

TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN

VIENNA  
UNIVERSITY OF  
TECHNOLOGY

# DIPLOMARBEIT

**Master's Thesis**

**Wärmedämmverbundsystem mit Deckschichten aus baukeramischen Platten**

External Thermal Insulation Composite System with Facings of Ceramic Slabs

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

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

und als verantwortlich mitwirkenden Assistenten

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

am

**Institut für Hochbau und Technologie**

**Zentrum für Hochbaukonstruktionen und Bauwerkserhaltung**

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Bauingenieurwesen

von

**Florian Waschaurek**

**E 611 / 9327672**

Talgasse 2/2/10

A-1150 Wien

Wien, im November 2008

.....  
(Florian Waschaurek)



# VORWORT

Diese Arbeit möchte ich meiner Großmutter widmen. Sie hat es immer verstanden mich dezent und ohne große Worte daran zu erinnern wo die wahren Werte im Leben und in Beziehungen liegen. Ich bin froh, dass es sie gibt, und dankbar dass sie meinen Abschluss noch miterleben durfte.

Meiner Mutter schulde ich allerhöchsten Dank für die große Toleranz und Geduld die sie mir im Laufe meiner Studienzeit entgegen gebracht hat, und entschuldige mich aus tiefstem Herzen für so manche harte Stunde in der ich ihr das Leben schwer gemacht habe. Es tut mir Leid.

Für ihr Verständnis danke ich auch meiner Freundin. Sie hat in dieser Zeit sehr zurück gesteckt, mir aber trotzdem immer zur Seite gestanden und mich seelisch unterstützt. Dankeschön mein CKK.

Meiner kleinen Nichte danke ich für die zahlreichen Lichtpunkte am Horizont. Sie hat es als einzige geschafft mich konsequent von meiner Arbeit abzulenken.

Ein spezieller Dank gilt auch meinem Kollegen und ehemaligen Mitstudenten Elmar Hagmann. Ohne ihn wäre der Start meiner Diplomarbeit wohl um vieles mühsamer und holpriger verlaufen.

Und schließlich auch noch herzlichen Dank an Herrn Univ. Ass. Dipl.-Ing. Dr. techn. Sinan Korjenic und an Herrn Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Andreas Kolbitsch, unter deren außerordentlich problemfreier Betreuung ich meine Diplomarbeit schreiben durfte.



# **WÄRMEDÄMMVERBUNDSYSTEM MIT DECKSCHICHTEN AUS BAUKERAMISCHEN PLATTEN**

Florian Waschaurek

## **KURZFASSUNG**

In der vorliegenden Arbeit soll der Frage nachgegangen werden, ob Wärmedämmverbundsysteme mit Deckschichten aus baukeramischen Platten rechtliche Grundlagen besitzen und, ob sie in bauphysikalischer Hinsicht eine sinnvolle Alternative zu herkömmlichen WDVS mit Putzschicht darstellen.

Beginnend mit einer Übersicht über die geschichtliche Entwicklung des menschlichen Wohnverhaltens, wird ein Einblick in die unterschiedlichen Arten von Wandkonstruktionen und Fassadengestaltungsmöglichkeiten gegeben, und versucht die potentiellen Vor- und Nachteile von keramischen Bekleidungen klarzulegen.

Es wird die Harmonisierung der Gesetzgebung und Normenwelt innerhalb Europas durchleuchtet, überprüft welchen Regelwerken die Errichtung von WDVS in Österreich unterworfen ist, sowie deren Auswirkungen auf WDVS mit keramischen Belägen untersucht, wobei hierzu deren Komponenten einer technischen Betrachtung unterzogen werden.

Kernthema dieser Arbeit ist jedoch die bauphysikalische Analyse grundverschiedener Wandaufbauten, zum Teil mit Computerunterstützten Simulationsprogrammen, um die Unterschiede zu, und Besonderheiten von keramischen Deckschichten zu verdeutlichen.

Beobachtungen von im Baugeschehen aktuell angewendeten Systemen und deren ungleiche Ausführungsmodalitäten bilden den Abschluss der vorliegenden Arbeit.



# **EXTERNAL THERMAL INSULATION COMPOSITE SYSTEM WITH FACINGS OF CERAMIC SLABS**

Florian Waschaurek

## **ABSTRACT**

In the available work it is to be followed to the question whether external thermal insulation composite system with facings of ceramic slabs possess legal bases and, whether they represent in regard to the building design aspect a meaningful alternative to conventional etics with rendering surfaces.

Beginning with an overview of the historical development of the human living behaviour, an idea of the different kinds of wall constructions and facade design possibilities is given, and tried to draw out the potential advantages and disadvantages of ceramic clothing.

The harmonization of the legislation and standards is analysed within Europe, examined which sets of rules the establishment of etics in Austria is subjected, as well as their effects are examined on etics with ceramic surfaces, whereby for this their components are submitted of a technical view.

However the main topic of this work is the analysis from the building design aspect of entirely different wall constructions, partially with computer aided simulation programs, in order to clarify the differences to, and characteristics from ceramic surface layers.

Observations of systems up-to-date used in the building procedures and their unequal construction modalities form the conclusion of the available work.



---

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>HISTORISCHE ENTWICKLUNG DES MENSCHLICHEN WOHNVERHALTENS..</b>	<b>3</b>
2.1	Einleitung .....	3
2.2	Zentralheizanlagen .....	3
2.3	Wärmedämmung .....	4
2.4	Fenster.....	5
2.5	Gebäudedichtheit .....	5
2.6	Wohnverhalten.....	6
<b>3</b>	<b>GRÜNDE FÜR KERAMISCHE FASSADENBELÄGE .....</b>	<b>9</b>
3.1	Architektonische Anforderungen .....	9
3.2	Wandkonstruktionen.....	10
3.2.1	Leichtbau-Konstruktionen.....	10
3.2.2	Massive Wand .....	10
3.2.3	Putze .....	11
3.2.4	Hinterlüftete Vormauerung .....	12
3.2.5	Kerndämmung .....	12
3.2.6	Hinterlüftete Vorhangfassade.....	13
3.2.7	Glasdoppelfassade.....	14
3.3	Schauseitenverkleidungen .....	14
3.3.1	Sichtmauerwerk.....	15
3.3.2	Verblendmauerwerk .....	15
3.3.3	Natursteinvorsatzschale .....	17
3.3.4	Betonfassade.....	18
3.3.5	Ziegelplattenfassade .....	20
3.3.6	Wärmedämmverbundsystem (WDVS) .....	23
3.4	Vergleichsmatrix.....	24
3.4.1	Parameter .....	25
3.4.2	Wandaufbauten .....	25

3.4.3	Gegenüberstellung .....	29
3.4.4	Schlussfolgerung .....	29
<b>4</b>	<b>TECHNISCHE BETRACHTUNG .....</b>	<b>31</b>
<b>4.1</b>	<b>„State of the Art“ .....</b>	<b>31</b>
4.1.1	Definition der Techniklauseln .....	31
4.1.2	Konsequenz .....	33
<b>4.2</b>	<b>Regelwerke .....</b>	<b>34</b>
4.2.1	Nationale und Europäische Normen, Richtlinien und Leitlinien .....	35
4.2.2	Güteschutzrichtlinien .....	36
4.2.3	Verarbeitungsrichtlinien .....	36
4.2.4	Relevanz für die Herstellung keramischer Bekleidungen .....	36
<b>4.3</b>	<b>Eignung der Dämmstoffe .....</b>	<b>37</b>
4.3.1	Expandiertes Polystyrol (EPS) .....	37
4.3.2	Extrudiertes Polystyrol (XPS) .....	38
4.3.3	Stein-, Glas- oder Mineralwolle (MW) .....	39
4.3.4	Holzwohle (HW) .....	40
4.3.5	Schaumglas (Foamglas) .....	40
4.3.6	Porenbeton, Mineralschaum .....	41
4.3.7	Kork .....	42
4.3.8	Vakuuminisulationspaneel (VIP) .....	42
<b>4.4</b>	<b>Eignung der Untergründe .....</b>	<b>43</b>
<b>4.5</b>	<b>Eignung der Montagevarianten .....</b>	<b>44</b>
4.5.1	Verkleben .....	44
4.5.2	Verdübeln .....	45
4.5.3	Verankern .....	47
<b>4.6</b>	<b>Eignung der Armierungsschichten .....</b>	<b>47</b>
<b>4.7</b>	<b>Eignung der Deckschichten .....</b>	<b>48</b>
4.7.1	Keramische Platten .....	49
4.7.2	Klebemörtel .....	50
4.7.3	Fugenmörtel .....	51
<b>5</b>	<b>RECHTLICHE BETRACHTUNG .....</b>	<b>53</b>
<b>5.1</b>	<b>Europäische Harmonisierung .....</b>	<b>53</b>

---

<b>5.2</b>	<b>Bauproduktenrichtlinie .....</b>	<b>53</b>
<b>5.3</b>	<b>OIB-Richtlinien.....</b>	<b>54</b>
<b>5.4</b>	<b>Zulassungen .....</b>	<b>54</b>
5.4.1	Nationale Ebene .....	55
5.4.2	Europäische Ebene .....	55
<b>5.5</b>	<b>Stand der Gesetzgebung .....</b>	<b>56</b>
5.5.1	Nutzungssicherheit.....	56
5.5.2	Brandschutz.....	57
5.5.3	Schallschutz .....	58
5.5.4	Wärmeschutz.....	58
5.5.5	Feuchtigkeitsschutz .....	59
5.5.6	Relevanz für die Ausführung keramischer Bekleidungen .....	60
<b>6</b>	<b>BAUPHYSIK.....</b>	<b>61</b>
<b>6.1</b>	<b>Allgemein .....</b>	<b>61</b>
6.1.1	Wandaufbau A1.....	62
6.1.2	Wandaufbau A2.....	62
6.1.3	Wandaufbau B1.....	63
6.1.4	Wandaufbau B2.....	63
6.1.5	Wandaufbau C1.....	64
6.1.6	Wandaufbau C2.....	64
6.1.7	Übersicht .....	65
<b>6.2</b>	<b>Standicherheit.....</b>	<b>65</b>
6.2.1	Allgemein.....	65
6.2.2	Eigengewicht .....	66
6.2.3	Windsog.....	66
6.2.4	Tragwand-Verformungen .....	66
6.2.5	Hygrische Beanspruchungen .....	67
6.2.6	Thermische Beanspruchungen .....	67
<b>6.3</b>	<b>Brandschutz.....</b>	<b>72</b>
6.3.1	Allgemein.....	72
6.3.2	Anforderung an den Brandwiderstand - Brandwiderstandsklassen .....	72
6.3.3	Anforderung an das Brandverhalten - Brennbarkeitsklassen .....	73
6.3.4	Brandverhalten der verschiedenen Deckschichten.....	74
6.3.5	Brandverhalten der verschiedenen Dämmstoffe .....	74
<b>6.4</b>	<b>Schallschutz.....</b>	<b>76</b>

---

6.4.1	Allgemein .....	76
6.4.2	Einschalige Wandaufbauten .....	76
6.4.3	Zwei- oder mehrschalige Wandaufbauten .....	77
6.4.4	Am Beispiel der gewählten Wandaufbauten .....	77
6.4.5	Schlussfolgerung .....	78
<b>6.5</b>	<b>Wärmeschutz .....</b>	<b>78</b>
6.5.1	Allgemein .....	78
6.5.2	Energieeinsparung .....	79
6.5.3	Wärmedämmung .....	79
6.5.4	Wärmespeicherung .....	80
6.5.5	Am Beispiel der gewählten Wandaufbauten .....	80
6.5.6	Schlussfolgerung .....	86
<b>6.6</b>	<b>Feuchtigkeitsschutz .....</b>	<b>86</b>
6.6.1	Allgemein .....	86
6.6.2	Spritzwasser .....	87
6.6.3	Schlagregen .....	88
6.6.4	Oberflächenkondensat .....	89
6.6.5	Kondensation im Bauteilinneren .....	90
6.6.6	Am Beispiel der gewählten Wandaufbauten .....	91
6.6.7	Schlussfolgerung .....	101
<b>7</b>	<b>AKTUELLE AUSFÜHRUNGSSYSTEME .....</b>	<b>103</b>
7.1	Einleitung .....	103
7.2	System Sto .....	103
7.3	System Wopfinger .....	104
7.4	System Renowall .....	105
7.5	System Isoklinker .....	106
<b>8</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>107</b>
	<b>SUMMARY .....</b>	<b>109</b>
	<b>VERZEICHNISSE .....</b>	<b>111</b>
	<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>113</b>
	Literatur: .....	113

---

Gesetze und Richtlinien: .....	115
Normen: .....	117
Internet: .....	121
Weitere: .....	123
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>125</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>129</b>
<b>ANHÄNGE.....</b>	<b>131</b>
<b>Anhang A.....</b>	<b>133</b>
<b>Anhang B.....</b>	<b>135</b>
<b>Anhang C.....</b>	<b>141</b>
<b>Anhang D.....</b>	<b>147</b>
<b>Anhang E.....</b>	<b>151</b>
<b>Anhang F .....</b>	<b>159</b>
<b>Anhang G .....</b>	<b>163</b>
<b>Anhang H.....</b>	<b>165</b>
<b>Anhang I .....</b>	<b>167</b>



# 1 EINLEITUNG

Wärmedämmverbundsysteme sind die in Österreich, und sicher auch weiten Teilen Europas, vorherrschende Art Wohnbauten gegen den Verlust von Wärme und Energie zu dämmen. Die dabei eingesetzten Deckschichten sind üblicherweise Putze, welche die Fassade gegen Regen, Sonne, Stoßbelastungen und weitere äußere Einflüsse schützen soll. Sind Putze aber die einzige Möglichkeit die Oberflächen von WDVS damit zu versehen? Kann man außer Putzen vielleicht auch noch andere Bekleidungen einsetzen? Was gibt es noch für Wege die „Haut“ eines Bauwerks zu schützen?

