 4 | ++ | - | 2 |
| 8 | Kork | 8 | ++ | - | 2 |
| 9 | VIP | k.B. | - | - | 0 |
| 10 | Wandheizplatte | k.B. | - | - | 0 |
| 11 | PS | 150/20 | - \| + | + \| ++ | 1 \| 3 |
| 12 | PUR | k.B. | - | + | 1 |
| 13 | MW | 20 | ++ | + | 3 |
| 14 | MW | 20 | ++ | + \| ++ \| +++ | 3 \| 4 \| 5 |
| 15 | Flachs | k.B. | ++ | + \| ++ \| +++ | 3 \| 4 \| 5 |
| 16 | Holzfaser | 6 | ++ | + \| ++ \| +++ | 3 \| 4 \| 5 |
| 17 | Zellulose | 5 | ++ | + \| ++ \| +++ | 3 \| 4 \| 5 |
| 18 | Hanf | 25 | ++ | + \| ++ \| +++ | 3 \| 4 \| 5 |
| 19 | Kokos | 16 | ++ | + \| ++ \| +++ | 3 \| 4 \| 5 |
| 20 | Wandheizplatte | 6 | ++ | + \| ++ \| +++ | 3 \| 4 \| 5 |
| 21 | Zellulose | k.B. | ++ | + \| ++ \| +++ | 3 \| 4 \| 5 |
| 22 | Holzfaser | k.B. | ++ | + \| ++ \| +++ | 3 \| 4 \| 5 |
| 23 | Wärmedämmlehm | k.B. | - | - | 0 |
| 24 | Zellulose | k.B. | ++ | + \| ++ \| +++ | 3 \| 4 \| 5 |
| 25 | Wärmedämmputz | 45.454 | - | - | 0 |

k.B. …keine Bewertung möglich
s' …dynamische Steifigkeit [MN/m³]

Laut dieser Aufstellung werden maximal 5 Punkte vergeben. Es wird folgende Punkteskala für die Umwertung erstellt:

5……..... bestens geeignet [+++]
4…… gut geeignet [++]
3…… geeignet [+]
2…….. weniger geeignet [-/+]
0-1…….. ungeeignet [-]

Bewertungsergebnis:

| Nr. | Schallschutz |
|---|---|
| 1 | - \| -/+ |
| 2 | - \| - |
| 3 | - |
| 4 | - \| - |
| 5 | - |
| 6 | -/+ |
| 7 | -/+ |
| 8 | -/+ |
| 9 | - |
| 10 | - |
| 11 | -/+ \| + |
| 12 | - |
| 13 | + |
| 14 | + \| ++ \| +++ |
| 15 | + \| ++ \| +++ |
| 16 | + \| ++ \| +++ |
| 17 | + \| ++ \| +++ |
| 18 | + \| ++ \| +++ |
| 19 | + \| ++ \| +++ |
| 20 | + \| ++ \| +++ |
| 21 | + \| ++ \| +++ |
| 22 | + \| ++ \| +++ |
| 23 | - |
| 24 | + \| ++ \| +++ |
| 25 | - |

Anmerkungen:

- Literaturangabe für s':
  [108, Homatherm Flex CI, Homatherm Holzflex, Eurohanf, weber.dur 130, Isover RP-X]

- Für viele Konstruktionsvarianten kann auf Grund fehlender Informationen die dynamische Steifigkeit nicht angegeben werden. Trotzdem unterscheiden sich steife Platten deutlich von weichen fasrigen Dämmstoffplatten in der dynamischen Steifigkeit und können somit qualitativ bewertet werden.

- Die Befestigung von Dämmplatten mit Dübeln bleibt bei dieser Bewertung unberücksichtigt.

- Mit der Punkt-Wulst-Methode verklebte Dämmplatten werden als linienförmige Befestigungsflächen bewertet.

- Vorsatzschalenkonstruktionen können bei direkter Befestigung linienförmig oder punktweise befestigt werden. Für freistehende Vorsatzschalen ist eine Befestigungsfläche in der Wand nicht erforderlich. Bei großen Wandhöhen wird eine Zwischenabstützung auf den Untergrund der Wand erforderlich werden. Diese wird aber in der Bewertung nicht berücksichtigt.

- Zu (23):

  Die Vorsatzschalenkonstruktion mit Wärmedämmlehm wird auf Grund höherer Steifigkeit des Dämmmaterials als flächige Befestigungsfläche eingestuft, da der Körperschall nicht nur über die Unterkonstruktion zwischen Wandbildner und Endbeschichtung übertragen wird.

- Zu (25):

  Die dynamische Steifigkeit vom Wärmedämmputz ergibt sich aus der erforderlichen Systemdicke in Kapitel 5.4.1 sowie des dynamischen E-Moduls von $E_{dyn}$=4.000 MN/m² [weber.dur 130]

### 5.4.6 Brandschutz

Bei dieser Bewertung wird ein Vergleich bezüglich der Brennbarkeit der einzelnen Konstruktionen vorgenommen. Dabei wird nicht nur der Dämmstoff sondern auch die Unterkonstruktion sowie der Oberflächenabschluss betrachtet.
Die Gesamtkonstruktion wird mit der niedrigsten Brennbarkeitsstufe einer Konstruktionskomponente bewertet.

Somit ergibt sich folgende Bewertung:

| Nr. | Dämmstoff | | Unterkonstruktion/ Kleberschicht | | Oberflächenabschluss | | Summe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | EPS | B1 | Klebemörtel | A | Dünnputz | A | **B1** |
| 2 | XPS | B1 | Klebemörtel | A | Dünnputz | A | **B1** |
| 3 | Schaumglas | A | Kaltbitumenkleber | k.B. | Dünnputz | A | **k.B.** |
| 4 | CaSi | A | Klebemörtel | A | Verspachtelung | A | **A** |
| 5 | PUR | B1 | Klebemörtel | A | Dünnputz | A | **B1** |
| 6 | Holzfaser | B2 | Lehmunterputz | A | Lehmoberputz | A | **B2** |
| 7 | MW | A | Klebemörtel | A | DB+Gipskartonplatte | B1 | **B1** |
| 8 | Kork | B2 | Klebemörtel | A | Spezialmörtel | A | **B2** |
| 9 | VIP | A | Spezialkleber | k.B. | Gipsvormauerung | A | **k.B.** |
| 10 | Wandheizplatte | A | Klebemörtel | A | Verspachtelung | A | **A** |
| 11 | PS | B1 | Klebemörtel | A | DB+Gipskartonplatte | B1 | **B1** |
| 12 | PUR | B1 | Klebemörtel | A | DB+Gipskartonplatte | B1 | **B1** |
| 13 | MW | A | Klebemörtel | A | DB+Gipskartonplatte | B1 | **B1** |
| 14 | MW | A | Holz-/Metallständer | B2/A | DB+Gipskartonplatte | B1 | **B2/B1** |
| 15 | Flachs | B2 | Holz-/Metallständer | B2/A | DB+Gipskartonplatte | B1 | **B2/B1** |
| 16 | Holzfaser | B2 | Holz-/Metallständer | B2/A | DB+Gipskartonplatte | B1 | **B2/B1** |
| 17 | Zellulose | B2 | Holz-/Metallständer | B2/A | DB+Gipskartonplatte | B1 | **B2/B1** |
| 18 | Hanf | B2 | Holz-/Metallständer | B2/A | DB+Gipskartonplatte | B1 | **B2/B1** |
| 19 | Kokos | B2 | Holz-/Metallständer | B2/A | DB+Gipskartonplatte | B1 | **B2/B1** |
| 20 | Wandheizplatte | A | Holz-/Metallständer | B2/A | DB+Gipsfaserplatte | B1 | **B2/B1** |
| 21 | Zellulose | B2 | Holz-/Metallständer | B2/A | DB+Gipskartonplatte | B1 | **B2/B1** |
| 22 | Holzfaser | B2 | Holz-/Metallständer | B2/A | DB+Gipskartonplatte | B1 | **B2/B1** |
| 23 | Wärmedämmlehm | B2 | Holz-/Metallständer | B2/A | Lehmputz | A | **B2/B1** |
| 24 | Zellulose | B2 | Holz-/Metallständer | B2/A | Gipskartonplatte | A | **B2/B1** |
| 25 | Wärmedämmputz | B1 | keine | - | Dünnputz | A | **B1** |

k.B. …keine Bewertung möglich
DB …Dampfbremsfolie

Die Brennbarkeitsklassen werden wie folgt eingestuft:

A1/A2 ….. [+++] bestens geeignet
B1……..[++] gut geeignet
B2……..[+] geeignet
B3……..[-] ungeeignet

Bewertungsergebnis:

| Nr. | Brandschutz |
|---|---|
| 1 | ++ |
| 2 | ++ |
| 3 | k.B. |
| 4 | +++ |
| 5 | ++ |
| 6 | + |
| 7 | ++ |
| 8 | + |
| 9 | k.B. |
| 10 | +++ |
| 11 | ++ |
| 12 | ++ |
| 13 | ++ |
| 14 | + \| ++ |
| 15 | + \| ++ |
| 16 | + \| ++ |
| 17 | + \| ++ |
| 18 | + \| ++ |
| 19 | + \| ++ |
| 20 | + \| ++ |
| 21 | + \| ++ |
| 22 | + \| ++ |
| 23 | + \| ++ |
| 24 | + \| ++ |
| 25 | ++ |

k.B. …keine Bewertung möglich

Anmerkungen:

- Die Brennbarkeitsklassen für nachstehende Komponenten sind festgelegt mit:

  Putz/Kleber A [126]
  Gipskartonplatten A [126]
  Holzunterkonstruktion B2 [126]
  Metallunterkonstruktion A [126]
  Dampfbremsfolie B1 [53, Isover Vario Klimamembran]

- Lehmputz ist als nicht brennbar (A) einzustufen, sofern er keine organische Zusatzstoffe enthält, die geringeren Brennbarkeitsklassen zuzuordnen sind (z.B. Stroh).