In der vorliegenden Arbeit soll dieser Frage nachgegangen und versucht werden, ob Wärmedämmverbundsysteme mit Deckschichten aus baukeramischen Platten zumindest eine der denkbaren Antworten darauf sind.

Es soll nachgeprüft werden welche rechtlichen Grundlagen für WDVS speziell mit keramischen Deckschichten existieren und welchen Regelwerken die Errichtung dieser unterworfen ist. In bauphysikalischen Erörterungen, teils unter Zuhilfenahme von Computer unterstützten Simulationsprogrammen, sollen außerdem an grundverschiedenen Wandaufbauten die Vor- und Nachteile zu herkömmlichen WDVS mit Putzschicht verdeutlicht werden. Es soll klar dargelegt werden, wo sich die beiden Systeme differenzieren, wo baustoffspezifische Eigenschaften zu besserer Eignung führen, aber auch wo die Schwächen einer keramischen Deckschicht verborgen liegen könnten.

Ziel dieser Arbeit soll sein, einen umfassenden Überblick über die derzeit herrschende Situation zu Wärmedämmverbundsystemen mit Deckschichten aus baukeramischen Platten zu vermitteln.



---

## 2 HISTORISCHE ENTWICKLUNG DES MENSCHLICHEN WOHNVERHALTENS

### 2.1 *Einleitung*

Seit jeher hat sich der Mensch vor Kälte, Nässe und den allgemein rauen Umweltbedingungen zu schützen versucht. Ursprünglich in Höhlen, danach in primitiven Zelt- und Holzbauten, und schließlich in gemauerten Steingebäuden. Ein Dach über dem Kopf um vor Regen, Schnee und äußeren Witterungseinflüssen gefeit zu sein und Wände um Kälte und Wind zu trotzen. Die zu Beginn vorherrschenden offenen Feuerstellen wichen Öfen mit Rauchabzügen und die anfangs sehr luftdurchlässigen Baukonstruktionen wurden immer dichter und Wärme speichernder ausgeführt.

Im Holzbau übliche Blockbauten und Dach- und Deckenkonstruktionen wurden durch technisch immer mehr ausgereifte Konzepte verbessert. Unregelmäßige Steine im Mauerwerksbau wurden durch gleichförmige Ziegel ersetzt und natürlicher Lehm und Ton durch Mörtel. Schließlich entwickelte sich mit dem Werkstoff Beton auch endlich ein homogener Baustoff, der sich im zwanzigsten Jahrhundert, in Kombination mit dem ebenso neuen Bewehrungsstahl, zum maßgeblichen Element für Bauwerke entwickelt hat.

Aus den zu Beginn vorherrschenden luftigen Behausungen wurden nun grundsätzlich dichte und solide Bauwerke. Man hatte seine üblichen Bauweisen und anerkannten Baumaterialien und im Wohnungsbau waren Einzelofenheizung und die damit einhergehende Fensterlüftung dominierend[9].

### 2.2 *Zentralheizanlagen*

Erst nach den beiden Weltkriegen änderten sich das Wohnverhalten und der Wohnkomfort der Menschen wieder merklich. Anfangs durch den Wiederaufbau, dann durch den stetig zunehmenden Wohlstand der Bevölkerung. Neue Werkstoffe und Bauweisen wurden entwickelt, als Energieträger kam immer stärker das damals billiger werdende Heizöl anstelle von Holz zum Einsatz, und anstatt der Einzelöfen wurden Zentralheizungen ständig populärer.

Aufgrund der zu der Zeit noch unrentablen Thermostatventile waren die Räume eher überall unterheizt, was zur Folge hatte, dass die Temperatur über das Öffnen der Fenster reguliert wurde. In den kalten Winterperioden bedeutete dieser Umstand eine „automatische“

Regulierung der Luftfeuchte, die dadurch niedrige relative Werte aufwies und Schimmelbildung faktisch kein Thema war.

Die Energiekrise von 1973 gebot dieser Entwicklung jedoch ein jähes Ende und man besann sich auf die Tatsache, dass man sich im Energieverbrauch einschränken und die Wärme auf anderem Wege „erhalten“ musste. Dies hatte entscheidenden Einfluss auf die Entwicklung von neuen Bau- und Dämmstoffen, denen nun ein verstärktes Augenmerk galt, und der Verbesserung der häuslichen Gerätetechnik. So wurde deutlich sparsamer geheizt und vor allem die Überheizung durch die Verwendung von jetzt günstigeren Thermostatventilen begrenzt.

Ebenso wurden Vorschriften und Verordnungen zur Einsparung von Energie – betreffend die Dämmung von Bauwerken und deren Heizanlagen, und in weiterer Folge der Qualität der Fenster und Dichtheit von Bauwerken – erlassen, welche in den darauf folgenden Jahrzehnten fortlaufend weiterentwickelt und ausgebaut wurden.

### **2.3 Wärmedämmung**

Kriterien und Grundlagen dieser Regelwerke waren anfangs lediglich

- die Einteilung in Wärmedämmgebiete,
- das Einhalten von Mindestdämmwerten von Außenwänden und
- die Erfahrungen mit den damals üblichen Bauarten.

In der Praxis wurden aber recht bald Außenwände mit wesentlich höheren Dämmwerten angeboten und ausgeführt, da die gesetzliche Regelung der Mindestdämmwerte allein keinen besonderen „thermischen Wohnkomfort“ ermöglichten. Mit dieser Entwicklung etablierte die Industrie den neuen Begriff „Vollwärmeschutz“, der ein deutliches „Mehr“ gegenüber dem geregelten Mindestwärmeschutz darstellen sollte.

In weiterer Entwicklung dieser Gesetze wurden die Kriterien ausgeweitet auf

- die Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs in Abhängigkeit von
- Größe und
- Form eines Gebäudes, ausgedrückt im Verhältnis
- A/V (Umfassungsfläche zu Volumen),

wobei kompakte Gebäude mit kleinem A/V-Verhältnis den um bis zu die Hälfte kleineren Primärenergiebedarf aufweisen müssen als Gebäude mit großem A/V-Verhältnis.

## **2.4 Fenster**

Was die Reglementierung der Fenster betraf, so wurde zu Beginn eher eine Empfehlung von Doppel- oder Verbundfenstern ausgesprochen als eine Vorschrift derselben. Fenster wurden damals hauptsächlich als Belichtungs- und Belüftungselemente betrachtet, was etwas verständlicher macht warum Angaben zu den Wärmeverlusten gänzlich gefehlt haben. Diese waren bei der Ermittlung des Heizwärmebedarfs zu berücksichtigen, welcher durch die k-Werte geregelt wurde, bei denen wiederum nur unterschieden wurde nach

- Rahmenart (Holz-, Kunststoff-, Metall- und Betonrahmen) und
- Verglasung (Einfach-, Zweifach-, Dreifach-, sowie Verbund-Verglasung), bei jeweils
- definierten Rahmenanteilen.

Die Fenster waren oft noch mit einfachem Falz und Rinne zur Aufnahme von ablaufendem Tauwasser und ohne die heute selbstverständlichen Lippendichtungen ausgebildet, was einerseits zu lästigen Zugscheinungen führte, andererseits aber durch die früher schon erwähnte „automatische“ Fugenlüftung die relative Raumluftfeuchtigkeit positiv beeinflusste.

Unter anderem durch die Komfortsteigerung und der Etablierung des Begriffes „Vollwärmeschutz“, änderte sich in den entsprechenden Verordnungen nach der Energiekrise bis heute auf diesem Gebiet sehr vieles. Das Fenster reifte mittlerweile zu einem hochtechnischen Produkt heran, welches zur energetischen Beurteilung umfangreiche rechnerische Nachweise unter winterlichen und sommerlichen Randbedingungen erfordert.

## **2.5 Gebäudedichtheit**

Eine Erhöhung der Wärmedämmung der Außenbauteile war die erste Reaktion nach der Energiekrise zur Einsparung von Heizenergie, da sie im Gegensatz zu Lüftungswärmeverlusten, relativ einfach durch den R- oder U-Wert zu erfassen und durch den Bauteilaufbau zu kontrollieren war. Da nun dadurch die Transmissionswärmeverluste durch Bauteile von den Lüftungswärmeverlusten überstiegen wurden – speziell bei außen ansteigender Windgeschwindigkeit – trachtete man folglich danach die Gebäudedichtheit zu verbessern. In erster Linie versuchte man die Fenster an sich dichter zu machen, also die Verglasung zu verbessern und die Dichtung zwischen Fensterflügel und –stock zu erhöhen, aber auch der Einbau der Fenster in die Wand, sowie die Anschlüsse zwischen Wand und Decke oder Wand und Dach wurden technisch weiterentwickelt.

Das „Differenzdruck-Messverfahren“, besser bekannt unter „Blower-Door-Test“, wurde in der Folge zur Ermittlung der Gebäudedichtheit insgesamt entwickelt. Hierbei wird bei einem defi-

nierten Über- oder Unterdruck der integrale Luftdurchgang durch einen in sich abgeschlossenen Gebäudeteil oder ein gesamtes Bauwerk gemessen. Bei zu großen Undichtheiten muss eine entsprechende Abdichtung nach einer Ortung der Fehlstelle erfolgen.

## **2.6 Wohnverhalten**

In all diesen Regelwerken werden allerdings nur Verfahren beschrieben, die messtechnisch erfassbare Eigenschaften festhalten können. Daher wird natürlich auch nur auf die bauphysikalischen Eigenschaften eingegangen – wie Wärme-, Luft- und Trittschalldämmung, Feuchte-, Diffusions- und Brandverhalten, sowie die Lebensdauer von Baustoffen und Baumethoden – die menschlichen Eigenschaften werden aber komplett außer Acht gelassen. Gerade dieses menschliche Verhalten aber ist es, welches einen entscheidenden Einfluss auf das Raumklima haben kann. Der Mensch entscheidet über die Höhe der Zimmertemperatur, die Heizdauer, die Anzahl der beheizten Zimmer, sowie die Lüftungsdauer und -häufigkeit. Das falsche „Wohnverhalten“ kann also in der Folge durchaus zu Feuchte- und Schimmelschäden führen, welche in weiterer Konsequenz zu gesundheitlichen Belastungen heranreifen können.

Neben einer Weiterentwicklung der technischen und bauphysikalischen Eigenschaften der Bauweisen und der darin eingesetzten Werkstoffe, hätte auch eine regelmäßige Weiterbildung der Bewohner betreffend deren Lüftungsverhalten einhergehen müssen, was natürlich in die objektiv und allgemein gehaltenen Vorschriften und Verordnungen nicht einfließen konnte. Der Umstand, dass ein Nutzer einer teureren Komfortwohnung mehr und umfangreichere Regeln zur Vermeidung von Bauschäden einhalten musste, war für fachunkundige Bewohner ebenfalls nur schwer einzusehen.

In Zeiten, in denen das Heizen mit Einzelöfen noch mit einem nicht unwesentlichen Arbeitsaufwand verbunden war – beispielsweise dem Beschaffen der Kohle aus dem Keller, dem ständigen Betreuen und Bestücken des Ofens und auch dem Wegschaffen der Asche, was besonders in Wohnungen der oberen Stockwerke beachtlich war – wurde das fachgerechte Lüften sogar als Unterrichtsgegenstand in Hausfrauen- und Kochschulen beschrieben. Die Leiterin der Kochschule des schwäbischen Frauenvereins schrieb beispielhaft in ihrem Kochbuch:

*„Bei der täglichen Reinigung der Wohnräume werden zuerst die Fenster geöffnet und die Zimmer aufgeräumt. Im Winter wird dann zuerst der Ofen gereinigt, die Asche, eventuell Schlacken, entfernt und der Ofen zum Anfeuern wieder gerichtet. Vor dem Heizen muss das Zimmer 20 Minuten gelüftet sein, da sich frische Luft leichter erwärmen lässt.“*[8]

---

In den neueren Ausgaben des gleichen Kochbuchs fehlen bereits diese Hinweise auf das korrekte Lüftungsverhalten, da sie ja aufgrund der derzeitig vorherrschenden Heizgegebenheiten anders formuliert hätten werden müssen. Ebenso wie in diesem Kochbuch fehlt dieses Wissen um bewusstes und gezieltes Lüften auch im Denken der meisten Wohnungsnutzer, was in der Folge oft zu vermeidbaren gerichtlichen Auseinandersetzungen zwischen Mietern und Vermietern führt.

Effiziente Einsparungen an Energie in Wohngebäuden sind allein durch Vorschriften über die haustechnischen Anlagen und den Gebäudezustand daher nicht zu bewerkstelligen, es wird zusätzlich in immer stärker werdendem Masse das Wohnverhalten der Benutzer gefordert. Statt dem früher erhöhten Arbeitsaufwand durch den Bewohner (Kohle, Betreuung, Asche), wird bei dem heutzutage ganz üblich erhöhten Wohnkomfort das aktive und bewusst und gezielt gesteuerte Lüftungsverhalten in den Vordergrund gestellt.



## 3 GRÜNDE FÜR KERAMISCHE FASSADENBELÄGE

### 3.1 *Architektonische Anforderungen*

Aus der Entwicklung unserer Heiz- und Lüftungsgewohnheiten im Laufe der Zeit, und des daraus resultierenden aktuellen Wohnverhaltens, ergibt sich zwangsläufig die Frage nach den Anforderungen die heute an ein Bauwerk gestellt werden müssen. Diese sind in erster Linie nach wie vor die Erfüllung der ursprünglichen Erfordernisse nach Schutz vor Nässe, Kälte oder Wind, kurz den äußeren Witterungseinflüssen, selbstverständlich die Frage nach Standsicherheit und Dauerhaftigkeit der errichteten Bauwerke, darüber hinaus aber in immer wichtiger erscheinendem Masse, der Wunsch nach Ästhetik und optisch ansprechendem Erscheinungsbild dessen, was wir bauen. Es sind also nicht mehr nur konstruktive Anforderungen zu erfüllen, sondern auch künstlerisch-architektonische.

Zusammenfassend wären das wohl die folgenden Kriterien

- des jeweils statisch erforderlichen Tragwerks,
- der einzusetzenden Baustoffe,
- der zu verwendenden Dämmmaterialien und
- deren Lage im Wand- und Deckenaufbau,

weitere die bauphysikalischen Maßnahmen zur Vermeidung von

- Feuchteschäden,
- Wärmebrücken und Überhitzung,
- Luft- und Trittschallbelästigung,
- Brandentstehung und -ausbreitung,

sowie heutzutage noch zusätzlich dazu

- die optisch kreative äußere Form,
- das künstlerische Erscheinungsbild des gesamten, sowie von Teilen des Bauwerks,
- die Innenarchitektur,
- die Gestaltung der Außenanlagen, sowie der Faktor
- „Kunst am Bau“

Von all diesen an sich wichtigen Punkten, ist für die vorliegende Arbeit neben der Bauphysik, das künstlerische Erscheinungsbild des Bauwerks von bestimmender Bedeutung. Die Wahl des Fassadensystems und gleichzeitig die Entscheidung über das verwendete Material trägt in maßgebender Weise dazu bei wie das Bauwerk nach außen hin präsentiert wird.

## 3.2 Wandkonstruktionen

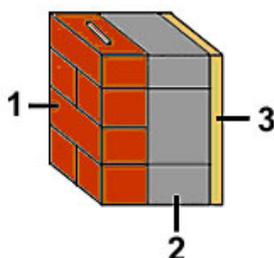
Fassaden bestehen aus durchaus sehr unterschiedlichen Materialien. Sie können verputzt sein (Putzfassade), aus einer Aluminium- oder Stahl-Glaskonstruktion bestehen, es kann sich um Leichtfassaden, Massivfassaden, Vorhangfassaden oder um Holzfassaden handeln. Je nach Konstruktionsweise des tragenden Bauteils kann beispielsweise eine Fassade aus Verblendmauerwerk direkt mit der Wand verbunden sein, oder aber auch hinterlüftet[68].

### 3.2.1 Leichtbau-Konstruktionen

Zu den Wandkonstruktionen des Leichtbaus zählt man die Skelett- oder Ständerbauweise (einer Weiterentwicklung des Fachwerks), sowie die Rippenbauweise, zu der man den Tafel- und den Rahmenbau zählt. Der Großteil der heutzutage aufgestellten Fertigteilhäuser wird in Tafelbauweise gefertigt. Wand- und Deckentafeln werden im Werk zur Gänze vorgefertigt und auf der Baustelle nur noch zusammengesetzt. Gebäude in Holzrahmenbauweise sind absolut trocken und dicht und verfügen über eine hervorragende Wärmedämmung. Aber auch betreffend die Herstellungskosten ist diese Bauweise günstig, schlussendlich sind die Bauzeiten relativ kurz und sogar Wohnraumgewinn ist durch die schlanken Wandquerschnitte möglich. Als flexibles System ist der moderne Holzrahmenbau den unterschiedlichsten Gegebenheiten, Nutzungskonzepten und Wünschen auch sehr leicht anpassbar.

### 3.2.2 Massive Wand

Die massive Wand aus Ziegeln oder Beton gilt als die robuste, langlebige Wandkonstruktion schlechthin. Schon früh wurden Häuser mit einer einschaligen gemauerten Außenwand, häufig in Kombination mit einem optisch ansprechenden Sichtmauerwerk errichtet. Der vergleichsweise schlechte Wärmedämmwert ist bei dieser dauerhaften Konstruktion allerdings von großem Nachteil. Eine Ziegelwand, die ohne Dämmung den Vorschriften der Wärmeschutzverordnung entspricht, ist über 50 Zentimeter dick.



1. Vormauerschale
2. Tragende Wand
3. Innenputz

Abb. 3.2-1: Einschalige Außenwand[68]

Alternativ dazu wurde daher die Entwicklung der sogenannten porosierten Steine vorangetrieben. Hierbei handelt es sich um Mauerwerkssteine aus verschiedenen Materialien, in denen durch die jeweilige Art der Herstellung Luftbläschen eingeschlossen sind, welche die Wärmedämmung erheblich verbessern. Gleichzeitig wird dadurch aber deren Tragfähigkeit vermindert. Aus diesem Grunde wurden zum Teil schon voriges Jahrhundert verschiedene, weiter unten genauer beschriebene, Bauweisen entwickelt, die schlanke, aber massive Wandstärken mit einer ausreichend guten Wärmedämmung verbinden.

### 3.2.3 Putze

Alternativ zum Sichtmauerwerk kann man die Außenwand als Putzfassade ausführen. Speziell mineralische Putze aus Kalk- und Zementmörteln werden im Außenbereich eingesetzt, weil sie gegen Frost, Feuchtigkeit und UV-Strahlung sehr resistent sind, aber trotzdem noch ausreichend Wasserdampf aus dem Gebäudeinnern transportieren und so entweichen lassen. Im Sockelbereich sollte vorzugsweise ausgewiesener Zementputz eingesetzt werden, er ist stark frost- und tauwasserbeständig und zeichnet sich oft durch besondere Schlagfestigkeit aus. Verschiedene Putze und unterschiedliche Putzweisen (z.B. Reibputz, Kratzputz) ermöglichen im äußeren Erscheinungsbild sehr differenzierte Putzfassaden, welche darüber hinaus auch durch eingefärbte Putze einen zusätzlichen Anstrich in der Wunschfarbe überflüssig machen.

Wärmedämmputz erfüllt gleichzeitig zwei Funktionen, da dem mineralischen Putz ein körniger Dämmstoff (z. B. Perlite, Korkgranulat oder Polystyrolkugeln) beigefügt ist. Das Aufbringen eines solchen Putzes ist nicht ganz unproblematisch, da er aus wenigstens drei Lagen besteht, zu der gegebenenfalls noch ein Spritzbewurf als Unterlage zum Einsatz kommt. Darauf folgt der eigentliche Unterputz, eine fünf bis zehn Zentimeter dicke Wärmedämmputz-Schicht und der schließlich der schützende Oberputz. Das Aufbringen des Wärmedämmputzes ist sehr anspruchsvoll, da es – aufgrund der hohen Putzstärke - in mehreren Arbeitsgängen geschehen muss.

Sanierputz wird vorzugsweise nach Feuchteschäden im Mauerwerk angewandt. Ebenfalls mehrlagig aufgetragen, verhindert er Salzausblühungen auf der Fassade, welche durch bei der Durchfeuchtung ins Mauerwerk gelangten Salzkristalle verursacht werden. Von der besonderen Struktur des Sanierputzes werden die mit der Dampfdiffusion in Richtung Oberfläche wandernden und auf üblichem Putz hässliche Kränze hinterlassenden Salzkristalle zurückgehalten.

Wärmedämmverbundsysteme erscheinen bauphysikalisch auf den ersten Blick eventuell problematisch, da durch die vergleichsweise dampfdichten Materialien die Dampfdiffusion des Mauerwerks beeinträchtigt zu werden scheint. Praktisch ist das aber bei sachgemäßer Ausführung kein Problem. Obwohl sich nach der Montage der Thermohaut tatsächlich die Menge des Wasserdampfes im Mauerwerk erhöht, bleibt aufgrund der guten Dämmeigenschaften die Wand aber doch so warm, dass der Wasserdampf eben nicht kondensieren kann. Und da kein Tauwasser anfällt, entstehen auch keine Feuchteschäden.

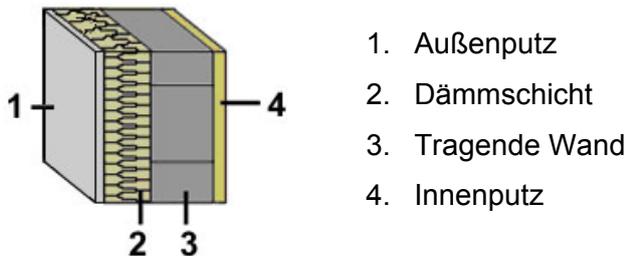


Abb. 3.2-2: Wärmedämmverbundsystem (WDVS)[68]

### 3.2.4 Hinterlüftete Vormauerung

Durch eine Hinterlüftung der Konstruktion bleiben die Dämmschicht und der Wetterschutz auch nach ersten Schäden in der Vormauerung durchwegs intakt. Daher könnte man diese Bauweise als eine grundsolide, stabile und alterungsbeständige Lösung verstehen, wäre sie nicht in der Herstellung teuer und würde große Wandquerschnitte benötigen. Eine nachträgliche Errichtung im Zuge einer Sanierung scheitert oft auch an den Folgekosten, da die Dachüberstände in vielen Fällen verlängert, neue Fensterbänke versetzt und die Fenster selbst nach vorne in die Dämmung verlegt werden müssen.

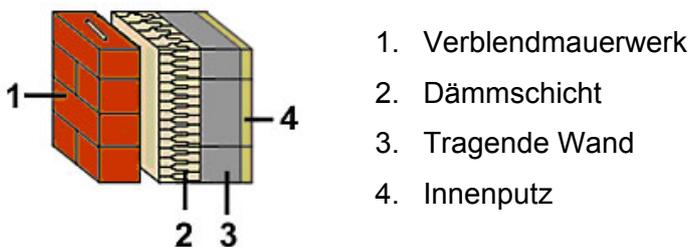
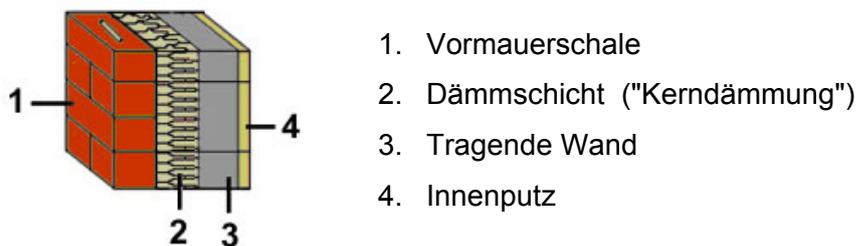


Abb. 3.2-3: Hinterlüftete Vormauerung[68]

### 3.2.5 Kerndämmung

Eine Variante der Vormauerung stellt die Kerndämmung dar. Auf die Hinterlüftung in der Dämmschichtebene wird verzichtet, stattdessen wird der gesamte Raum zwischen den Schalen mit einer wasserbeständigen Wärmedämmung verfüllt. Hauptsächlich Materialien wie Mineralfaser- und Hartschaumplatten, aber auch Schüttstoffe wie Kork oder Perlite kön-

nen nach einer entsprechenden Behandlung in einer Kerndämmung eingesetzt werden. Sie zeichnet sich durch ihre sehr gute Wärmedämmwirkung aus, wird in der Praxis aber aus Gründen der Schadensvermeidung seltener als die hinterlüftete Vormauerung ausgeführt. Das Verfahren ist für die Fassadensanierung ebenfalls zu aufwendig, da außerdem noch der Umstand hinzu kommt, dass die Verankerung der äußeren an der inneren Schale nur äußerst aufwendig möglich ist. Besonders geeignet für die Vormauerschale sind die sehr hart gebrannten und damit hoch widerstandsfähigen Klinkersteine oder spezielle Vormauerziegel. Im Wohnungsbau spielen aus Kostengründen Vormauer- bzw. Verblendsteine aus Kalksandstein oder Alternativen aus Natursteinen wie Sandstein oder Granit keine große Rolle.

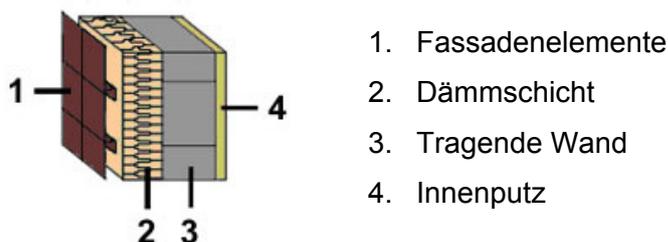


1. Vormauerschale
2. Dämmschicht ("Kerndämmung")
3. Tragende Wand
4. Innenputz

Abb. 3.2-4: Verblendmauerwerk[68]

### 3.2.6 Hinterlüftete Vorhangfassade

In verschiedenen Regionen werden die Außenwände von Gebäuden schon seit Jahrhunderten mit Holzschindeln oder Schieferplatten verkleidet. Besonders häufig sieht man diesen zusätzlichen Schutz auch auf den Wetterseiten exponiert liegender Bauwerke. Seit der Nachkriegszeit wird diese Fassadenbauweise gerne bei Mehrfamilien-Neubauten eingesetzt. Vorgefertigte Fassadenelemente aus Metall, bearbeitetem Holz, gebrannten Ziegeln und Stein bilden auf einer Unterkonstruktion eine erste Wetterschutzschicht, auf die eine Hinterlüftungs- und eine Dämmschichtebene vor der tragenden Wand folgen. Eine Vorhangfassade aus Holz kann vom Heimwerker relativ einfach und vor allen Dingen unschlagbar günstig hergestellt werden. Außerdem ist eine aufwendige Vorbehandlung der sanierungsbedürftigen Fassade nicht notwendig. Die Wärmedämmplatten sollten wenigstens 10 Zentimeter stark und versetzt angeordnet sein und werden üblicherweise auf die Wand geklebt und gedübelt.