- Es wird jeweils der Einsatz einer Holz- oder einer Metallständerkonstruktion bei Vorsatzschalenkonstruktionen bewertet.

- Zu (8):

  Für den Spezialmörtel liegen keine Werte vor. Es wird aber von einer Einstufung in die Brennbarkeitsklasse A ausgegangen.

Auf ökologische und ökonomische Kriterien wird nicht näher eingegangen, werden aber der Vollständigkeit halber angeführt, da sie nicht unberücksichtigt bleiben sollten.

Zu den ökologischen Kriterien zählen unter anderem:

- Primärenergieaufwand
- Schadstoffe in der Konstruktion bezüglich Gesundheitsbedenken
- Langzeitverhalten
- Rückbau- und Recyclingfähigkeit
- Schadstoffemissionen
- u.ä.

Zu den ökonomischen Kriterien zählen:

- Herstellungskosten
- Nutzflächenverbrauch
- Amortisation in Bezug auf Energieeinsparung
- Erhaltungskosten
- u.ä.

Anforderungen des Bauherrn können die Auswahl der Innendämmung wesentlich beeinflussen. Hier können vor allem die beiden letzt genannten Kriteriengruppen für den Bauherrn interessant werden. Der gestalterische Aspekt sollte nicht unberücksichtigt bleiben, da durch die Applikation von Innendämmungen der Innenraum verändert wird.

## 5.5 Bewertungsmatrix

Die Bewertungsmatrix beinhaltet die Bewertung der oben angeführten Kriterien für die einzelnen Konstruktionsvarianten. Unterhalb der Bewertungsmatrix wird die verwendete Einstufung angeführt.

## BEWERTUNGSMATRIX VON INNENDÄMMSYSTEMEN

| Nr. | Konstruktionsart | Eignung unebene Oberfläche/Untergrundbehandlung | feuchter Einbauzustand | Stoffliche Verträglichkeit | Anschlussausbildung | Herstellungsaufwand | Komlpexität | Verarbeitung | Vorfertigung | Benützbarkeit | erforderliche Systemdicke | Feuchteschutz (Kapillarität) | Feuchteschutz (Diffusion) | Vermeidung von Luft-konvektion/Sicherung der Luftdichheit | Schallschutz | Brandschutz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Verklebte/Verdübelte Platten | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | EPS | - \| -/+ | ++ | -/+ | ++ | + | + | ++ | ++ | - | + | - | -/+ | + \| ++ | - \| -/+ | ++ |
| 2 | XPS | - \| -/+ | ++ | -/+ | ++ | -/+ | -/+ | ++ | + | -/+ | ++ | - | -/+ | + \| ++ | - \| - | ++ |
| 3 | Schaumglas | - | ++ | -/+ | -/+ | - | -/+ | ++ | -/+ | - | + | - | - | ++ | - | k.B. |
| 4 | CaSi | -/+ \| + | ++ | -/+ | ++ | ++ | + | ++ | ++ | + | -/+ | +++ | + | + \| ++ | - \| - | +++ |
| 5 | PUR | -/+ | ++ | + | ++ | -/+ | -/+ | +++ | + | - | +++ | - | - | ++ | - | ++ |
| 6 | Holzfaser | +++ | - | -/+ | ++ | +++ | ++ | ++ | + | - | -/+ | + | + | + \| ++ | -/+ | + |
| 7 | Mineralwolle | -/+ \| + | ++ | -/+ | ++ | + | -/+ | + | -/+ | -/+ | -/+ | - | -/+ | + \| ++ | -/+ | ++ |
| 8 | Kork | -/+ | ++ | -/+ | ++ | k.B. | k.B. | ++ | -/+ | k.B. | k.B. | + | k.B. | ++ | -/+ | + |
| 9 | VIP | -/+ | k.B. | -/+ | -/+ | - | + | + | -/+ | + | ++ | - | - | ++ | - | k.B. |
| 10 | Wandheizung | -/+ \| + | + | -/+ | + | ++ | + | ++ | ++ | -/+ | -/+ | + | + | + \| ++ | - | +++ |
| | Verbundplatten | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | PS | - \| -/+ | + | + | ++ | + | + | + | ++ | + | + | - | + | -/+ \| + | -/+ \| + | ++ |
| 12 | PUR | - \| -/+ | + | + | ++ | + | ++ | + | ++ | + | ++ | - | - | -/+ \| + | - | ++ |
| 13 | Mineralwolle | -/+ \| + | -/+ | -/+ | +++ | -/+ | + | ++ | ++ | + | + | - | -/+ | -/+ \| + | + | ++ |
| | Vorsatzschalen mit Dämmplatten | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Mineralwolle | ++ \| +++ | - \| -/+ | ++ | + | ++ | -/+ | + | + | + | + | - | -/+ | - \| -/+ | + \| ++ \| +++ | + \| ++ |
| 15 | Flachs | ++ \| +++ | - \| -/+ | ++ | + | ++ | -/+ | +++ | -/+ | + | + | - | -/+ | - \| -/+ | + \| ++ \| +++ | + \| ++ |
| 16 | Holzfaser | ++ \| +++ | - \| -/+ | ++ | + | ++ | -/+ | ++ | + | + | + | + | -/+ | - \| -/+ | + \| ++ \| +++ | + \| ++ |
| 17 | Zellulose | ++ \| +++ | - \| -/+ | ++ | + | ++ | -/+ | ++ | -/+ | + | + | + | -/+ | - \| -/+ | + \| ++ \| +++ | + \| ++ |
| 18 | Hanf | ++ \| +++ | -/+ \| + | ++ | + | ++ | -/+ | ++ | + | + | + | - | -/+ | - \| -/+ | + \| ++ \| +++ | + \| ++ |
| 19 | Kokos | ++ \| +++ | -/+ \| + | ++ | + | ++ | -/+ | +++ | + | + | + | - | -/+ | - \| -/+ | + \| ++ \| +++ | + \| ++ |
| | Vorsatzschalen mit Wandheizung | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | Wandheizung | ++ \| +++ | -/+ \| + | ++ | -/+ | + | + | -/+ | + | + | + | + | -/+ | - \| -/+ | + \| ++ \| +++ | + \| ++ |
| | Vorsatzschalen mit Einblasdämmung | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | Zellulose | ++ \| +++ | - \| -/+ | ++ | -/+ | + | -/+ | -/+ | k.B. | + | + | + | -/+ | + \| ++ | + \| ++ \| +++ | + \| ++ |
| 22 | Holzfaser | ++ \| +++ | - \| -/+ | ++ | -/+ | + | -/+ | -/+ | k.B. | + | + | + | -/+ | + \| ++ | + \| ++ \| +++ | + \| ++ |
| | Vorsatzschalen mit Schüttdämmung | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | Wärmedämmlehm | ++ \| +++ | - \| -/+ | ++ | -/+ | +++ | + | ++ | k.B. | + | - | + | + | +++ | - | + \| ++ |
| | Vorsatzschalen mit Sprühdämmung | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | Zellulose | ++ \| +++ | - \| -/+ | ++ | + | + | - | + | k.B. | + | + | + | -/+ | + \| ++ | + \| ++ \| +++ | + \| ++ |
| | Wärmedämmputz | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | Wärmedämmputz | +++ | ++ | -/+ | ++ | +++ | ++ | +++ | k.B. | - | - | + | + | +++ | - | ++ |

| verwendete Einstufung | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ |
| | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| | -/+ | -/+ | -/+ | -/+ | -/+ | -/+ | -/+ | -/+ | -/+ | -/+ | -/+ | -/+ | -/+ | -/+ | -/+ |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

**Legende:**

| | |
|---|---|
| bestens geeignet | +++ |
| gut geeignet | ++ |
| geeignet | + |
| weniger geeignet | -/+ |
| ungeeignet | - |
| keine Bewertung möglich | k.B. |