1. Fassadenelemente
2. Dämmschicht
3. Tragende Wand
4. Innenputz

Abb. 3.2-5: Vorhangfassade[68]

### **3.2.7 Glasdoppelfassade**

In Österreich werden mittlerweile rund 50% aller großen Verwaltungs- und Bürogebäude sowie eine Vielzahl kleinerer Bauwerke in doppelschaliger Bauweise ausgeführt. Gleichzeitig wird die "Glasarchitektur" immer attraktiver, weshalb man auch immer öfter Gebäude mit einer Glasdoppelfassade ausführt. Ebenso wie bei der herkömmlichen doppelschaligen Bauweise die Vormauerung, wird hierbei dem Gebäude, in einem bestimmten Abstand, eine Hülle aus Glas vorgesetzt. Man unterscheidet dabei zwischen Innen- oder Primärfassade (üblicherweise aus Zweischeibenisolierverglasung), dem Fassadenzwischenraum und der Außen- oder Sekundärfassade (in der Regel aus Einscheibensicherheitsglas), wobei der belüftete Fassadenzwischenraum vom wenigen Zentimeter tiefen Luftspalt über begehbare Zwischenräume bis zu wintergartenähnlichen Aufenthaltsräumen hin ausgestaltet sein kann. Üblich sind jedoch Breiten von einem halben bis einem Meter, die einerseits für Wartungsarbeiten und andererseits für wirtschaftliche Faktoren benötigt werden.

Grundsätzlich bieten Glasdoppelfassaden einen verstärkten Schallschutz bei Außenlärm. Wenn sie jedoch nicht durch ein Klimasystem zwischen den beiden geschlossenen Schalen gekühlt werden, und daher zu Lüftungszwecken geöffnet werden müssen, büßen sie diese Schallschutzwirkung wieder ein. Und obwohl im Winter zwar weniger Heizenergie benötigt wird, verbraucht so eine Glaskonstruktion aufgrund dieser Kühlung ungleich viel mehr Energie über das Jahresmittel, als es ein vergleichbares Gebäude mit konventioneller Ziegel- oder Betonfassade tun würde.

## **3.3 Schauseitenverkleidungen**

Die Wahl der Konstruktion der tragenden Wand ist oft dafür entscheidend, was für eine Art der Fassadenverkleidung gewählt wird, oder engt zumindest die Auswahl stark ein. In Zeiten, in denen aber das optische Erscheinungsbild von fertigen Bauwerken immer wichtiger, weil prestigeträchtiger, wird, geht oftmals die Wahl der Fassade der Wahl der Bauweise voraus. So erfordert zum Beispiel die Wahl einer Putzfassade einen Holz- oder Massivbau, oder eine Glasfassade einen Stahlbau in Skelettbauweise. Jedenfalls tritt für den Beobachter nach außen hin die Wandkonstruktion immer mehr in den Hintergrund und die „Verkleidung der Schauseite“ ist immer mehr von entscheidender Bedeutung. Anhand einiger Beispiele ausgewählter System-Hersteller seien hier verschiedene Arten von Schauseitenverkleidungen exemplarisch dargestellt.

### 3.3.1 Sichtmauerwerk



Als Sichtmauerwerk wird jenes Mauerwerk bezeichnet das unverputzt und unverkleidet und am fertigen Gebäude innen oder außen dauerhaft sichtbar ist. Es lässt sich in modernen Außenwandkonstruktionen nur durch einen zweischaligen Aufbau mit Kerndämmung, oder durch eine hinterlüftete Vorsatzschale realisieren, da ansonsten keine ausreichende Wärmedämmwirkung erzielt werden kann[93].

Abb. 3.3-1: Sichtmauerwerk[93]

### 3.3.2 Verblendmauerwerk

In der Vergangenheit war das Verblendmauerwerk die äußerste, ansehnliche Schicht von monolithischem Mauerwerk mit einer Schutzfunktion gegen Schlagregen[93].



Fig. 2.

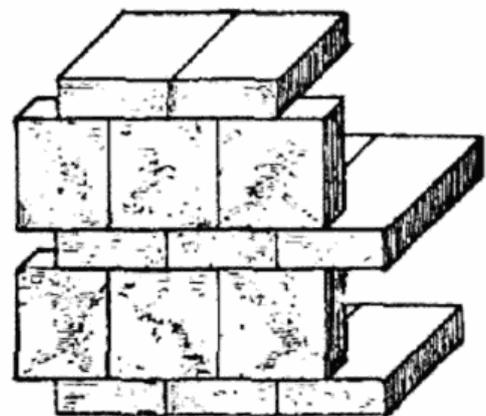
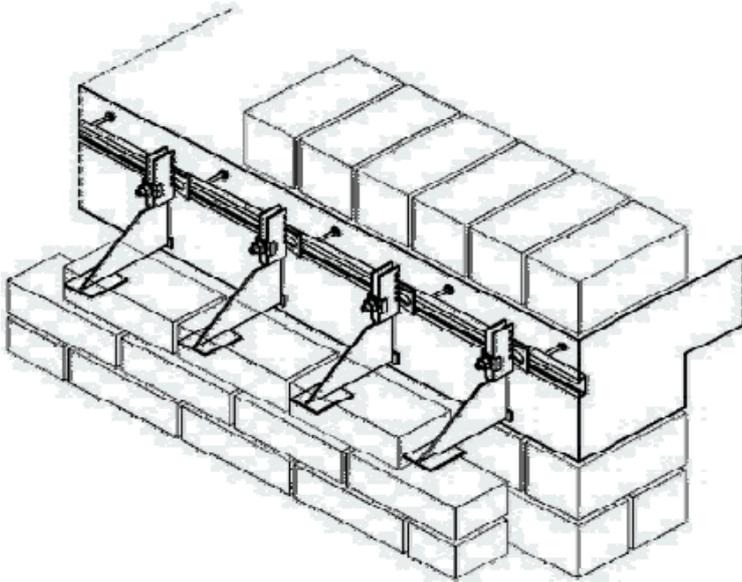


Fig. 1.

Abb. 3.3-2: L-Verblendmauerwerk[93]

Heute wird Verblendmauerwerk als Vorsatzschale eines mehrschichtigen Wandaufbaus eingesetzt und hat meist keine tragende Funktion. Verblendmauerwerk muss aus frostwiderstandsfähigen Steinen, sogenannten Verblendern bestehen, deshalb werden meist Klinker verwendet. Bei korrekter Ausführung ist dies eine langfristig pflegeleichte Lösung für Fassaden.

### 3.3.2.1 Mit Konsolanker



Verblendmauerwerk (mit und ohne Hinterlüftung) muss ab einer Höhe von 12 m abgefangen werden. Dies erfolgt in der Regel im Abstand von zwei Geschossen. In die Decken- oder Balkenstirnseiten werden dabei durchlaufend Schienen aus Edelstahl einbetoniert, an welche die Konsolanker zur Abfangung der Verblendschale angeschraubt werden[80].

**Abb. 3.3-3: Abfangung der Verblendschale[80]**



Konsolanker dienen zur Aufnahme des Eigengewichts von Verblendmauerwerksschalen und dessen Weiterleitung in die Gebäudetragschale. Durch ihre stufenlose Höhenjustierung sind sie bestens geeignet, vorhandene Rohbautoleranzen oder Einbau-Ungenauigkeiten von Dübeln auszugleichen. Konsolanker sind in Edelstahlausführung in unterschiedlichen Varianten für verschiedenste Abfangsituationen lieferbar. Die Unterteilung in Laststufen macht sie in Verbindung mit Edelstahlschienen zu einer wirtschaftlichen Verankerung von Verblendschalen.

**Abb. 3.3-4: Konsolanker[80]**

Qualitätsmerkmale sind:

- typengeprüfte Verankerung
- sehr gute Justiermöglichkeit
- komplettes Programm rund um das Verblendmauerwerk



**Abb. 3.3-5: Verblendmauerwerk[80]**

### 3.3.3 Natursteinvorsatzschale

Vorsatzschalen sind Bauelemente, die mit den tragenden Bauteilen verbunden sind, selbst aber keine tragende Funktion erfüllen, da sie meist nur sehr dünn und gering tragfähig sind. In öffentlichen Gebäuden, Büro- oder Geschäftshäusern findet man oftmals abgehängte Decken oder verkleidete Innenwände, um dem Raum ein besseres Erscheinungsbild zu verleihen sowie den Wärme- und Schallschutz ganz allgemein zu verbessern[93].

#### 3.3.3.1 Mit Body Anker



Abb. 3.3-6: Body Anker[80]

Qualitätsmerkmale sind:

- justierbar in drei Richtungen
- sofort belastbar
- Einsatz in horizontaler und vertikaler Fuge

Die Body Anker sind dreidimensional justierbare Naturwerksteinbefestigungen zum Andübeln, die sowohl die Lasten aus dem Plattengewicht als auch die Windlasten aufnehmen. Auskragungsbereiche von 60-240 mm bei einer zulässigen Belastung von 800 N bis 1.300 N sind machbar[80].



Abb. 3.3-7: Natursteinmauerwerk[80]

#### 3.3.3.2 Mit Unterkonstruktion

HALFEN Unterkonstruktionen ist ein verstellbares Hängeschienensystem mit stufenlos in der Höhe justierbaren Trag- und Halteankern, für Wandabstände größer 160 mm: Das System ist ideal für Neubauten und Renovierungen und besonders geeignet bei Natursteinfassaden mit großen und unterschiedlichen Abständen zur tragenden Wand. Wenige Verankerungspunkte ermöglichen eine zügige Montage der Edelstahl-Unterkonstruktion und somit auch ein schnelles Anbringen der Natursteinplatten.

Qualitätsmerkmale sind:

- montagefreundliches System mit wenigen, unkomplizierten Bauteilen
- Befestigung an Decken, Unterzügen oder Betonwänden in Abständen von ca. 3,0 m (Geschoßhöhe)
- justierbare Befestigung an Montageschienen
- starre Befestigung mit Dübeln



Abb. 3.3-8: Unterkonstruktion[80]

### 3.3.3.3 Mit Einmörtelanker



Der Naturwerkstein-Einmörtelanker ist aufgrund seines Rohrquerschnittes bestens für den Verankerungsgrund Mauerwerk geeignet, kann aber ebenso im Beton eingesetzt werden. Die Traganker sind für die vertikale und horizontale Plattenfuge gleich ausgeführt. Entsprechende Halteanker zum Abtragen von Wind- und sonstigen Horizontalkräften gehören ebenso zum Verankerungssystem.

Abb. 3.3-9: Einmörtelanker[80]

Qualitätsmerkmale sind:

- hohe Traglast bei geringem Materialeinsatz
- justierbar in drei Richtungen
- typengeprüft



Abb. 3.3-10: Natursteinverankerung[80]

### 3.3.4 Betonfassade

Fassaden aus Sichtbeton können eine durchaus reizvolle und ansprechende Alternative zu aufwendig gestalteten und kunstvoll bearbeiteten Oberflächen darstellen. Da Beton aber einen sehr schlechten Wärmedämmwert besitzt, und gleichzeitig eine innen liegende Dämmung den Taupunktverlauf negativ beeinflussen kann, wird von einschaligen Betonaußenwänden tunlichst abgesehen.

### 3.3.4.1 Mit Fassadenplattenanker



Abb. 3.3-11: Fassadenplattenanker[80]

Die Fassadenanker-Systeme bestehen aus jeweils einem Oberteil mit höhenjustierbarer Gewindestange, einem in der Fassadenplatte einbetonierten Unterteil mit oder ohne Seitenjustierung und einer Abstandsschraube für die Justierung des Wandabstandes. Alle Systemteile werden aus nichtrostendem Stahl gefertigt. Abstandsschrauben, Windanker aus Kunststoff, Spannschlösser, Zahnhalteanker und Kupplungsplatten ergänzen das Programm[80].



Abb. 3.3-12: Betonfassade[80]

Qualitätsmerkmale sind:

- einfache und schnelle Montage
- justierbar in alle Richtungen
- typengeprüft

### 3.3.4.2 Mit Manschettenverbundanker



Abb. 3.3-13: Manschettenverbundanker[80]

Das DEHA Verbundanker-System besteht aus Tragankern (Manschetten-Verbundanker, Flachanker oder Verbundnadelkreuz) und Halteankern (Verbundnadel, Anstecknadel oder Ansteckbügel).

Qualitätsmerkmale sind:

- nur ein Traganker pro Platte erforderlich
- gleiche Lastaufnahme in alle Richtungen
- schneller Einbau
- Aufnahme hoher Kräfte
- auch für große Elementabmessungen
- typengeprüftes, ausgereiftes System

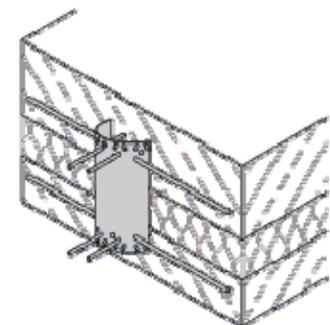


Abb. 3.3-14: Betonfassade[80]

### 3.3.4.3 Mit Sandwichplattenanker



Sandwichanker haben die Aufgabe, Trag- und Vorsatzschicht einer mehrschichtigen Beton-Fassadenplatte miteinander zu verbinden und das Eigengewicht der Vorsatzschicht sowie die auf sie einwirkenden Beanspruchungen in die Tragschicht abzuleiten. Da die Anker im Luft- bzw. Dämmschichtbereich der Korrosion ausgesetzt sind, werden sie aus nichtrostendem Stahl hergestellt. Neben den Tragankern werden noch Verbundnadeln bzw. Verbundbügel verwendet, die eine Verwölbung der Vorsatzschicht verhindern.

Abb. 3.3-15: Sandwichplattenanker[80]

Qualitätsmerkmale sind:

- leichte und schnelle Montage
- typengeprüftes, ausgereiftes System
- auch bei sehr dicken Dämmschichten zwischen den Betonschalen wirtschaftlich einsetzbar

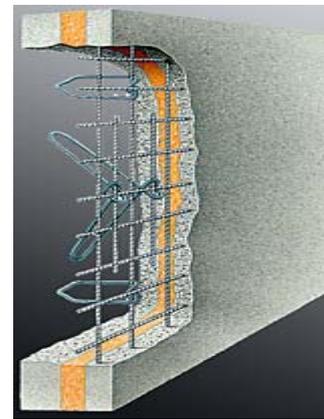


Abb. 3.3-16: Betonfassade[80]

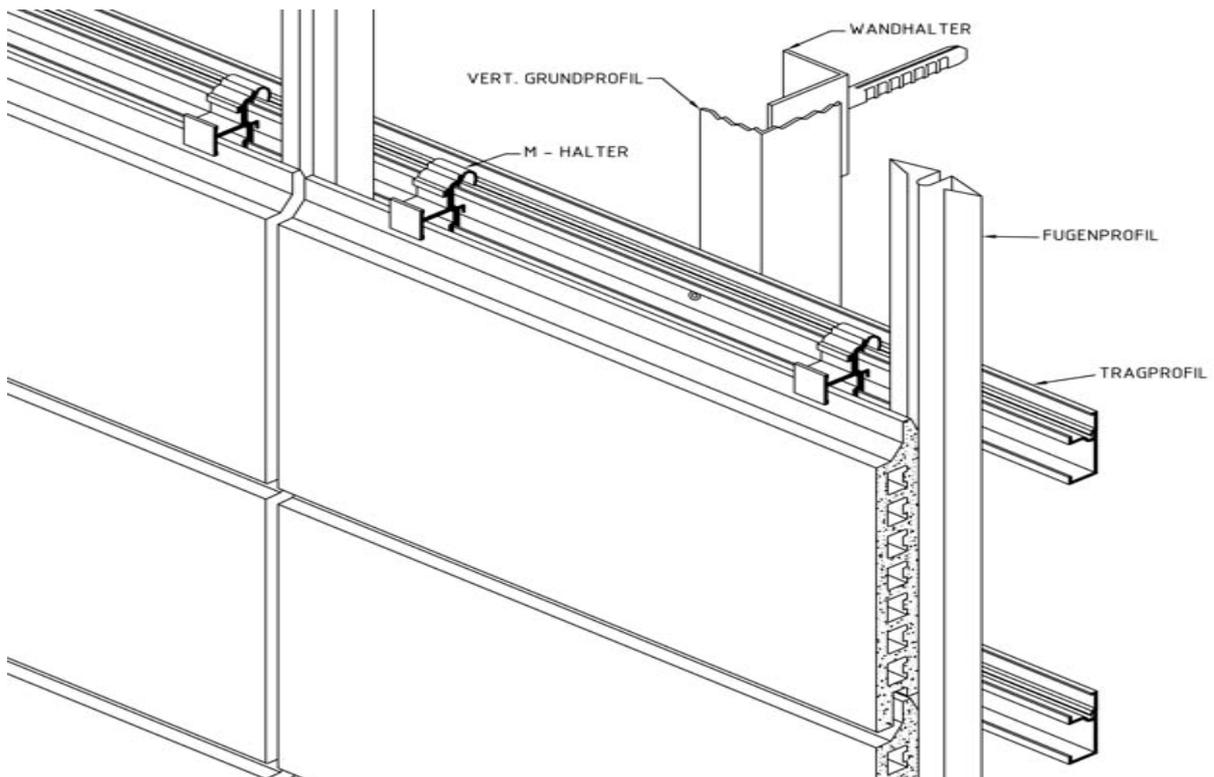
### 3.3.5 Ziegelplattenfassade

Ähnlich wie mit Natursteinen funktionieren Vorsatzschalen mit Werksteinen. Im Gegensatz zu diesem, durch natürliches Vorkommen eingeschränkte, Grundmaterial können stranggepresste Ziegelplatten allerdings in nahezu beliebiger Form und Länge hergestellt werden.

#### 3.3.5.1 Mit horizontalem Tragprofil

Das MOEDING ALPHATON® Fassadensystem[83] besteht aus vier Grundkomponenten:

- Ziegelplatten
- Plattenhalter
- Horizontales Tragprofil
- Fugenprofil



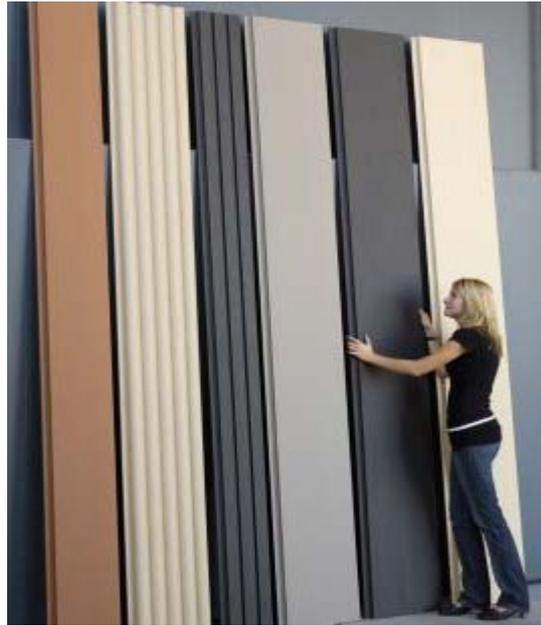
**Abb. 3.3-17: Alphon® Fassadensystem[83]**

Die Ziegelplatten sind zweischalig und 30 mm stark. Sie werden durch verdeckte Plattenhalter, die Kopf und Fußfalz umgreifen, an den Tragprofilen hörbar eingeklickt. Sie sind so ausgeprägt, dass frontal wirkende Kräfte auf die gesamte Plattenstärke übertragen und in die Unterkonstruktion abgeleitet werden. Durch den Halter wird der konstruktive Luftspalt zwischen Ziegelplatte und Tragprofil festgelegt. Die horizontalen Tragprofile werden mit Holzbugnieten oder selbstbohrenden Edelstahlschrauben an handelsüblichen Vertikalprofilen befestigt, welche wiederum über Wandwinkelhalter mit dem tragenden Bauteil verbunden sind. Es kommen Spannweiten von 0,75 bis 1,50 m zum Einsatz mit Gesamtaufbaustärken der Fassadenkonstruktion von 60 bis 70 mm. Das Tragprofil ist jeweils vor der Wärmedämmung angeordnet, sodass diese sicher gehalten wird, und der Hinterlüftungsspalt in jedem Fall funktionsfähig bleibt. Federnde Fugenprofile verhindern das Klappern der Platten bei Wind, das Eindringen von Schlagregen und ein seitliches Verschieben der Platten und gewährleisten ein exaktes Fugenbild. Durch die kraftschlüssige Befestigung der Fassadenplatten mit Spiel sind Schäden infolge von Zwangskräften ausgeschlossen.

Im MOEDING LONGOTON® Fassadensystem können sogar Ziegelplatten mit Höhen bis 0,60 m und Spannweiten bis 3,00 m eingesetzt werden. Sie werden hier allerdings direkt an den Vertikalprofilen befestigt und haben 40 mm Plattenstärke [siehe unten].

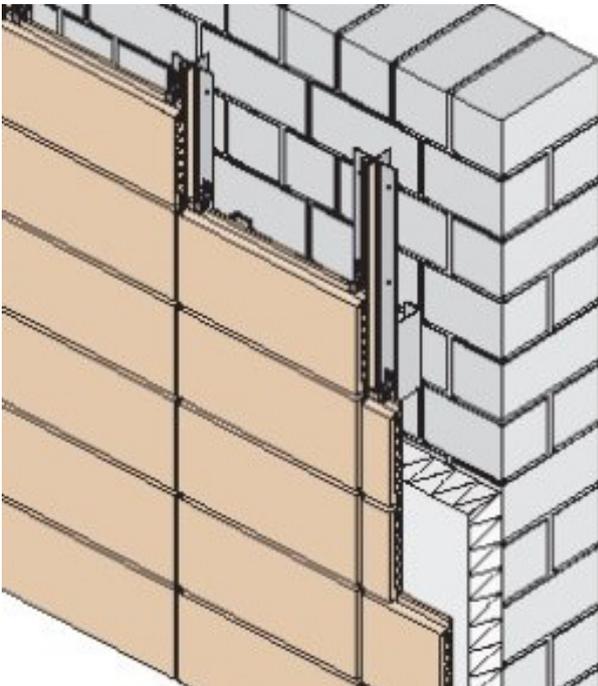
Qualitätsmerkmale sind:

- leichte und schnelle Montage
- typengeprüftes, ausgereiftes System
- große optische Variationsmöglichkeit
- justierbar in drei Richtungen



**Abb. 3.3-18: Longoton® Ziegelplatten[83]**

### 3.3.5.2 Mit vertikalem Tragprofil



An der tragenden Wand werden im horizontalen Achsmaß und im statisch erforderlichen Abstand Konsolen aus Aluminium mittels zugelassener Dübel befestigt. In die Konsolen werden senkrechte, im Plattenraster vorgelochte, Aluminium-Tragprofile eingesteckt, was durch eine spezielle Klemmfeder mit exakter Justierung ermöglicht wird. Nach dreidimensionaler Ausrichtung des Tragprofils wird dieses mit Blindnieten fixiert[92].

**Abb. 3.3-19: Argeton Fassadensystem[92]**

Die Ziegelplatten werden dann mit Spezialhaltern an den vier Eckpunkten zwängungsfrei mittels selbstschneidender Aluminiumhohlzugnieten oder Edelstahlschrauben an der Unterkonstruktion montiert, wobei mit der untersten Reihe begonnen wird.

Qualitätsmerkmale sind:

- leichte und schnelle Montage
- justierbar in drei Richtungen
- typengeprüftes, ausgereiftes System

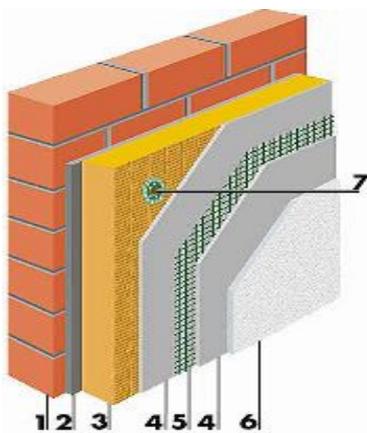


Abb. 3.3-20: Argeton Ziegelplatte[WF]

### 3.3.6 Wärmedämmverbundsystem (WDVS)

#### 3.3.6.1 Mit Deckschicht aus Putzmörteln

Direkt auf die Tragende Wand wird das Dämmmaterial, in Form von Platten oder Lamellen, mit speziellen Klebern befestigt, und meist noch mit Dübeln zusätzlich gesichert. Darüber wird eine Armierungsschicht, bestehend aus einem Armierungsmörtel und einem Armierungsgewebe, angebracht, wobei das Gewebe im oberen Drittel der Armierungsschicht anzuordnen ist. Die Oberfläche des Systems wird durch einen Außenputz gebildet, der abschließend noch gestrichen wird, oder selbst schon eingefärbt ist.



1. Tragende Wand
2. Kleber
3. Dämmschicht
4. Armierungsmörtel
5. Armierungsgewebe
6. Außenputz
7. Dübel

Abb. 3.3-21: WDVS Aufbau[78]

Qualitätsmerkmale sind:

- auch bei sehr dicken Dämmstoffschichten wirtschaftlich einsetzbar
- nicht von Rastermassen abhängig
- hohe optische Gestaltbarkeit

### 3.3.6.2 *Mit Deckschicht aus baukeramischen Platten*

Der grundsätzliche Aufbau ist wie beim herkömmlichen WDVS. Der Unterschied dazu besteht aber darin, dass statt dem üblichen Außenputz eine Deckschicht aus keramischen Platten verwendet wird. Das können Fliesen, Ziegel, Klinker, oder sogenannte Riemchen sein.



Aufgrund der durch die Materialeigenschaften bestimmten höheren Dichte der keramischen Bekleidungen, und der sich in der Folge daraus ergebenden höheren Beanspruchungen auf den Untergrund, die Wärmedämmung und die Armierungsschicht, muss diese allerdings stärker ausgeführt und doppelt bewehrt werden.

**Abb. 3.3-22: Doppelte Armierung[WF]**

Qualitätsmerkmale sind:

- auch bei sehr dicken Dämmstoffschichten wirtschaftlich einsetzbar
- nicht von Rastermassen abhängig
- hohe optische Gestaltbarkeit

## 3.4 *Vergleichsmatrix*

Um sich schließlich für ein System zu entscheiden, muss man verschiedene Faktoren betrachten und gegeneinander abwägen. Das ist einerseits natürlich eine persönliche Entscheidung, die auf den Vorlieben und dem ästhetischen Empfinden des Planers beruht, andererseits jedoch eine rein sachliche Wahl, die der Bauphysik, der Statik und anderen konstruktiven Aspekten Genüge tun muss.