**Kriterien:**

- Randbedingungen
- Konstruktion
- Bauphysik

# 6 Schlussbemerkung

Die Untersuchung zu geeigneten Konstruktionen von Innendämmungen zeigt, welches breite Spektrum zur Auswahl unterschiedlicher Innendämmsysteme vorhanden ist. Die beschriebenen Konstruktionsweisen lassen sich nach ihrer Befestigungsart einteilen. Dabei hängt die Verarbeitung hauptsächlich vom verwendeten Dämmstoff ab.
Die Anbringung der Innendämmung durch Verklebung und/oder Verdübelung erfordert in erster Linie eine Untergrundvorbehandlung. Vor allem steife Dämmplatten werden auf diese Weise angebracht. Da sie vor mechanischer Beanspruchung zu schützen sind, müssen sie noch einen Oberflächenabschluss erhalten, der hauptsächlich durch einen Putz bewerkstelligt wird. Im Angebot stehen auch vorgefertigte Verbundplatten. Das sind Dämmplatten, die vorwiegend mit Gipsbauplatten bereits während der Herstellung aufkaschiert werden.
Weichere Dämmstoffe in Form von Platten, Matten, Rollen o.ä. werden auf eine andere Art und Weise angebracht. Sie benötigen eine Unterkonstruktion aus Holz oder Metall, in der sie eingeklemmt oder mit anderen Hilfsmitteln befestigt werden können. Da sie nur geringe Druckfestigkeiten besitzen, müssen sie vor mechanischer Belastung im Rauminneren durch eine Beplankung mit einer Werkstoffplatte geschützt werden. Bei dieser Konstruktionsweise unterscheidet sich die Verarbeitung kaum in der Auswahl des verwendeten Dämmstoffes, da sie alle leicht verarbeitbar sind. Jedoch müssen die unterschiedlichen bauphysikalischen Eigenschaften der verwendeten Dämmstoffe beachtet werden.
Weitere Dämmstoffe können in loser Form eingebracht werden und ihre Funktion als Innendämmung erfüllen. Dazu ist wiederum eine Vorsatzschalenkonstruktion erforderlich. Die losen Dämmfasern werden entweder in die Vorsatzschale eingeblasen oder geschüttet. Sie können u.a. vor Anbringung der Dampfbremse und Beplankung in feuchtem Zustand zwischen den Ständern der Unterkonstruktion aufgesprüht werden.
Innendämmungen können mit Wärmedämmputzen hergestellt werden. Das sind spezielle Putze, die mit Leichtzuschlägen ihre Wärmeleitfähigkeit reduzieren.
Die weitere Beschäftigung mit den Konstruktionsmerkmalen zeigt, wie wichtig die Betrachtung der Gesamtkonstruktion, der Innendämmung zusammen mit dem Wandbildner ist. Während der Projektabwicklung zur Realisierung einer Innendämmmaßnahme, müssen sämtliche Einflüsse auf die Konstruktion erfasst werden. Damit die vorgefundene Situation im Bestand besser beurteilt werden kann, sind vor allem Kenntnisse über bauphysikalische Konstruktionsmerkmale erforderlich. Erst nach gründlicher Voruntersuchung unter Berücksichtigung sämtlich einwirkender Einflussfaktoren kann eine sorgfältige Planung und Ausführung durchgeführt werden.
Die Schwierigkeit liegt dabei darin, eine funktionstüchtige und qualitative Konstruktion zu schaffen. Die Anschlussproblematik weist vor allem darauf hin, wie bedeutsam eine längere Auseinandersetzung im Detail ist. Dabei muss die Konstruktion so geplant werden, dass sie nicht nur auf dem Papier funktioniert. Wesentlich dabei ist, sich im Vorfeld über die Anschlusstechnik sowie die Reihenfolge zur Ausführung Gedanken zu machen. Im Nachhinein entstehen gegebenenfalls Notlösungen, die die volle Funktionsfähigkeit nicht sichern.
Die aufgezeigten Anschlüsse lassen erkennen, aus welchen unterschiedlichen Sichtwinkeln die Innendämmung betrachtet werden muss. Es gibt keine Standardlösungen für die Konstruktionsvarianten. Die Anschlussausbildungen müssen im Einzelfall untersucht und auf die jeweilige Situation angepasst werden.

Dabei geben vor allem hygrothermische Berechnungen über optimale Dimensionen nähere Auskunft. Weiters zeigen die angeführten Details, dass man ihnen kritisch entgegen blicken muss. In keinem Fall darf man sich von den Darstellungen aus Literaturen oder Produktherstellern verleiten lassen, sie als ideale Lösungen zu akzeptieren. Oft beziehen sich etwaige Details nur auf bestimmte Problemdarstellungen, ohne eine ganzheitliche Betrachtung in der angeführten Darstellung.
Die Bewertungsmatrix zeigt, dass sich die Konstruktionsvarianten voneinander deutlich unterscheiden können. Bereits in Voruntersuchungen können die vor Ort vorgefundenen Randbedingungen die Auswahl geeigneter Innendämmsysteme erheblich beeinflussen. Vor allem die Untergrundbeschaffenheit lässt erahnen, ob aufwendige Vorbehandlungen notwendig sind. Bei der Optimierung zur Auswahl geeigneter Innendämmsysteme darf man nicht voreingenommen sein, und bestimmte Systeme als besonders geeignet ansehen, ohne dabei vorher die aufgezeigten Kriterien beachtet zu haben.
Für viele Planer oder Bauherren stellt eine Innendämmung ein großes Risiko zur mangelfreien Planung und Ausführung dar. Wenn alle Faktoren, die auf eine Innendämmung Einfluss haben, berücksichtigt werden, so lässt sich eine solide Innendämmkonstruktion empfehlen, entwerfen und errichten. Viele bereits bestehende Projekte zeigen, dass Innendämmapplikationen funktionieren können, wenn sie richtig abgewickelt werden.

# Abbildungsverzeichnis


Abb. 2.1: Expandierte Polystyrol-Hartschaumplatte ... 3
Abb. 2.2: Extrudierte Polystyrol-Hartschaumplatte XPS ... 4
Abb. 2.3: Anker PC-F ... 7
Abb. 2.4: Dünnbettverfahren links, Mörtelbatzen streifenförmig rechts ... 16
Abb. 2.5: Plattenstreifen links, Mörtelbatzen rechts ... 16
Abb. 2.6: Versetzte Querstoßverbindung ... 18
Abb. 2.7: Kleberauftrag auf MW-Verbundplatten ... 19
Abb. 2.8: Befestigung der Holzstiele ... 21
Abb. 2.10: Direkt, punktweise befestigte Vorsatzschale mit Holzunterkonstruktion ... 23
Abb. 2.11: Vorsatzschale mit Direktabhänger und CD-Profil – Grundriss ... 23
Abb. 2.12: Vorsatzschale mit Direktabhänger und CD-Profil – Grundriss ... 24
Abb. 2.13: Vorsatzschale mit Schwingbügel ... 24
Abb. 2.14: rechts: Direktabhänger und Schwingbügel ... 24
Abb. 2.15: Freistehende Vorsatzschale mit Holzunterkonstruktion ... 25
Abb. 2.16: Längs- (links) und Querbefestigung (rechts) der Gipskartonplatten ... 26
Abb. 2.17: Exemplarische Darstellung zur Befestigung der HWL-Platten ... 32
Abb. 2.18: Einbauschema ... 37
Abb. 2.19: Vorsatzschale mit Holzunterkonstruktion und Holzfaserdämmplatten im Gefachbereich, Beplankung mit Holzweichfaserplatte mit Nut und Feder ... 37
Abb. 2.20: Innendämmsystem mit Holzfaserplatten ... 38
Abb. 2.21: Freistehende Vorsatzschale mit Zellulose-Eindlasdämmung ... 42
Abb. 2.22: Aufsprühen der Zelluloseflocken im CSO-Verfahren und Anbziehen der Fläche ... 42
Abb. 2.23: Entlüftete Drehdüsentechnik: zur Verhinderung nennenswerter Verformungen der Verkleidungsplatten durch den Einblasdruck ... 43
Abb. 2.24: Holzunterkonstruktion mit Sparschalung für die Einbringung von Wärmedämmlehm ... 45
Abb. 2.25: Errichtung der Heraklith-Innendämmung ... 50
Abb. 2.26: Auftrag der Kleberaupen ... 51
Abb. 2.28: Mit EPS ummantelten Vakuumisolationspaneelen ... 52
Abb. 2.29: Gipswand als Schutz vor der VIP-Dämmung ... 53
Abb. 2.30: Konstruktionsskizze vom Boden- und Deckenanschluss ... 53
Abb. 2.31: Konstruktionsskizze eines vakuumgedämmten Wandheizungssystems ... 54
Abb. 3.1: Auswirkung der Unterbrechung von Innendämmung durch einbindende Wand- und Deckenbauteile auf den U-Wert einer Außenwand ... 58
Abb. 3.2: Heizwärmebdarf in Abhängigkeit von der Dämmstärke Innendämmung ($\lambda$=0,035 W/(m.K)) ... 58
Abb. 3.3: Isothermen- und Wärmestromverlauf für die punktuelle Befestigung von Verbundplatten mit Schrauben ... 61
Abb. 3.4: Lücken in Innendämmungen an Dämmplattenstößen und Metalldübelbefestigungen sind deutlich als Schimmelpilz und Rostflecken sichtbar ... 62
Abb. 3.5: Vorsatzschale mit kreuzweise angebrachten Lattung ... 63
Abb. 3.6: Freistehende und direkt befestigte Vorsatzschale mit Isothermenbild ... 63
Abb. 3.7: Mangelhafte Dämmwirkung durch unsachgemäß zugeschnittenen Dämmstoff ... 64
Abb. 3.8: Abnehmender Wärmedurchlasswiderstand bei Luftspalten (Fugen) im Dämmstoff ... 65
Abb. 3.9: Wärmebrücken-Randeffekt von VIP's ... 65
Abb. 3.10: Wärmebrückeneffekt von angrenzenden Materialien auf die mittlere Wärmeleitfähigkeit von zwei Paneelformaten (ohne und mit 5 mm Luftspalt zw. Paneelen) ... 66
Abb. 3.11: Modell für den überlagerten Flüssig- und Dampftransport im Porenraum hygroskopischer Baustoffe bei isothermen (oben) und nicht isothermen (unten) Randbedingungen ... 68
Abb. 3.12: Zweidimensionale Berechnung der kapillaren Wasseraufnahme von Ziegelmauerwerk mit und ohne Dämmung unter natürlichen Klimabedingungen ... 70
Abb. 3.13: Wandaufbau mit 8 cm starker Innendämmung ... 71
Abb. 3.14: Feuchteverlauf der Unterkonstruktion in der Trocknungsphase ... 72
Abb. 3.15: Jahresdurchschnitt und jährliche Schwankungsbreite der Materialfeuchteprofile in einem Schlagregenbeanspruchten, einschaligen Ziegelsichtmauerwerk mit und ohne Innendämmung ... 74
Abb. 3.16: Hinterströmung der Dämmschicht ... 75
Abb. 3.17: Durchströmung der Wand ... 76
Abb. 3.18: Erforderliche $s_d$ -Wert für Tauwasserfreiheit in Abhängigkeit von der Spaltbreite ... 77