### 3.4.1 Parameter

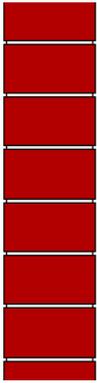
Meiner Erfahrung nach zu urteilen sind folgende Parameter durchaus geeignet, zu einer Erleichterung einer solchen Entscheidungsfindung beizutragen:

- **Kosten:** wie hoch sind die Aufwendungen für die Errichtung der Konstruktion
- **Komplexität des Aufbaus:** wie umständlich oder simpel ist es die Konstruktion zu errichten
- **Vorbereitung des Untergrundes:** ist vor der Errichtung eine mehr oder weniger aufwendige Bearbeitung des Untergrundes notwendig
- **Limitierung der Anwendbarkeit:** ist es möglich die Konstruktion ebenso auf Deckenuntersichten, Vorsprüngen, Unterzügen, Attikas, Gesimsen, usw. zu errichten
- **Aufwand an Personal:** sind speziell fachkundige Arbeiter zusätzlich vonnöten
- **Wandaufbaustärke:** wie „dick“ ist die Außenwand
- **Masse pro m<sup>2</sup>:** wie hoch ist die Masse der Konstruktion im Verhältnis zu seiner Fassadenfläche
- **Stoßbeständigkeit:** ist der Oberflächen-Widerstand der Konstruktion hoch genug gegen Schlageinwirkung und Abrieb von außen
- **Dämmwirkung:** wie effizient ist die Wärmedämmwirkung der Konstruktion
- **Tauwasserausfall:** besteht im Bauteilinneren durch die spezielle Anordnung der Wandaufbauschichten die erhöhte Wahrscheinlichkeit von Kondensation von Wasser
- **Eignung zur Sanierung:** lässt sich die Konstruktion leicht zur Sanierung von Bauwerken anwenden
- **Einfluss durch Tiere:** sind die Baumaterialien oder die Art und Weise der Konstruktion Ursache für die Zerstörung durch Tiere, z.B. Nistplatz für Vögel, Wespennester, Materialquelle für den Tierbau

### 3.4.2 Wandaufbauten

Einander gegenübergestellt werden dabei verschiedene allgemein bekannte Wandaufbauten und unterschiedliche ständig in Anwendung befindliche Fassadensysteme, wie sie in den vorigen Kapiteln beschrieben wurden (siehe oben).

- Wandaufbau 1:  $d = 12,0 \text{ cm}$ ,  $g = 2,16 \text{ kN/m}^2$ ,  $U = 3,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

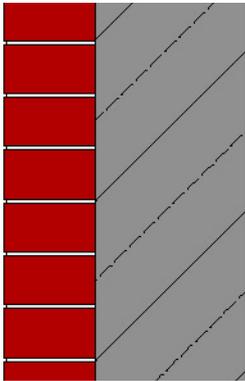


1. 12,0 cm Ziegelmauerwerk NF

Geschätzte Kosten pro  $\text{m}^2$  : € 150,-

**Abb. 3.4-1: Sichtmauerwerk einschalig[WF]**

- Wandaufbau 2:  $d = 32,0 \text{ cm}$ ,  $g = 6,96 \text{ kN/m}^2$ ,  $U = 2,42 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

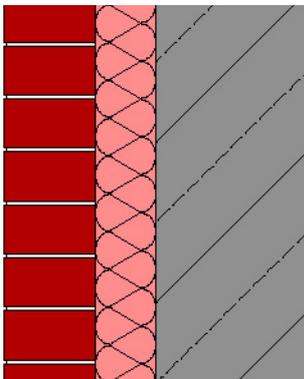


1. 12,0 cm Ziegelmauerwerk NF
2. 20,0 cm Stahlbeton

Geschätzte Kosten pro  $\text{m}^2$  : € 250,-

**Abb. 3.4-2: Verblendmauerwerk einschalig[WF]**

- Wandaufbau 3:  $d = 40,5 \text{ cm}$ ,  $g = 7,04 \text{ kN/m}^2$ ,  $U = 0,41 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

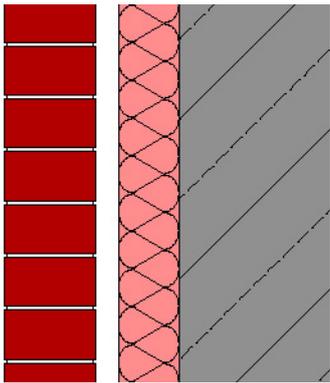


1. 12,0 cm Ziegelmauerwerk NF
2. 8,0 cm EPS-F
3. 0,5 cm Klebspachtel
4. 20,0 cm Stahlbeton

Geschätzte Kosten pro  $\text{m}^2$  : € 270,-

**Abb. 3.4-3: Verblendmauerwerk zweischalig kerngedämmt[WF]**

- Wandaufbau 4:  $d = 43,5 \text{ cm}$ ,  $g = 7,04 \text{ kN/m}^2$ ,  $U = 0,42 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

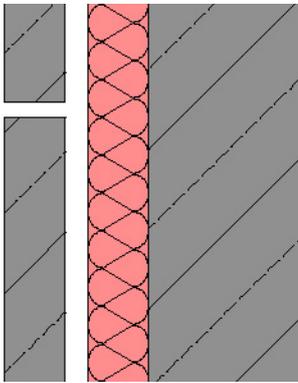


- 12,0 cm Ziegelmauerwerk NF
- 3,0 cm Hinterlüftung
- 8,0 cm EPS-F
- 0,5 cm Klebspachtel
- 20,0 cm Stahlbeton

Geschätzte Kosten pro  $\text{m}^2$  : € 270,-

**Abb. 3.4-4: Verblendmauerwerk zweischalig hinterlüftet[WF]**

- Wandaufbau 5:  $d = 39,5 \text{ cm}$ ,  $g = 6,80 \text{ kN/m}^2$ ,  $U = 0,42 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

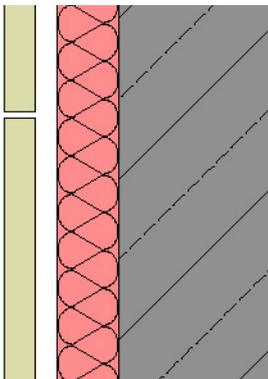


- 8,0 cm Stahlbeton-Fassadenplatte (mit Unterkonstr.)
- 3,0 cm Hinterlüftung
- 8,0 cm EPS-F
- 0,5 cm Klebspachtel
- 20,0 cm Stahlbeton

Geschätzte Kosten pro  $\text{m}^2$  : € 290,-

**Abb. 3.4-5: Vorhangfassade mit Stahlbetonplatten[WF]**

- Wandaufbau 6:  $d = 35,5 \text{ cm}$ ,  $g = 5,84 \text{ kN/m}^2$ ,  $U = 0,42 \text{ W/(m}^2\text{K)}$



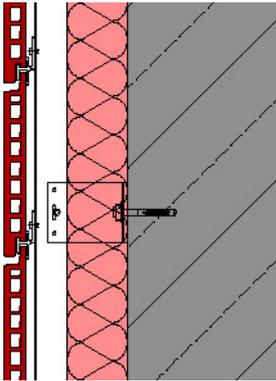
- 4,0 cm Marmor-Fassadenplatte (mit Unterkonstr.)
- 3,0 cm Hinterlüftung
- 8,0 cm EPS-F
- 0,5 cm Klebspachtel
- 20,0 cm Stahlbeton

Geschätzte Kosten pro  $\text{m}^2$  : € 350,-

**Abb. 3.4-6: Vorhangfassade mit Marmorplatten[WF]**

- Wandaufbau 7:

$d = 36,5 \text{ cm}$ ,  $g = 5,24 \text{ kN/m}^2$ ,  $U = 0,42 \text{ W/(m}^2\text{K)}$



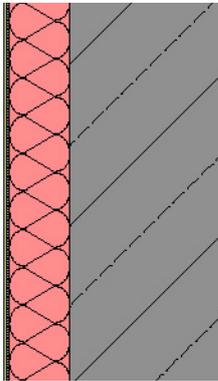
1. 3,0 cm vorgesetzte Ziegelplatten (mit Unterkonstr.)
2. 5,0 cm Hinterlüftung
3. 8,0 cm EPS-F
4. 0,5 cm Klebspachtel
5. 20,0 cm Stahlbeton

Geschätzte Kosten pro  $\text{m}^2$  : € 270,-

**Abb. 3.4-7: Vorhangfassade mit Ziegelplatten[WF], [92]**

- Wandaufbau 8:

$d = 29,2 \text{ cm}$ ,  $g = 4,99 \text{ kN/m}^2$ ,  $U = 0,44 \text{ W/(m}^2\text{K)}$



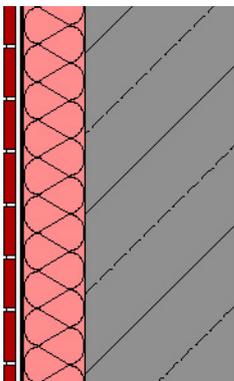
1. 0,3 cm Außenputz
2. 0,4 cm Armierungsschicht mit Textilglasgitter
3. 8,0 cm EPS-F (gedübelt)
4. 0,5 cm Klebspachtel
5. 20,0 cm Stahlbeton

Geschätzte Kosten pro  $\text{m}^2$  : € 150,-

**Abb. 3.4-8: WDVS mit verputzter Oberfläche[WF]**

- Wandaufbau 9:

$d = 31,0 \text{ cm}$ ,  $g = 5,28 \text{ kN/m}^2$ ,  $U = 0,43 \text{ W/(m}^2\text{K)}$



1. 1,5 cm Flachverblander
2. 0,5 cm Klebemörtel
3. 0,5 cm Armierungsschicht mit Textilglasgitter 2-lagig
4. 8,0 cm EPS-F (gedübelt)
5. 0,5 cm Klebspachtel
6. 20,0 cm Stahlbeton

Geschätzte Kosten pro  $\text{m}^2$  : € 280,-

**Abb. 3.4-9: WDVS mit Flachverbländern[WF]**

### 3.4.3 Gegenüberstellung

Bewertet wird dabei nach dem Schulnotenprinzip, wobei 1 immer der günstigsten Wirkung des jeweiligen Parameters und 5 der schlechtesten entspricht. Die Ergebnissumme der jeweiligen Wandaufbauten wird am Ende durch die Anzahl der Parameter geteilt, wodurch schließlich eine gemittelte Gesamtbewertung resultiert.

Parameter	Wandaufbauten	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kosten		1	2	3	3	4	5	3	1	3
Komplexität des Aufbaus		1	2	3	3	5	5	5	4	4
Vorbereitung des Untergrundes		1	1	2	2	3	3	3	3	3
Limitierung der Anwendbarkeit		5	4	4	4	3	2	2	1	1
Aufwand an Personal		1	1	2	2	5	5	5	2	2
Wandaufbaustärke		1	2	4	5	4	3	3	2	2
Masse pro m <sup>2</sup>		1	5	5	5	5	4	3	2	2
Stoßbeständigkeit		2	2	2	2	1	1	3	4	2
Dämmwirkung		5	5	1	1	1	1	1	2	2
Tauwasserausfall		5	5	1	1	2	1	1	1	2
Eignung zur Sanierung		5	5	3	3	3	2	2	1	1
Einfluss durch Tiere		1	1	1	1	3	3	3	2	1
<b>Durchschn. Gesamtbewertung</b>		<b>2,4</b>	<b>2,9</b>	<b>2,6</b>	<b>2,7</b>	<b>3,3</b>	<b>2,9</b>	<b>2,8</b>	<b>2,1</b>	<b>2,1</b>

Tab. 3.4-1: Vergleichsmatrix[WF]

### 3.4.4 Schlussfolgerung

Als in der Praxis angewendete Außenwandkonstruktionen kann man heutzutage die Wandaufbauten Nr.1 und 2, also das Sichtmauerwerk und das einschalige Verblendmauerwerk, aufgrund seiner quasi nicht vorhandenen Wärmedämmwirkung und dem schlechten Dampfdiffusionsverhalten von vornherein ausschließen. Sie dienen dieser Gegenüberstellung lediglich als Vergleich. Von den übrigen sieben Wandaufbauten schneiden die beiden Wärmedämmverbundsysteme am besten ab, was sicherlich auf die gute Dämmwirkung im Verhältnis zum niedrigen Wandquerschnitt, die allgemein anwendbare und universell einsetzbare Verarbeitbarkeit, sowie das allgemein relativ geringe Flächengewicht zurückzuführen ist. Die erhöhte Stoßbeständigkeit, die optisch stärker ansprechende Oberfläche, sowie der größere Widerstand gegen willkürliche Zerstörung durch Tiere (z.B. Nistlöcher von Spechten), geben für mich trotz der höheren Kosten den Ausschlag, dem WDVS mit Deckschicht aus baukeramischen Platten den Vorzug zu geben.



## 4 TECHNISCHE BETRACHTUNG

### 4.1 „State of the Art“

Der Ausdruck „State of the Art“ ist allgemein weit verbreitet und vielen Menschen ein Begriff, doch wird er nur zu oft falsch eingesetzt. Um seine Bedeutung genauer zu beschreiben, bedarf es der Definition einiger weiterer Bezeichnungen.

#### 4.1.1 Definition der Technik Klauseln

Unter einer Technik Klausel versteht man einen Verweis in Verträgen, Gesetzen und Vorschriften, der einen gewissen Stand an Erkenntnissen von Wissenschaft und Technik darstellt. Sie definiert sich unter anderen Aspekten durch technische Normen und wissenschaftliche Publikationen[93]. Im deutschen Sprachraum gliedern sich die Technik Klauseln in die als Dreistufentheorie bezeichneten aufeinander aufbauenden Begriffe

- der allgemein anerkannten Regeln der Technik,
- des Standes der Technik und
- des Standes der Wissenschaft,

welche etwa seit Anfang des letzten Jahrhunderts in zahlreichen Rechtsnormen Eingang gefunden haben[69].

##### 4.1.1.1 Allgemein anerkannte Regeln der Technik

Die allgemein anerkannten Regeln der Technik sind Regeln technischer Natur, die für die Projektierung aber auch Realisierung von baulichen Anlagen oder technischen Objekten letztendlich rechtliche Gültigkeit besitzen. Sie sind in der Wissenschaft als allgemein korrekt anerkannt, in der Praxis bei den fachkundig zeitgemäß ausgebildeten Technikern durchwegs bekannt und sie haben sich in der an- und fortdauernden praktischen Erfahrung bewährt. Nach Werkvertragsrecht stellen sie eine Minimalanforderung für den Sollzustand des geschuldeten Werks dar[93].

Eingeführt wurde der Begriff 1910 vom Reichsgericht [RG, RGSt 44, 86] mit der heute immer noch gültigen Definition: Die allgemein anerkannten Regeln der Technik werden als „*Summe der Erfahrungen im technischen Bereich*“ angesehen, deren „*Bewährung in der Praxis feststeht*“ und deren „*Richtigkeit die Fachleute überzeugt*“.

#### 4.1.1.2 Stand der Technik

Der Stand der Technik stellt den Stand der technischen Möglichkeiten, fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen zu einem bestimmten Zeitpunkt dar, welche durch Erkenntnisse von Wissenschaft und Technik als gesichert und auch wirtschaftlich machbar gelten, allerdings einen technisch höheren Entwicklungsstand darstellen als die allgemein anerkannten Regeln der Technik[93]. Er ist in der Wissenschaft als begründet anerkannt, in der Praxis aber noch nicht allgemein verbreitet, sondern meist nur Spezialisten bekannt und er hat sich in der praktischen Erfahrung noch nicht hinreichend und langjährig bewährt.

Laut Verein Deutscher Ingenieure [VDI, 1982, S.24] wird wie folgt definiert: „Der Stand der Technik ist der zu einem bestimmten Zeitpunkt erreichte Stand technischer Einrichtungen, Erzeugnisse, Methoden und Verfahren, der sich nach Meinung der Fachleute in der Praxis bewährt hat oder dessen Eignung für die Praxis von ihnen als nachgewiesen angesehen wird.“ Ebenso kommt der Begriff im Patentrecht vor [§3 Patentgesetz]: „Eine Erfindung gilt als neu, wenn sie nicht zum Stand der Technik gehört.“

Im Gemeinschaftsrecht der Europäischen Union entspricht das Konzept des Standes der Technik der (hauptsächlich dort gebräuchlichen und etablierten) Technik Klausel der besten verfügbaren Technik (auch beste erhältliche Technik)[93].

#### 4.1.1.3 Stand der Wissenschaft

Der Stand von Wissenschaft und Technik stellt die höchste Instanz im aktuellen Forschungsstand eines Fachgebiets dar. Er ist in der Wissenschaft für technische Spitzenleistungen als gesichert anerkannt, sowie als technisch durchführbar erwiesen, er gilt als öffentlich zugängliches Wissen ohne räumliche Grenzen, hat sich jedoch in der praktischen Erfahrung noch nicht nennenswert bewährt, da die betroffenen wissenschaftlichen Verfahren gerade erst entdeckt oder entwickelt wurden[13].

Bezeichnung	Merkmal	wissenschaftliche Erkenntnis	praktische Erfahrung	allgemeines Bekanntsein	Bewährung in der Praxis
<b>Allgemein anerkannte Regeln der Technik</b> (traditionelle und aktuelle Bauweisen)		JA	JA	JA	JA
<b>Stand der Technik</b> (neue Bauweisen)		JA	BEDINGT	BEDINGT	NEIN
<b>Stand der Wissenschaft</b> (neueste technische und wissenschaftliche Erkenntnisse)		JA	NEIN	NEIN	NEIN

Tab. 4.1-1: Begriffliche Einordnung der Technik Klauseln[13]

### 4.1.2 Konsequenz

Das heißt im alltäglichen Baugeschehen kommen die allgemein anerkannten Regeln der Technik zur Anwendung. Der Stand der Technik wird in dem einen oder anderen Fall herangezogen, um ein neues Verfahren oder einen neuen Werkstoff zu etablieren. Der Stand der Wissenschaft wird allerdings vorerst hauptsächlich im Labor oder auf Versuchsbaustellen unter kontrollierten Bedingungen und begleitender Beobachtung angewendet.

Die Verwendung von Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) im Einfamilien- und Wohnhausbau gehört ganz eindeutig zu den allgemein anerkannten Regeln der Technik. In den späten Fünfziger Jahren wurde der von der Firma BASF als Styropor® entwickelte Polystyrol-Hartschaum als Dämmstoff wegweisend, und ab Mitte der Sechziger Jahre endlich auch verstärkt im Wohnhausbau eingesetzt. Erst Ende der Siebziger wurde als Alternative dazu die Mineralfaserplatte verwendet und überhaupt erst seit den beginnenden Neunzigern weitere Dämmmaterialien eingeführt (siehe unten).

Der Aufbau eines WDVS besteht grundsätzlich aus drei Schichten die auf einem Wandbildner (z.B. Stahlbeton, Mauerwerk) aufgebracht, bzw. befestigt werden:

- Wärmedämmschicht
- Armierungsschicht
- Deckschicht

Die meist aus Platten oder Lamellen bestehende Wärmedämmschicht wird mithilfe eines Klebers auf den Untergrund geklebt und üblicherweise auch noch mit Dübeln zusätzlich befestigt. Darüber wird die Armierungsschicht aufgetragen, welche aus einem Armierungsmörtel und einem Armierungsgewebe zusammengesetzt ist. Gängigstes Armierungsgewebe ist Textilglasgewebe, welches im oberen Drittel des Armierungsmörtels eingebettet wird. Die als Abschluss des Systems wirkende Deckschicht kann in Form eines Außenputzes z.B. verrieben oder gekratzt aufgebracht und je nach konstruktiver Anforderung oder ästhetischem Empfinden noch farblich gestrichen werden. Außenputz wird häufig auch als Oberputz bezeichnet und dementsprechend der Armierungsmörtel als Unterputz. Bei Verwendung von Flachverblendern, Klinker-Riemchen oder Keramik-Fliesen, sowie durchaus auch Natursteinplatten anstatt des Außenputzes, ist die Beanspruchung der Armierungsschicht beträchtlich höher, weswegen dann meist die Dübelteller über dem Armierungsgewebe angeordnet werden und dieses dann 2-lagig ausgeführt wird.

## 4.2 Regelwerke

Für die Verarbeitung von Wärmedämmverbundsystemen gelten in Österreich die Vorgaben der jeweiligen Produkt-Hersteller - in der jeweils letztgültigen Fassung - sowie diverse Normen und Richtlinien[79]. Für die Zulassung von WDV-Systemen wird darüber hinausgehend eine europäische technische Zulassung (ETA = European Technical Approval)[75] in Verbindung mit einer zertifizierten werkseigenen Produktionskontrolle verlangt (CE = Communauté Européenne, Europäische Gemeinschaft). Für den Wärme- und Schallschutz werden die österreichischen Normen (Ö-Normen) vom Normenkomitee 166 Dämmstoffe erstellt[87].

Die zusätzlich in Österreich geltenden Vorschriften sind in der Baustoffliste ÖE geregelt, welche vom Österreichischen Institut für Bautechnik (OIB)[86] aufgestellt wird. Eine Vielzahl an Bauprodukten wurde mittlerweile in die CE-Kennzeichnungs-Verpflichtung übernommen. Informationen über die CE-Kennzeichnung, im speziellen über die ÖE-Liste, erhält man bei den zuständigen Fachabteilungen der Landesregierungsämter und beim OIB, sowie in den regelmäßigen Veröffentlichungen der Fachzeitschrift „OIB aktuell“. Außerdem werden den betroffenen Stellen in den Bundesländern (Gemeinden, Bezirkshauptmannschaften, Magistrate, Baudienste, etc.) von den Ämtern der Landesregierungen entsprechende Informationsschreiben zum Thema "In Verkehr bringen von Bauprodukten", und damit auch zur rechtlichen Relevanz der CE-Kennzeichnung, zur Verfügung gestellt. Die nachstehende Grafik zeigt anhand eines Schnittes schematisch den Stand (4. Feb. 2008) der für den Hochbau CE-kennzeichnungspflichtigen Bauprodukte.

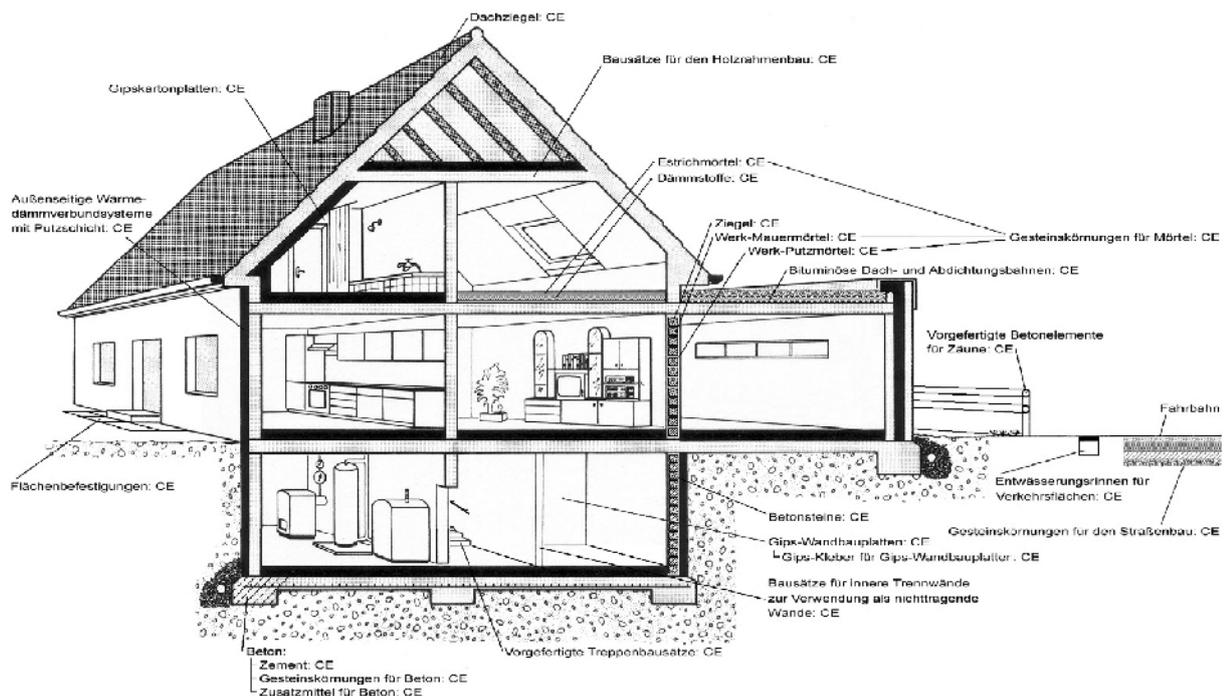


Abb. 4.2-1: Derzeitig für den Hochbau CE-kennzeichnungspflichtige Bauprodukte[86]

In der ÖNORM B 6400[50] wird das Nachweisverfahren für Produkte gemäß dem Schema der ETAG 004[21] (ETAG = European Technical Approval Guideline, Leitlinie für die europäische technische Zulassung) vorgeschrieben[79]. Die WDVS Produkte müssen daher auch für den Einbau eine CE-Kennzeichnung aufweisen. Falls eine direkte Kennzeichnung nach der ETAG 004 aber aufgrund des fehlenden Bezuges der Leitlinie zu dem Produkt nicht möglich ist, so muss eine Kennzeichnung auf Basis eines CUAP-Verfahrens (Common Understanding Assessment Procedure) durch die zuständigen Zulassungsbehörden durchgeführt werden, was auf eine Einzelzulassung des jeweiligen Produktes hinausläuft[14].

#### 4.2.1 Nationale und Europäische Normen, Richtlinien und Leitlinien

Eine Liste der potentiell relevanten gültigen Normen und Regelwerke, die bei der Planung und Ausführung von Wärmedämmverbundsystemen zu berücksichtigen sind, ist hier angeführt:

ÖNORM B 2259	ÖNORM B 6035	ÖNORM B 8110-2	ÖNORM EN 13498
ÖNORM B 3355-1	ÖNORM B 6050	ÖNORM B 8110-3	ÖNORM EN 13499
ÖNORM B 3800-4	ÖNORM B 6110	ÖNORM B 8115-2	ÖNORM EN 13500
ÖNORM B 3800-5	ÖNORM B 6121	ÖNORM B 8115-4	ÖNORM EN 13501-1
ÖNORM B 3806	ÖNORM B 6122	ÖNORM DIN 18202	ETAG 004
ÖNORM B 4014-1	ÖNORM B 6124	ÖNORM EN 12354-1	ETAG 014
ÖNORM B 5320	ÖNORM B 6135	ÖNORM EN 13494	RVS 13.61/13.62
ÖNORM B 6000	ÖNORM B 6400	ÖNORM EN 13495	LB HB LG 44
ÖNORM B 6021	ÖNORM B 6410	ÖNORM EN 13496	MA 37-B 272/2004
ÖNORM B 6022	ÖNORM B 8110-1	ÖNORM EN 13497	

Die jeweils volle Bezeichnung ist im Literaturverzeichnis unter [21] bis [25] und [33] bis [67] nachzulesen.

Grundsätzlich sei erwähnt, dass alle hier genannten Normen und Richtlinien, seien sie jetzt zur Wahrung der Qualität, zur Anwendung oder Verarbeitung der Baustoffe, keine zwingend einzuhaltenden Vorschriften darstellen. Sie haben keinen Gesetzescharakter. Sie stellen lediglich einen Mindeststandard dar, der durchaus auch auf anderem Wege erreicht werden kann, zumindest aber gleichwertig sein soll. Bei Auftreten von rechtlichen Problemen, wie z.B. nach der Feststellung von Baumängeln, ist es allerdings von Vorteil, wenn man sich an genannte Normen und Richtlinien gehalten hat, denn ihr Inhalt stellt die sehr wohl zwingend verbindlichen allgemein anerkannten Regeln der Technik dar.