Abb. 3.19: Spez. Wasserdampfstrom in Abhängigkeit von der Spaltbreite und der wirksamen Druckdifferenz bei unterschiedlichen Bauteildicken ... 78
Abb. 3.20: Aufgehen der Klebefolie zwischen Folien aufgrund einer Dehnung von Klebeband bzw. einer Folie beim Verkleben ... 79
Abb. 3.21: Aufbau der kapillaraktiven Dampfbremse auch „Hygrodiode“ genannt ... 80
Abb. 3.22: Abhängigkeit des Diffisionssperrwertes ($s_d$-Wert) der feuchteadaptiven Dampfbremsfolie auf Polyamidbasis von der relativen Luftfeuchte ... 81
Abb. 3.23: Gemessene Feuchteverläufe der nach Westen orientierten Versuchskörper aus Sichtziegelmauerwerk über einen Zeitraum von fast 5 Jahren mit Angabe der Schlagregenbelastung ... 83
Abb. 3.24: Modell Masse-Federsystem mit baupraktischer Anwendung ... 86
Abb. 3.25: Bewertete Schalldämmmaße an biegesteifen Massivwänden ... 86
Abb. 3.26: Schall-Längsdämmung: Veränderung durch nachträgliche Dämmung ... 87
Abb. 3.27: Verbesserung (+) oder Verschlechterung (-) des bewerteten Schall-Dämmmaßes ($\Delta R_{TW}$) und der Schall-Längsdämmung ($\Delta R_{LW}$) der Außenwand (bei Zusatzdämmung mit Verbundkonstruktionen aus Hartschaum (links) und Mineralfasern (rechts) ... 87
Abb. 3.28 Funktionsweise von Abdeckstreifen an den Stößen von Gipskartonplatten ... 91
Abb. 4.1: Einbindende Bauteile bei der Innendämmung von Gebäuden ... 93
Abb. 4.2: Luftdichte Anschlüsse von Folien (links) und Platten (rechts) in der Fläche ... 97
Abb. 4.3: Luftdichte Anschlüsse von Folien (links) und Platten (rechts) an benachbarten Bauteilen ... 98
Abb. 4.4: Stoßausbildung einer MW-Verbundplatte mit 1 mm Spalt in der Dampfsperre und Abklebung auf den Gipskartonbauplatten (rechts), Darstellung der aw-Werteverteilung (rechts) ... 99
Abb. 4.5: Bewegungsfugenprofil für die Innenecke [Protektor] ... 100
Abb. 4.6: Verbundplatte mit durchgehender Gipskartonbeplankung (links) ... 101
Abb. 4.7: Verbundplatte mit exemplarischem Wärmestromdichte- (links) und Isothermenverlauf (rechts) ... 101
Abb. 4.8: Isothermenbilder mit und ohne Flankendämmung für eine Außenecke: Feuermauer außengedämmt, Fassadenseite innen gedämmt ... 101
Abb. 4.9: Inneneckausbildungen von freistehenden Vorsatzschalen ... 103
Abb. 4.10: Innen- und Außeneckausbildung von Verbundplatten ... 104
Abb. 4.11: Innen- und Außeneckausbildung von freistehenden Vorsatzschalen mit doppelter Beplankung ... 104
Abb. 4.12: Innen- und Außeneckausbildung von direkt befestigten Vorsatzschalen mit doppelter Beplankung ... 105
Abb. 4.13: Prinzipielle Anordnung der Luftdichtungsebene aus einer Dichtungsbahn (Folie), verlaufend unter der Gipskartonplatte und des Dämmkeils ... 107
Abb. 4.14: Innenwandeinbindung mit Innendämmung an der Außenwand und 10 mm Begleitdämmung, Darstellung der aw-Werteverteilung ... 107
Abb. 4.15: Einbindung der Innenwand mit verputztem Dämmkeil (links) und Ausführung mit Vorsatzschale und Zellulosedämmung (rechts) ... 108
Abb. 4.16: Dämmkeil- und Dämmzierleistenformen ... 108
Abb. 4.17: Innenwandanschluss mit verklebten Mineralschaum-Dämmplatten und in Putzdicke eingelegten und verputzten Dämmstreifen ... 109
Abb. 4.18: Durchtrennung der Verbundplatte durch einbindende Ständerwand ... 110
Abb. 4.19: Durchgehende Verbundplatte durch einbindende Ständerwand ... 110
Abb. 4.20: Durchtrennung der Verbundplatte durch einbindende Ständerwand ... 111
Abb. 4.21: Freistehende Vorsatzschale mit durchgehender Dampfbremse und einbindender Trennwand unter Berücksichtigung brandschutztechnischer Anforderungen ... 111
Abb. 4.22: Innenwandeinbindung mit Vorsatzschale und Dämmstreifen ... 112
Abb. 4.23: Deckeneinbindung mit Trockenestrich (links), Isothermenverlauf (rechts) ... 113
Abb. 4.24: Einbindende Betondecke mit Dämmstreifen hinter Vorhangleisten ... 114
Abb. 4.25: Einbindung der Geschoßdecke in die Außenwand mit Verbundplatten, Dämmstreifen und schwimmenden Estrich ... 114
Abb. 4.26: Einbindung der Innendämmung unter der Dippelbaumdecke ... 115
Abb. 4.27: Bodenanschluss einer Verbundplatte mit Trockenestrich (links) und schwimmendem Estrich (rechts) ... 116
Abb. 4.28: Deckenanschluss einer direkt befestigten Vorsatzschale mit Holzunterkonstruktion und Dämmstreifen ... 117
Abb. 4.29: Deckeneinbindung einer Dippelbaumdecke mit einer Vorsatzschalen-konstruktion ... 117
Abb. 4.30: Bodenanschluss mit einer Vorsatzschalenkonstruktion ... 118

Abb. 4.31: Deckenanschluss mit freistehender Vorsatzschale und Dämmstreifen ..... 118
Abb. 4.32: Deckeneinbindung mit einer Innendämmung aus Mineraldämmplatten und Dämmkeil 119
Abb. 4.33: Strömungspfad durch undichte Stelle nach außen..... 120
Abb. 4.34: Durchgezogene Innendämmung im Holzbalkenbereich mit Mineralwolleplatten und Dampfbremse (links) oder dampfdichtem Schaumglas (rechts)..... 121
Abb. 4.35: Holzbalkendecke mit durchgezogener Innendämmung aus Mineraldämmplatten..... 121
Abb. 4.36: Vorsatzschale mit Mineralwolledämmung und feuchteadaptiver Dampfbremse,..... 122
Abb. 4.37: Holzbalkendecke einer Turnhalle mit Temperaturleitblech und PU-Ausschäumung ..... 123
Abb. 4.38: Anschlussausbildung - Wohnungstrenndecke mit freistehender Vorsatzschale ..... 124
Abb. 4.39: Übersicht im Bereich Fensteranschluss ..... 125
Abb. 4.40: Veränderung der Oberflächentemperaturen an Fensterlaibungen..... 126
Abb. 4.41: Isothermenverlauf im Bereich der Fensterlaibung mit Innendämmung..... 126
Abb. 4.42: Fensteranschluss mit Laibungsdämmung (20 mm) bis zum Fensterrahmen..... 127
Abb. 4.43: Fensteranschluss mit Laibungsdämmung (40 mm), die an die Dämmebene des Fensters angeschlossen ist ..... 127
Abb. 4.44: Innere Anschlussausbildungen von Fenstern nach DIN 4108-7 ..... 128
Abb. 4.45: Dämmung der Fensterlaibung mit Einbindung in die Vorsatzschalenkonstruktion ..... 129
Abb. 4.46: Dämmung der Fensterlaibung mit Anschluss zur freistehenden Vorsatzschale ..... 130
Abb. 4.47: Laibungsdämmung mit Vorsatzschalenkoknstruktion und Einblasdämmung aus Zellulose ..... 131
Abb. 4.48: Ansetzen der Verbundplatten mit Gipsbatzen im Laibungsbereich..... 131
Abb. 4.49: Ausbildung einer Fensterleibung mit Mineraldämmplatten..... 132
Abb. 4.50: Exemplarische Anordnung der Diagonalstreifen im Fenster- und Türbereich..... 132
Abb. 4.51: Anschlussausbildung im Fensterlaibungsbereich mit verklebten Mineralschaumplatten 133
Abb. 4.52: Anschlussausbildung einer freistehenden Vorsatzschale mit Dämmung in der Fensterlaibung ..... 133
Abb. 4.53: Natursteinmauerwerk mit Innendämmung und Dämmung der Fensterlaibung..... 134
Abb. 4.54: Vorgefertigte Laibungsdämmplatte mit Dichtsystem ..... 134
Abb. 4.55: Schnitt durch eine Außenwand mit Innendämmung aus Schaumglas ..... 135
Abb. 4.56: Vertikal- und Horizontalschnitt durch eine Außenwand mit Fensterlage in der Innendämmebene ..... 136
Abb. 4.57: Detailausbildung: Sichtbetonwand mit aufgesetztem Fensterrahmen und einbindender Innendämmung aus Schaumglas ..... 137
Abb. 4.58: Formteil: vorgefertigtes Verbundelement für die Heizkörpernische..... 138

# Literaturverzeichnis

Die zitierten Literaturen mit dem Zeichen [*] wurden zur Kenntnis genommen, in der vorliegenden Arbeit aber nicht verwendet.


[1] Robert Borsch-Laaks:
Innendämmung – *Wo ist das Risiko*, WTA-Journal 1/2006, Wissenschaftlich-Technische-Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., WTA Publications, München, 2006

[2] Daniel Kehl:
*Wärmebrücken im Bestand – Was gibt es bei der Innendämmung zu beachten*, WTA-Journal 1/2006, Wissenschaftlich-Technische-Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., WTA Publications, München, 2006

[3] Peter Häupl, Karsten Jurk:
*Untersuchung des hygrothermischen Verhaltens innegedämmter Konstruktionen an gebäuden mit historischer Fassade*, WTA-Journal 1/2006, Wissenschaftlich-Technische-Arbeits-gemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. , WTA Publications, München, 2006

[4] * Frank Eßmann, Jürgen Gänßmantel, Gerd Geburtig:
*Energetische Sanierung von Fachwerkgebäuden – praktische Anwendung von Innendämmungen unter Berücksichtigung der EnEV*, WTA-Journal 1/2006, Wissenschaftlich-Technische-Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., WTA Publications, München, 2006

[5] Markus Hildebrand, Richard Hösle:
*Mineralischer Wärmedämmputz in der Innendämmung*, WTA-Journal 1/2006, Wissenschaftlich-Technische-Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., WTA Publications, München, 2006

[6] Achim Bauer, Jürgen Gänßmantel:
*Innendämmungen und Wandflächenheizsysteme*, WTA-Journal 1/2006, Wissenschaftlich-Technische-Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., WTA Publications, München, 2006

[7] Kurt Kießl:
*Wärmeschutzmaßnahmen durch Innendämmung – Beurteilung und Anwendungsgrenzen aus feuchtetechnischer Sicht*, in: Aachener Bausachverständigentage 1992. Wärmeschutz-Wärmebrücken-Schimelpilz, Bauverlag, Wiesbaden und Berlin, 1992

[8] * Erich Czielsielski, Alex C. Rahn:
*Nachbesserung von Wärmebrücken*, in: Aachener Bausachverständigentage 1992. Wärmeschutz-Wärmebrücken-Schimelpilz, Bauverlag, Wiesbaden und Berlin, 1992

[9] * Robert Dorff:
*Die Praxis der Berücksichtigung von Wärmebrücken und Luftdichtigkeiten – ein kritiecher Erfahrungsbericht*, in: Aachener Bausachverständigentage 2003. Leckstellen in Bauteilen Wärme – Feuchte – Luft – Schall, Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, Wiesbaden, 2003

[10] * Günter Dahmen :
*Beurteilung von Wärmebrücken, Methoden und Praxishinweise für den Sachverständigen*, in: Aachener Bausachverständigentage 2003. Leckstellen in Bauteilen Wärme – Feuchte – Luft – Schall, Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, Wiesbaden, 2003

[11] Martin Spitzner:
*Flankenübertragung und Fehlstellen bei Dampfsperren - wann liegt ein ernsthafter Mangel vor?*, in: Aachener Bausachverständigentage 2003. Leckstellen in Bauteilen Wärme – Feuchte – Luft – Schall, Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, Wiesbaden, 2003

[12] Rainer Oswald:
*Theorie und Praxis der Fensteanschlüsse – ein kommentiertes Fallbeispiel*, in: Aachener Bausachverständigentage 2003. Leckstellen in Bauteilen Wärme – Feuchte – Luft – Schall, Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, Wiesbaden, 2003

[13] * Herbert Scheller:
*Anschlussausbildung bei Fenster und Türen – Regelwerktheorie und Baustellenpraxis*, aus Aachener Bausachverständigentage 2003. Leckstellen in Bauteilen Wärme – Feuchte – Luft – Schall, Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, Wiesbaden, 2003

[14]* Joachim Achtziger:
*Leisten neue Dämmethoden was sie heute versprechen? Kalziumsilikatplatten, hochdämmende Beschichtungen*, in: Aachener Bausachverständigentage 2000. Grenzen der Energieeinsparung – Probleme im Gebäudeinneren, Bauverlag, Wiesbaden, 2000

[15] * Reinhard Lamers:
*Die Bewährung innen gedämmter Fachwerkbauten*, in: Aachener Bausachverständigentage 2000. Grenzen der Energieeinsparung – Probleme im Gebäudeinneren, Bauverlag, Wiesbaden, 2000

[16] Joachim Achtziger:
*Praktische Untersuchung der Tauwasserbildung im Innern von Bauteilen mit Innendämmung*, wksb-Sonderausgabe 1985

[17] * Horst Bieberstein:
*Schimmelpilz in Wohnräumen - was tun?*, Alpha-u.-Omega-Verlag, Stuttgart, 1995

[18] * Michael Bonk:
*Schäden durch mangelhaften Wärmeschutz*, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2004

[19] Jürgen Blaich:
*Bauschäden: Analyse und Vermeidung*, EMPA, Dübendorf, 1999

[20] Klaus Erler:
*Bauen im Bestand mit Holz*, Verlag Bauwesen, Berlin, 2004

[21] * Hartwig M. Künzel:
*Feuchteentwicklung im Dach - Sanierung und ihre Folgen*, in WTA-Schriftenreihe Heft 22, Aedificatio-Verlag, Freiburg im Breisgau, 2003

[22] Rainer Oswald:
*Schäden an Oberflächenschichten von Innenbauteilen*, in: Aachener Bausachverständigentage 1978, Bauverlag, Wiesbaden, 1978

[23] * Hellmuth Frey, Gerd Motzke:
*Ursachen und Haftung bei Bauschäden und Baumängeln: Schadensbild, Schadensanalyse, Sanierung*, Fachverlag für Verwaltung und Industrie, Kissing, 1983

[24] Rainer Oswald:
*Nachträglicher Wärmeschutz für Bauteile und Gebäude*, Bauverlag, Wiesbaden, 1995

[25] Rainer Pohlenz:
*Der schadenfreie Hochbau. Band 3 – Wärmeschutz, Tauwasserschutz und Schallschutz*, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln, 1987

[26] * Jürgen Gänßmantel, Gerd Geburtig, Frank Eßmann:
EnEV und Bauen im Bestand: enegieeffiziente Gebäudeinstandsetzung, Huss-Verlag, Berlin, 2006

[27] Rainer Oswald:
*Außenwände und Fensteranschlüsse: Konstruktionsempfehlungen zur Altbausanierung*, Bauverlag, Wiesbaden und Berlin, 1985

[28] Gerd Hauser, Anton Maas:
*Auswirkungen von Fugen und Fehlstellen in Dampfsperren und Wärmedämmschichten*, in: Aachener Bausachverständigentage 1991. Fugen und Risse in Dach und Wand, Bauverlag, Wiesbaden, 1991

[29] Johannes Fechner:
*Altbaumodernisierung*, Springer Verlag, Wien, 2002

[30] Jörg Böhning:
*Altbaumodernisierung im Detail*, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln, 2005

[31] Klausjürgen Becker, Jochen Pfau, Karsten Tichelmann
*Trockenbauatlas*, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln, 2004

[32] Karsten Tichelmann, Rene Ohl:
*Wärmebrücken Atlas*, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln, 2005

[33] Rainer Oswald:
*Schwachstellen. Erscheinungsbilder und Ursachen häufiger Bauschäden*, in Fachzeitschrift: db deutsche bauzeitung, Jg. 128 (1994)

[34] * Peter Häupl, John Grunewald:
*Energetische Sanierung denkmalgeschützter Gebäude mit kapillaraktiver Innendämmung*, in Fachzeitschrift: DETAIL, Jg. 45 (2005), Nr.5, S.526-528, Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH + Co. KG, München, 2005

[35] Norbert König:
*Bauphysikalische Probleme der Innendämmung*, in: Aachener Bausachverständigentage 1984, Bauverlag, Wiesbaden, 1984

[36] *Richtlinie für die Installation von Flächenheizungen und Flächenkühlungen bei der Modernisierungen von bestehenden Gebäuden*, Bundesverband Flächenheizungen e.V., Hagen, Quelle: www.flaechenheizung.de/Planer/PDF/
BVF_Richtlinie_Nr_10_Modernisierung_Februar_2006.pdf, Stand: 02/2006

[37] J. Brandhorst:
*Chancen und Risiken von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen,* Arbeitsgemeinschaft für Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen,
Quelle: www.nova-institut.de/nr/vortraege/vortrag-brandhorst.htm, Stand: 02/2007

[38] * Jens Knissel:
*Wärmedämmung von Sichtfachwerk – Außenwänden*, in Fachzeitschrift: ARCONIS - Wissen zum Planen und Bauen, Heft 3/2002, S. 32-33, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2002

[39] * Reinhard Lamers:
*Bewährung innen wärmegedämmter Fachwerkbauten*, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1999

[40] * Hans-Peter Leimer:
*Instandsetzung von Fachwerkaußenwänden mit raumseitigen Wärmedämmputzen*, in Fachzeitschrift: ARCONIS - Wissen zum Planen und Bauen und zum Baumarkt, Heft 1/1999, S. 32-34, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1999

[41] Dieter Ansorge:
*Fachwerkbauten richtig instandgesetzt - aus Alt mach Neu*, in Fachzeitschrift: ARCONIS - Wissen zum Planen und Bauen und zum Baumarkt, Heft 2/1999, S. 16-20, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1999

[42] * Johann W. Herlyn:
*Auswirkungen von Innendämmungen auf das Feuchteverhalten unter zeitgeraffter und überhöhten Klimabedingungen*, aus Fachwerkforschung - Beiträge zur Erhaltung, Fraunhofer-Institut für Holzforschung Wilhelm-Klauditz-Institut WKI, IRB Verlag, Braunschweig, 1998

[43] * Johann W. Herlyn:
*Verbesserung der Wärmeschutzes von Fachwerkwänden mit Innendämmungen*, aus Fachwerkforschung - Beiträge zur Erhaltung, Fraunhofer-Institut für Holzforschung Wilhelm-Klauditz-Institut WKI, IRB Verlag, Braunschweig, 1998

[44] Rainer Pohlenz:
*Schall- und Wärmeschutz bei der künftigen Instandsetzung von Gebäuden - Teil III*, ARCONIS - Wissen zum Planen und Bauen, Heft 1/2003, IRB Verlag, Stuttgart, 2003

[45] * J. F. Rust:
*Innendämmung im Visier*, in Fachzeitschrift: Mikado Heft 3/2003

[46] Rainer Krismer, Alexandra Ortler, Guido Wimmers:
*Energetische Sanierung in Schutzzonen*, Projektbericht im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2005,
Quelle: download.nachhaltigwirtschaften.at/hdz_pdf/endbericht_schutzzonen_id2754.pdf, Stand: 10/2005

[47] Martin Krus, Klaus Sedlbauer, Hartwig Künzel:
*Innendämmung aus bauphysikalischer Sicht*, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Münster, 2005
Quelle: www.ibp.fhg.de/literatur/konfe/05_Innendaemmung-aus-bauphysikalischer_f-HBZ-Fachwerk.pdf, Stand: 04/2005

[48] Hartwig M. Künzel:
*Richtiger Einsatz von Dampfbremsen bei der Altbausanierung*, WTA-Journal 1/2003, Wissenschaftlich-Technische-Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., WTA Publications, München, 2003

[49] Hartwig M. Künzel:
*Untersuchungen zum Feuchteverhalten von Fassaden nach Hydrophobierungsmaßnahmen*, WTA-Journal 2/2003, Wissenschaftlich-Technische-Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., WTA Publications, München, 2003

[50] * Hartwig M. Künzel:
*Innendämmung von Natursteinmauern*, IBP-Mitteilung 336, Fraunhofer Institut für Bauphysik IBP, Stuttgart, 1998

[51] Andreas Holm, Klaus Sedlbauer, Hartwig M. Künzel:
*Moderne Rechenverfahren für die Diagnostik*, Hanseatische Sanierungstage, Kühlungsborn, 2000, Quelle: www.hoki.ibp.fhg.de/ibp/publikationen/konferenzbeitraege/pub1_4.pdf, Stand: 04/2002

[52] * Martin Krus, Andreas Holm:
*Über dem Einfluß von Fehlstellen hydrophobierter Außenwände auf den Feuchtehaushalt von Mauerwerk*, Fraunhofer Institut für Bauphysik,
Quelle: www.hoki.ibp.fraunhofer.de/ibp/publikationen/konferenzbeitraege/pub1_5.pdf, Stand: 11/2002

[53] Hartwig M. Künzel, Franz-Josef Kasper:
*Von der Idee einer feuchteadaptiven Dampfbremse bis zur Markteinführung*, in Fachzeitschrift: Bauphysik, Sonderdruck aus: 20 (1998), Heft 6, Verlag Ernst und Sohn, Berlin, 1998

[54] * Hartwig M. Künzel:
*Problemlösungen für schwierige bauphysikalische Sanierungen: Variable Dampfbremse - Fallbeispiele*, Fraunhofer Institut für Bauphysik,
Quelle: www.hoki.ibp.fraunhofer.de/ibp/publikationen/konferenzbeitraege/pub1_23.pdf, Stand: 04/2002

[55] * Andreas Prehal, Helmut Proppe:
*WOP – Wohnbausanierung mit Passivhaustechnologie*, Projektbericht im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie,
Quelle: download.nachhaltigwirtschaften.at/hdz_pdf/0641_inkl-wohnen.pdf, Stand: 06/2006

[56] Alexandra Amersdorfer, Johannes Fechner:
*Spanplattenartige und Holzspanplatten*, MA 22 – Umweltschutz, „die Umweltberatung“, Quelle: www.wien.gv.at/umweltschutz/pool/pdf/holzspann.pdf, Stand: 05/2001

[57] * *Evaluierung des Förderprogramms der Stadt Münster – Zusammenfassende Auswertung der Überprüfung der Bauausführung*, Münster, Amt für Grünflächen und Umweltschutz, Quelle: www.muenster.de/stadt/umwelt/pdf/EB_Bericht_Ueberpruefung_Bauausfuehrung.pdf, Stand: 09/2003

[58] Wolfgang Lenze:
*Fachwerkhäuser restaurieren - sanieren – modernisieren*, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2007

[59] *Konstruktiver Holzbau*, Holzbauskriptum Technische Universität Darmstadt, Institut für Werkstoffmechanik, Fachgebiet Holzbau, Quelle:
biegeholz.com:9480/xyloton/content/e1588/e1653/e1686/umdruck4.pdf, Stand: 06/2001

[60] * Gerhard Hofer, Thomas Belazzi, Leopold Dungl, Sabine Kranzl, Gerhard Lang, Bernhard Lipp, Astrid Stefanson:
*LCC-ECO - Ganzheitliche ökologische und energetische Sanierung von Dienstleistungsgebäuden*, Projektbericht im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie,
Quelle: download.nachhaltigwirtschaften.at/nw_pdf/0653_lcc-eco.pdf, Stand: 09/2006

[61] Robert Borsch-Laaks:
*Bauphysik der Innendämmung*, Tagungsdokumentation, Forum Innendämmung in Raesfeld, Energieagentur NRW,
Quelle: www.ea-nrw.de/_database/_data/datainfopool/Forum-Innendaemmung.pdf, Stand: 08/1998

[62] Reinhard Lamers:
*Erfahrungen aus der Bauschadensforschung*, Tagungsdokumentation, Forum Innendämmung in Raesfeld, Energieagentur NRW, 1997
Quelle: www.ea-nrw.de/_database/_data/datainfopool/Forum-Innendaemmung.pdf, Stand: 08/1998

[63] Peter Häupl:
*Hygrisch motivierter Wärmeschutz von Altbauten mit denkmalgeschützter Fassade*, Tagungsdokumentation, Forum Innendämmung in Raesfeld, Energieagentur NRW, 1997
Quelle: www.ea-nrw.de/_database/_data/datainfopool/Forum-Innendaemmung.pdf, Stand: 08/1998

[64] * Hartwig M. Künzel:
*Fachwerk alte Probleme – Neue Lösungen*, Tagungsdokumentation, Forum Innendämmung in Raesfeld, Energieagentur NRW, 1997
Quelle: www.ea-nrw.de/_database/_data/datainfopool/Forum-Innendaemmung.pdf, Stand: 08/1998

[65] Paul Simons:
*Kurzbericht aus der Feldforschung: Praxisbeispiel – Sichtfachwerk mit 12 cm Innendämmung am Kindergarten in Groß Lengden bei Göttingen*, Tagungsdokumentation, Forum Innendämmung in Raesfeld, Energieagentur NRW, 1997
Quelle: www.ea-nrw.de/_database/_data/datainfopool/Forum-Innendaemmung.pdf, Stand: 08/1998

[66] Wilfried Walter:
*Kurzberichte aus der Feldforschung: Innendämmung ohne Dampfbremse*, Tagungsdokumentation, Forum Innendämmung in Raesfeld, Energieagentur NRW, 1997
Quelle: www.ea-nrw.de/_database/_data/datainfopool/Forum-Innendaemmung.pdf, Stand: 08/1998

[69] Hans Peter Hilpert:
*Wärmedämmung von Außenwänden mit der Innendämmung*, Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung, Ausgabe 06/05,
Quelle: www.iwu.de/datei/espi/espi11.pdf

[70] Alexandra Ortler, Siegfried Alser:
*Gesamtenergiebilanz, Innendämmung versus Außendämmung*, Energie Tirol, Isocell, 2005
Quelle:
energytech.at/hdz_pdf/051125_energiebilanz_innendaemmung_aussendaemmung.pdf

[71] * Jürgen Gänßmantel:
*Global denken – lokal handeln: Instandsetzen historischer Fachwerkhäuser mit Wärmedämm-lehm*, Quelle: www.gaenssmantel.de/downloads/Waermedaemmlehm.pdf, Stand: 07/2003

[72] Paul Feddeck:
*Neue Wege in der Innendämmung – Wissenswertes über die Außenwanddämmung bei Alt- und Neubauten*, Fachinformationszentrum Karlsruhe, Gesellschaft für wissenschaftlich-technische Information mbH, Eggstein Leopoldshafen,
Quelle: www.bine.info/pdf/publikation/bi0700.pdf, Stand: 07/2000

[73] * Jürgen Dreyer:
*Nachhaltige und verträgliche Instandsetzung auf der Grundlage von Diagnose und Modellierung*, Technische Universität Wien, Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz, Quelle: energytech.at/pdf/diagnoseinstandsetzung.pdf, Stand: 11/2000

[74] Jörg Wortmann, Dieter Selk:
*Wärmedämmung von Außenwänden mit der Innendämmung – Wissenswertes über die Außenwanddämmung bei Alt- und Neubauten*, Impulsprogramm Schleswig Holstein, Quelle: www.ib-sh.de/fileadmin/ibank/Energieagentur/impulsprogramm/Praxis3.pdf, Stand: 03/2001,

[75] * *Schutz vor Kälte und Hitze – Dämmstoffe im Vergleich*, Energieagentur NRW, Quelle: www.ea-nrw.de/_database/_data/datainfopool/Daemmstoffe.pdf, Stand: 11/2002

[76] *Dataholz.com - Katalog bauphysikalisch ökologisch geprüfter Holzbauteile*, Fachverband der Holzindustrie, Wien, Quelle: www.dataholz.com, Stand: 02/2007

[77] Lenz, Leistner, Sedlbauer, König:
*Vakuumisolationspaneele aus hygrothermischer und akustischer Sicht*, VIP-Bau, 2.Fachtagung „Erfahrungen aus der Praxis“, Wismar,
Quelle: www.vip-bau.de/pdf/Wismar/Wismar_VIP-Bau2005.pdf, Stand: 06/2005

[78] André Moosmann, Armin Binz, Franco Fregnan, Hanspeter Eicher, Beat Nussbaumer:
*Vakuumdämmung im Praxiseinsatz*, Institut für Energie, FHBB Muttenz; Dr. Eicher & Pauli AG, Liestal/Bern, Quelle:
vip-bau.ch/fileadmin/user_upload/downloads/Statusseminar04_%20Praxis_IfE.pdf, Stand: 07/2004

[79] Andreas Prehal, Helmut Poppe:
*Zukunftsfähige Konzepte in der Stadt- und Gebäudesanierung – Trollmannkaserne Steyr*, Projektbericht im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien,
Quelle: download.nachhaltigwirtschaften.at/hdz_pdf/endbericht2304_id2764.pdf , Stand: 04/2004

[80] Tobias Loga, Rainer Feldmann, Nikolaus Diefenbach, Marc Großklos, Rolf Born:
*Wiesbaden – Lehrstraße 2, Energetische Modernisierung eines Gründerzeithauses*, Institut Wohnen und Umwelt GmbH, 11/2003

[81] Markus Erb, Dr. Eicher+Pauli AG
*Vakuumdämmung – „State Of The Art“ und Chancen für die Gebäudesanierung*, Tagung ökologischer Gebäudesanierung, AEE INTEC,
Quelle: www.aee-intec.at/0uploads/dateien152.pdf, Stand: 11/2005

[82] Julius Natterer, Thomas Herzog, Michael Volz:
*Holzbauatlas*, Arbeitsgemeinschaft Holz e.V. und Institut für Internationale Architektur-Dokumentation , Müller Verlag, Köln, 1996

[83] *Wärmeschutz im Altbau*, IVPU – Industrieverband Polyurethan-Hartschaum e.V., Quelle: ivpu.de/pdf/wia.pdf, Stand: 05/2002

[84] energiesparhaus.at, Unabhängige Beratung für Wohnen, Hausbau und Sanierung, Quelle: www.energiesparhaus.at, Stand: 02/2007

[85] * Horst Stiegel:
*Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmassnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen*, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2005

[86] Burkhard Schulze Darup:
*Energetische Wohngebäudesanierung mit Faktor 10*, Dissertation an der Universität Hannover, Fachbereich Architektur, 2003

[87] * Heiko Lünser:
*Dämmstoffe im Hochbau – Informationen für Bauherren, Architekten und Ingenieure*, Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, Quelle: www.impuls-programm-altbau.de/ Service/downloads/Daemmstoffe.pdf, Stand: 03/2004

[88] * Rolf-Günter Weiß, Olaf Paproth:
*Leitfaden Ökologische Dämmstoffe - Wärmedämmung für Wohngesundheit und Energieeinsparung*, NABU Bundesverband Naturschutzbund Deutschland e.V., Quelle: www.nabu.de/downloads/studien/leitfadendaemm.pdf, Stand: 03/2002

[89] * Klaus Michael:
*Niedrigenergiehäuser mit RAL-Gütezeichen*, Gütegemeinschaft NEH e.V., Quelle: www.nabu.de/downloads/studien/leitfadendaemm.pdf, Stand: 03/2003

[90] Volker Kienzlen, Hans Erhorn, Runa Hellwig, Jan de Boer, Gunther Claus, Bernhard Biegert, Christoph Bacher, Raphael Haller:
*Erarbeitung und Realisierung eines modellhaften Sanierungskonzeptes für eine Schule MOSES – Abschlußbericht*, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Stuttgart, 2002

[91] Jörg Brandhorst, Josef Spritzendorfer, Kai Gildhorn:
*Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen*, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Berlin, Quelle: www.fnr.de, Stand: 11/2006

[92] * Manfred Kehrer, Hartwig M. Künzel, Klaus Sedlbauer:
*Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen – ist der Wärmezuschlag für die Wärmeleitfähigkeit gerechtfertigt?*, IBP-Mitteilung 390, Fraunhofer Institut für Bauphysik IBP, Stuttgart, 2001

[93] * Harwig M. Künzel, Theo Großkinsky:
*Feuchtebelastungen beeinträchtigen die Wirkung von Dampfbremspappen*, IBP-Mitteilung 309, Fraunhofer Institut für Bauphysik IBP, Stuttgart, 1997

[94] Kurt Kießl:
*Mineralfaserdämmung innen – auch ohne Dampfsperre?*, IBP Mitteilung 104, Fraunhofer Institut für Bauphysik, Stuttgart, 12/1985

[95] * Jörg Wagner, Hans Knittel:
*Ökologische Baustoffe aus Hanf – Produktbeschreibung*, Bauhanf Handel & Service GbR, Quelle: www.bauhanf.de/produkte.pdf, Stand: 02/2004

[96] * Robert Wimmer, Luise Janisch, Hannes Hohensinner, Manfred Drack:
*Fördernde und hemmende Faktoren für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe im Bauwesen*, Projektbericht im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2001

[97] * Kristin Gruner:
*Kriterienkatalog zur Baustoffauswahl - Bewertung eines natürlichen und eines synthetischen Dämmstoffes im Vergleich*, Facharbeit für die Abschlussprüfung zur staatlich geprüften Umweltschutztechnikerin, Staatlische Gewerbeschule G19, Bautechnik, Fachrichtung Umweltschutztechnik, Quelle: www.hh.schule.de/g19/fsumwelt/facharb/gruner.pdf, Stand: 05/2005

[98] Karl Viridén, Thomas Ammann, Andreas Büsser, Katrin Pfäffli, Hansruedi Preisig
*P+D – Projekt Umbau Nietengasse 20 - mit bestehender Sichtbacksteinfassade*, Bundesamt für Energie, Forschungsprogramm „Rationelle Energienutzung in Gebäuden“, Zürich,
Quelle: www.empa-ren.ch/ren/Projekte_P+D/Pdf_P+D/SB%20Nietengasse%20Z%FCrich.pdf, Stand: 10/2004

[99] *Merkblatt für den Einbau und das Verputzen von extrudierten Polystyrol-Hartschaumstoffplatten mit rauer oder gewaffelter Oberfläche als Wärmebrückendämmung*, Industrieverband Werkmörtel e.V.,
Quelle: www.dow.com/styrofoam/europe/de/tech/lit/lit_aaa.htm, Stand: 04/2004

[100] * Peter Häupl, John Grunewald, Hans Petzhold:
*Energetische Sanierung des Herrenschießhauses Nürnberg mit kapillaraktiver Innendämmung*, in Fachzeitschrift: Bauphysik 26 (2004), Heft 1, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 2004

[101] Ulrich Zink:
*Energetische Sanierung eines Baudenkmals – die Villa Seeblick in Heringsdorf*, in Fachzeitschrift: Bauphysik 27 (2005), Heft 6, Verlag Ernst und Sohn, Berlin, 2005

[102] Steffen Gnoth, Karsten Jurk, Peter Strangfeld:
*Hygrothermisches Verhalten eingebetteter Holzbalkenköpfe im innengedämmten Aussen-MWK*, in Fachzeitschrift: Bauphysik 27 (2005), Heft 2, Verlag Ernst und Sohn, Berlin, 2005

[103] * Heinz Ladener:
*Vom Altbau zum Niedrigenergiehaus: energietechnische Gebäudesanierung in der Praxis*, Ökobuch-Verlag, Staufen bei Freiburg, 1997

[104] * Benno Seidler:
*Schäden beim Ausbau von Dachgeschossen*, IRB-Verlag, Stuttgart, 1997

[105] Günter Wricke, Siegfried Müller:
*Trockenbaumonteur-Technologie : Lernfelder für den Trockenbau*, B.G. Teubner Verlag, Stuttgart, 2000

[106] Manfred Boes, Dieter Leishold, Frank Hrachowy:
*Trockenbaumonteur: Technologie*, Verlag Handwerk und Technik G.m.b.H., Hamburg, 1996

[107] Erich Schild:
*Bauphysik: Planung und Anwendung*, Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, Braunschweig, 1990

[108] Hans W. Bobran, Ingrid Bobran-Wittfoht:
*Handbuch der Bauphysik*, Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, Braunschweig, 1995

[109] * Wolfgang Feist:
*Das Niedrigenergiehaus : neuer Standard für energiebewußtes Bauen*, Müller Verlag, Heidelberg, 1998

[110] * Joachim Zeller:
*Luftdichtigkeit von Wohngebäuden,* Energie-Verlag, Heidelberg, 1998

[111] * Claus J. Diederichs:
*Entwicklung eines Bewertungssystems für die ökonomische und ökologische Erneuerung von Wohnungsbeständen*, Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, 2003

[112] Mustersiedlung Hadersdorf, beigestellt durch Architekten Krischanitz und Frank, und Fa. Strabag AG, Paul Hofer (Bauleitung)

[113] Hildegund Mötzl, Thomas Zelger
*Ökologie der Dämmstoffe: Grundlagen der Wärmedämmung*, Österreichisches Institut für Baubiologie und –ökologie, Springer Verlag, Wien, Wien

[114] Bundesverband der Gipsindustrie e.V. Industriegruppe Gipsplatten:
*Regeldetails zum Wärmeschutz - Modernisierung mit Trockenbausystemen*, Merkblatt 4, Darmstadt, 2006

[115] Wolfgang Feist:
*Faktor 4 auch bei sensiblen Altbauten: Passivhauskomponenten + Innendämmung*, Protokollband Nr. 32, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut Darmstadt, 2005

[116] Martin Krus:
*Feuchtetransport- und Speicherkoeffizienten poröser mineralische Baustoffe. Theoretische Grundlagen und neue Messtechniken.*, Dissertation an der Fakultät Bauingenieur- und Vermessungswesen, Universität Stuttgart, 1995

[117] Martina Getz:
*Innendämmungen von Außenwandmauerwerk*, Diplomarbeit am Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz, Technische Universität Wien, 2006

[118] Werner Knöller:
*Trockengelegt*, in Fachzeitschrift: Die Mappe – deutsche Malerzeitschrift, Heft 11/2004, München, 2004

[119] R. Materna, Hp. Eicher, A. Binz
*Vakuum-Isolations-Paneele (VIP) im Baubereich,* Quelle: www.empa-ren.ch/Internet-Files/Programm/Aktuelles/aktualitaeten/Status-Seminar/pdf-files/Eicher-Hp.pdf, Stand: 09/2000

[120] Ch. Rösch:
*Monitoring „Nachwachsende Rohstoffe - Einsatz nachwachsender Rohstoffe im Wohnungsbau*, TAB-Arbeitsbericht Nr. 61 (4. Sachstandsbericht), Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Bonn,
Quelle: www.tab.fzk.de/de/projekt/zusammenfassung/ab61.pdf, Stand: 07/1999

[121] *Vakuum-Isolations-Paneele im Gebäudesektor*, Forschungsprogramm Rationelle Energienutzung in Gebäuden, Quelle: www.vip-bau.de/pdf/literatur/Annex39_B_deutsch.pdf, Stand: 12/2005

[122] *Abschlussbericht VIP – Demoobjekte*, Bayrisches Zentrum für angewandte Energieforschung e.V., Abteilung Wärmedämmung und Wärmetransport,
Quelle: www.zae-bayern.de/files/ab_vip_demo.pdf, Stand: 03/2004

[123] Markus Zwerger:
*Integration von VIPs in Wärmedämmverbundsysteme*, VIP-Bau, 2.Fachtagung „Erfahrungen aus der Praxis“, Wismar, Quelle: www.vip-bau.de/pdf/Wismar/Wismar_VIP-Bau2005.pdf, Stand: 06/2005

[124] Quelle: www.heiz-tipp.de, Stand: 12/2006

[125] *Luwoge: Projekt Sodastrasse 40*, Quelle: www.luwoge.de, Stand: 02/2007

[126] Ulrich Schneider:
*Brandschutz Skriptum*, Technische Universität Wien, Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz, 2005

[127] Quelle: www.archiphysik.at, Stand: 02/2007

[128] Quelle: www.gipser.de, Stand: 02/2007

## Normen:

- ÖNORM B 3410:
  Gipsplatten für Trockenbausysteme (Gipskartonplatten) - Arten, Anforderungen und Prüfungen, 09/2006

- ÖNORM B 3415:
  Gipskartonplatten und Gipskartonplatten-Systeme - Regeln für die Planung und Verarbeitung, 12/2004

- ÖNORM B 3358-6:
  Nichttragende Innenwandsysteme - Teil 6: Ständerwandsysteme mit Gipsplatten (Gipskartonplatten). 08/2006

- ÖNORM B 6053:
  Dämmstoffe für den Wärme- und/oder Schallschutz im Hochbau - Extrudierter Polystyrol-Schaumstoff XPS, 07/2003

- ÖNORM B 3800-1 VORNORM:
  Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Anforderungen und Prüfungen, 12/1988

- ÖNORM EN 13950:
  Gips-Verbundplatten zur Wärme- und Schalldämmung - Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren, 02/2006

- ÖNORM EN 14496:
  Kleber auf Gipsbasis für Verbundplatten zur Wärme- und Schalldämmung und Gipsplatten - Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren 02/2006

- ÖNORM EN 309:
  Spanplatten - Definition und Klassifizierung, 04/2005

- ÖNORM EN 300:
  Platten aus langen, flachen, ausgerichteten Spänen (OSB) – Definitionen, Klassifizierung und Anforderungen, 09/2006

- ÖNORM EN 316:
  Holzfaserplatten - Definition, Klassifizierung und Kurzzeichen, 12/1999

- ÖNORM EN 998-1:
  Festlegungen für Mörtel im Mauerwerksbau - Teil 1: Putzmörtel (konsolidierte Fassung), 02/2006

- DIN 4102-4:
  Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteil, 03/1994

- DIN 4109:
  Schallschutz im Hochbau - Anforderungen und Nachweise, 11/1998

- DIN 4103-4:
  Nichttragende innere Trennwände; Unterkonstruktion in Holzbauart, 11/1988

- DIN V 4108-4 VORNORM:
  Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte, 07/2004

- DIN V 4108-7:
  Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs-und Ausführungsempfehlungen sowie –beispiele, 08/2001

- DIN 18182-1:
  Zubehör für die Bearbeitung von Gipskartonplatten - Profile aus Stahlblech, 10/1991

- DIN 18182-2:
  Zubehör für die Verarbeitung von Gipskartonplatten - Schnellbauschrauben, 10/1991

- DIN 18182-3:
  Zubehör für die Verarbeitung von Gipskartonplatten - Klammern, 10/1991

- DIN 18184:
  Zubehör für die Verarbeitung von Gipskartonplatten - Nägel, 10/1991

- DIN 18180:
  Gipskartonplatten - Arten, Anforderungen, Prüfung, 09/1989

- DIN V 18550:
  Putz und Putzsysteme – Ausführung, 04/2004

## Produkthersteller- und Produktverzeichnis:

(Stand: 03/2007)

- Saint-Gobain Weber GmbH: (Quelle: www.weber-broutin.de)
  *Weber.dur 130*

- Karl Bachl GmbH & Co KG: (Quelle: www.bachl.de)
  *Bachl Multipaneel,*
  *Bachl Verbundplatte*

- Ursa Dämmsysteme Austria GmbH: (Quelle: www.ursa.at)
  *Ursa EPS W15,*
  *Ursa XPS N-III-PZ-I*

- Austrotherm GmbH: (Quelle: www.austrotherm.at)
  *Austrotherm Uniplatte*

- Dow Austria Ges.m.b.H.: (Quelle: www.dow.com)
*Styrofoam IB-A*

- Pittsburgh Corning GmbH: (Quelle: www.foamglas.at)
*Foamglas T4-040*
*Foamglas Kaltbitumenkleber PC56*

- Saint-Gobain ISOVER-Austria GmbH: (Quelle: www.isover.de)
*Styrodur 2800 C,*
*Akustic VP,*
*Akustic TP,*
*Protect BSP*
*Vario Klimamembran KB*

- Calsitherm Silikatbaustoffe GmbH: (Quelle: www.calsitherm.de)
*Calsitherm Klimaplatte*

- Xella International GmbH: (Quelle: www.multipor.de)
*Multipor Mineraldämmplatte*

- Getifix Franchise GmbH: ( Quelle: www.getifix.de)
*Getifix Klimaplatte*

- Epasit GmbH Spezialbaustoffe: (Quelle: www.epatherm.de)
*Epatherm Wohnklimaplatte*
*Epatherm etp/h*

- Redstone GmbH: (Quelle: www.redstone.de)
*Redstone Masterclima*
*Redstone USP Sanierplatte*

- Röfix AG: (Quelle: www.roefix.at)
*Röfix Renopor,*
*Röfix 888*

- Steinbacher Dämmstoff GmbH: (Quelle: www.steinbacher.at)
*Steinothan 107*

- Korff & Co KG (Quelle: www.korff.com)
*Korff Universal Dämmkeil*

- Unger-Diffutherm GmbH: (Quelle: www.unger-diffutherm.de)
*Unger Diffutherm Holzfaserdämmelement*
*Unger Diffutherm Multigrund*

- Gutex Holzfaserplattenwerk H. Henselmann GmbH + Co KG: (Quelle: www.gutex.de)
*Gutex Thermowall,*
*Gutex Thermosafe,*
*Gutex Thermoflex*

- Deutsche Rockwool Mineralwoll GmbH & Co. OHG. (Quelle: www.rockwool.de)
*Rockwool RP-X,*
*Rockwool Sonorock,*
*Rockwool Sonoroll 035,*

- Emfa Baustoff GmbH: (Quelle: www.emfa.de)
*Emfa Dämmkorkplatte,*
*Emfa Kokoswandplatte*

- Haacke Cellco GmbH: (Quelle: www.haacke-cellco.de)
*Cellco Korkplatte*
*Cellco Wärmedämmlehm*

- Fibrolith-Dämmstoffe Wilms GmbH: (Quelle: www.fibrolith.de)
*Fibrotherm HWL-Verbundplatten PS*

- Rigips AUSTRIA GmbH: (Quelle: www.rigips.de)
*Rigips Rigitherm Doublissimo,*
*Rigips Rigitherm MF,*
*Rigips Rigitherm PS,*
*Rigips Rigidur*

- Knauf GesmbH: (Quelle: www.knauf.at)
*Knauf Verbundplatte MF,*
*Knauf Verbundplatte PS,*
*Knauf Wkp-8,*
*Knauf Uni-8*

- Linzmeier Bauelemente GmbH: (Quelle: www.linzmeier.de)
*Linzmeier PAL GKW*

- Lafarge Gips GmbH: (Quelle: www.lafarge-gips.de)

- Danogips GmbH + Co. KG: (Quelle: www.danogips.de)

- Xella International GmbH: (Quelle: fermacell.xella.de)
*Fermacell Gipsfaserplatten*

- Heraklith AG: (Quelle: www.heraklith.at)
*Heraklith BM,*
*Heralan-FPL,*
*Heralan-TPS,*
*Heraflax*

- Flachshaus GmbH: (Quelle: www.flachshaus.de)
*Flachshaus Dämmplatte DP*

- Pavatex GmbH: (Quelle: www.pavatex.de)
*Pavaflax,*
*Pavatherm*

- Naturbauhof: (Quelle: www.naturbauhof.de)
*Flachs Dämmplatten DP*

- Homatherm GmbH: (Quelle: www.homatherm.de)
*Homatherm Holzflex,*
*Homatherm flex Cl,*
*Homatherm fine floc*

- Steico AG: (Quelle: www.steico.de)
*Steico Therm,*
*Steico Flex,*
*Steico Zell*

- Hock GmbH & Co. KG: (Quelle: www.thermo-hanf.de)
*Thermohanf*

- EuroHanf: (Quelle: www.eurohanf.com)
*Eurohanf Hanfschalldämmplatte HSDP 040*
*Eurohanf Einblasdämmung*

- CWA GmbH: (Quelle: www.climacell.de)
*Climacell Standard*

- Dämmstatt W.E.R.F. GmbH: (Quelle: www.daemmstatt.de)
  *Dämmstatt's CI 040*

- Isofloc AG: (Quelle: www.isofloc.de)
  *Isfloc*

- Isocell - Vertriebsgesm.b.H: (Quelle: www.isocell.de)
  *Isocell*

- Hasit Trockenmörtel GmbH & Co.KG: (Quelle: www.hasit.de)
  *Hasitherm 850*

- Villerit Putzsysteme GmbH: (Quelle: www.villerit.de)
  *Visol 500*

- Webersberger Quarzolith Fertigputze GesmbH: (Quelle: www.quarzolith.at)
  *Supertherm*

- Maxit Deutschland GmbH: (Quelle: www.maxit.de)
  *Maxit therm 75*

- Porextherm Dämmstoffe GmbH: (www.porextherm.de)
  *Porextherm Vacupor*

- Gima GmbH & Co. KG: (Quelle: www.gima-spezial.de)
  *Laibungsplatte LPS*