### 4.2.2 Güteschutzrichtlinien

Von der Güteschutzgemeinschaft WDVS Fachbetrieb gibt es ebenfalls eine Richtlinie, die, wie schon der Name besagt, die Güte, also die Qualität, der Verarbeitung und Ausführung von Wärmedämmverbundsystemen sicherstellen soll[79]. In ihr werden Vorschläge gemacht, wie gearbeitet werden soll, um einen gewissen Mindeststandard zu erreichen, bzw. zu wahren. Dazu gehören spezielle Vorarbeiten, die Prüfung und das Vorbereiten des Untergrundes, die Art und Weise des Kleberauftrags und der Verdübelung, die Ausführung von Gebäudekanten und Dehnfugenprofilen, der Einbau von Brandschutzriegeln, sowie die Ausführung von Unterputz, Bewehrung und Oberputz. Des Weiteren werden Standarddetails dargestellt und Empfehlungen zur Wartung und Instandsetzung von WDV-Systemen ausgesprochen.

### 4.2.3 Verarbeitungsrichtlinien

Verarbeitungsrichtlinien und technische Merkblätter werden von den einzelnen Produktherstellern herausgegeben um den ordnungsgemäßen Einbau ihrer jeweiligen Produkte zu gewährleisten. Dabei werden Angaben beispielsweise zu Temperatur, Feuchtigkeitsverhältnissen und Reihenfolge der Verarbeitung der WDVS-Bausatz-Komponenten gemacht und teilweise in Form von Details Lösungen zu speziellen Problemen angeboten.

### 4.2.4 Relevanz für die Herstellung keramischer Bekleidungen

Trotz all dieser teils sehr umfangreichen Normen, Richtlinien, Leitlinien, Merkblättern und Empfehlungen, gibt es allerdings kaum Angaben zu WDVS mit Deckschichten aus baukeramischen Platten. Das Hauptanwendungsgebiet liegt im Norden Deutschlands, wo die vorherrschende Bauweise schon immer das Ziegelmauerwerk war, und durch die steigenden Anforderungen an Energie- und Wärmehaushalt neue Methoden bei gleichbleibenden traditionellen Werten erforderlich wurden. Es ist daher nicht weiter verwunderlich, dass die Durchführung von Versuchen und Langzeittests, oder die Entwicklung von Berechnungs- und Simulationsprogrammen auf diesen regionalen Bereich sehr beschränkt geblieben sind.

Darüber hinaus gilt in der ETAG 004[21], der europäischen technischen Zulassungsleitlinie für außenseitige Wärmedämm-Verbundsysteme mit Putzschicht, zwar der Punkt:

„... *Abschnitt 1: EINLEITUNG*

(...)

*2 GELTUNGSBEREICH*

*2.1 GELTUNGSBEREICH*

(...)

*Systeme mit anderen Bekleidungen wie z.B. Riemchen oder Fliesen werden in weiteren Teilen der Leitlinie behandelt. ...*“[21],

jedoch existieren bis dato diese weiteren Teile der Leitlinie noch nicht. Laut Angaben aus dem Büro der EOTA (Stand 6. August 2008), wurde aber bereits eine Bewertungsmethode von den zuständigen Zulassungsbehörden auf Anfrage einzelner Antragsteller entwickelt, diese sei aber nur als mögliche Basis zur Bewertung eines konkreten Produktes und einer Erteilung der dazu relevanten ETA anzuwenden (siehe e-Mail in Anhang A).

Praktisch bedeutet das, es gibt derzeit zu keramischen Bekleidungen auf Wärmedämmverbundsystemen noch keine anwendbaren Normen oder Richtlinien. Lediglich einige Hersteller geben vereinzelt anwendungstechnische Verarbeitungsempfehlungen zu entsprechenden Bauprodukten heraus, wie anhand eines Beispiels im Anhang I dargestellt. Wobei sogar hier bemerkt werden muss, dass es sich bei den Fliesen nicht um ein konkretes Produkt handelt, sondern nur Voraussetzungen aufgestellt werden, nach welchen individuell und Fallspezifisch keramische Fliesen ausgewählt werden können.

### **4.3 Eignung der Dämmstoffe**

Wichtig für die Verwendbarkeit und den Zweck eines WDVS sind eine hohe Wärmedämmwirkung und ein möglichst geringer Tauwasserausfall im Wandquerschnitt. Dieser wird gewährleistet, wenn die Wärmedämmfähigkeit nach außen hin zu- und der Wasserdampfdiffusionswiderstand nach außen hin abnimmt[93]. Das bedeutet für die Wahl des Dämmmaterials eine möglichst geringe Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  (welche meist umgekehrt proportional zu seiner Rohdichte  $\rho$  ist) und eine möglichst geringe Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl  $\mu$ . Hier seien einige heute weit verbreitete Dämmstoffe dargestellt und in ihren Eigenschaften in Bezug auf das WDVS mit ihren Vor- und Nachteilen kurz beschrieben.

#### **4.3.1 Expandiertes Polystyrol (EPS)**

Eigenschaften:  $\rho = 12 - 35 \text{ kg/m}^3$ ,  $\lambda = 0,037 - 0,044 \text{ W/(mK)}$ ,  $\mu = 20 - 100$

Polystyrol ist bekannt geworden unter dem Namen Styropor® (von BASF). Ursprünglich nur in weißer Farbe, wird es aus geblähtem Polystyrolgranulat hergestellt und in Form von Platten sehr häufig für verschiedenste Anwendungsfälle rund um die Welt eingesetzt[68]. Es kommt als Trittschalldämmung unter Estrichen, als Wärmedämmung an Fassaden (WDVS) oder auch als Deckendämmung zur Anwendung. Zementgebunden als Granulat wird EPS auch in Schüttungen unter Estrichen verwendet, allerdings mit deutlich reduzierten Dämmwerten.

Vorteile:

- billig
- gute Wärmedämmung
- feuchtigkeitsbeständig
- unverrottbar
- keine Gesundheitsgefährdung
- CO<sup>2</sup>-geschäumte Produkte sind ökologisch tolerierbar

Nachteile:

- diffusionsdicht
- nicht UV-beständig
- starke Rauchbildung im Brandfall
- Recycling nur Sortenrein möglich
- ist ein Erdölprodukt und somit nur begrenzt verfügbar



Abb. 4.3-1: Ein Stück EPS[93]

### 4.3.2 Extrudiertes Polystyrol (XPS)

Eigenschaften:  $\rho = 25 - 45 \text{ kg/m}^3$ ,  $\lambda = 0,033 - 0,040 \text{ W/(mK)}$ ,  $\mu = 80 - 200$

Polystyrol wird aufgeschmolzen, mit Treibmitteln wie Kohlendioxid aufgeschäumt und zu XPS-Platten in Form gepresst. Sie besitzen eine hohe Druckfestigkeit und nehmen kaum Wasser auf. Es wird grundsätzlich auch für die Dämmung von Außenwand, Dach, Kellerwand und Fundamentplatte verwendet, jedoch hauptsächlich an feuchtigkeitsbelasteten Orten wie z.B. Perimeterbereich, Balkon, Flachdach, begrüntes Dach, Sockel- oder Schwimmbadbereich[68].

Vorteile:

- hohe Druckfestigkeit
- feuchtigkeitsbeständig
- alterungsbeständig
- verrottungssicher
- Dichtheit vorteilhaft für die geeigneten Anwendungsbereiche
- keine Gesundheitsgefährdung
- CO<sup>2</sup>-geschäumte Platten sind ökologisch tolerierbar (bei Import oft nicht der Fall)

Nachteile:

- diffusionsdicht
- nicht UV-beständig
- starke Rauchbildung im Brandfall
- als Erdölprodukt nur begrenzt verfügbar



Abb. 4.3-2: XPS-Wärmedämmplatten[68]

### 4.3.3 Stein-, Glas- oder Mineralwolle (MW)

Eigenschaften:  $\rho = 30 - 200 \text{ kg/m}^3$ ,  $\lambda = 0,035 - 0,050 \text{ W/(mK)}$ ,  $\mu \approx 1$

Stein- oder Glaswolle ist in Form von Filz oder als Platte erhältlich und auch bei sehr hohen Temperaturen einsetzbar. Glaswolle unterscheidet sich von Steinwolle nur in der Zusammensetzung der Ausgangsprodukte, ihre Eigenschaften sind nahezu identisch. Sie werden durch Zentrifugieren von Altglas und Glasrohstoffen hergestellt und Kunstharze und Zusatzstoffe werden zur Variation der Eigenschaften beigefügt[68]. Stein- oder Glaswolle wird hauptsächlich in Dachschrägen- und Leichtwänden eingesetzt, im Sanierungsfall ist sie auch für Heimwerker bei Außenwänden mit hinterlüfteten Fassaden leicht zu verarbeiten. Steinwolle wird neben Polystyrol am häufigsten als Dämmstoff verwendet.

Vorteile:

- leicht zu verarbeiten
- diffusionsoffen
- unbrennbar
- Schimmel- und Ungezieferresistent
- unverrottbar
- deponiefähig
- hohe Rohstoffverfügbarkeit

Nachteile:

- sehr feuchtigkeitsempfindlich
- nicht kompostierbar
- organische Zusatzstoffe
- hoher Energieaufwand bei der Produktion



Abb. 4.3-3: verschiedene Mineralwolleprodukte[68]

#### 4.3.4 Holzwolle (HW)

Eigenschaften:  $\rho = 350 - 570 \text{ kg/m}^3$ ,  $\lambda = 0,075 - 0,150 \text{ W/(mK)}$ ,  $\mu = 2 - 5$

Holzwolledämmplatten, auch genannt Holzwolle-Leichtbauplatten (HWL), werden aus langfaseriger Holzwolle und Bindemitteln auf mineralischer Grundlage hergestellt[93]. Als Holz werden meist Nadelhölzer, wie Fichte und Kiefer, verwendet, als Bindemittel Magnesit (Beige-Ton) und Zement (Grau-Ton). Nach ausreichender Trocknung werden die Hölzer langfaserig gehobelt, anschließend in einem Mischer mit dem Bindemittel vermischt und in Form dieser Rohmasse in einen Einlegeformstrang geleitet, wo sie dann zu Plattenformat und -dicke geformt werden. Nach dieser Vorpressung werden die einzelnen Formen durch eine Säge getrennt, dann gestapelt und noch einmal stapelweise gepresst und belastet, so dass sie bündig aufeinander zu liegen kommen. Die Plattenstapel werden nach einer gewissen Trocknungszeit ausgeschalt, fertig getrocknet und auf ihr Endmaß zugeschnitten. Verwendet werden HWL-Platten sowohl im Innen- wie auch Außenbereich als verputzbare Dämmplatten.

Vorteile[85]:

- diffusionsoffen
- gut schalldämmend
- guter sommerlicher Wärmeschutz durch Massespeicherwirkung
- elastisch, formbeständig
- sehr guter Putzträger
- Dickentoleranz  $\pm 1 \text{ mm}$
- verdichtete Längskante für das exakte Verkleben
- neutral gegenüber anderen Materialien

Nachteile:

- hohe Dämmschichtdicken erforderlich
- Staubemissionen bei der Verarbeitung



Abb. 4.3-4: Holzwolle-Leichtbauplatte[82]

#### 4.3.5 Schaumglas (Foamglas)

Eigenschaften:  $\rho = 100 - 160 \text{ kg/m}^3$ ,  $\lambda = 0,040 - 0,060 \text{ W/(mK)}$ ,  $\mu \approx 10.000$

Schaumglas ist ein formstabiler, wasserunempfindlicher und als Platte wasserdampfdichter Dämmstoff, der als Perimeterdämmung äußerst gut geeignet ist. Die Herstellung erfolgt vorwiegend aus Altglas bzw. natürlichen, nahezu unbegrenzt vorkommenden Rohstoffen (Sand, Dolomit, Kalk). Rohglas wird gemahlen, mit Kohlenstoff vermischt, erhitzt und geschmolzen. Bei der Verbrennung des Kohlenstoffes bilden sich Gasblasen, die das Glas aufschäumen.

Dabei bilden sich völlig geschlossene Glaszellen, in denen neben CO<sub>2</sub> auch H<sub>2</sub>S (Schwefelwasserstoff) enthalten ist, weshalb Schaumglas beim Brechen nach faulen Eiern riecht[85].

Vorteile:

- wasserdicht
- druckfest
- maßbeständig
- nicht brennbar
- säurebeständig
- Schädlingssicher
- leicht zu bearbeiten
- gut recyclebar

Nachteile:

- sehr teuer
- diffusionsdicht
- Verarbeitung durch Verkleben mit Heißbitumen



Abb. 4.3-5: Schaumglasplatte[88]

#### 4.3.6 Porenbeton, Mineralschaum

Eigenschaften:  $\rho = 115 - 420 \text{ kg/m}^3$ ,  $\lambda = 0,045 - 0,130 \text{ W/(mK)}$ ,  $\mu = 3 - 5$

Hierbei handelt es sich um einen hoch Wärmedämmenden Massivbaustoff, der aufgrund seiner geschlossenzelligen Porenstruktur sowohl statische als auch bauphysikalische Eigenschaften übernehmen kann, in der Regel ohne Zusatzmaßnahmen und Ergänzungsbaustoffe[68]. Er wird aus heimischen Rohstoffen hergestellt und besitzt die für Massivbaustoffe charakteristische nahezu unbegrenzte Lebensdauer. Relativ neu ist das WDVS aus Porenbeton oder Mineralschaumdämmplatten. Als Ziegel ist ähnliches Material schon lange bekannt (z.B. Ytong), wobei Mineralschaumplatten entgegen dem Porenbeton nicht tragend eingesetzt werden können.

Vorteile:

- diffusionsoffen
- Unbrennbar
- Fäulnis- und schädlingsresistent
- hoch belastbar
- gesundheitlich unbedenklich
- ökologisch optimales Produkt

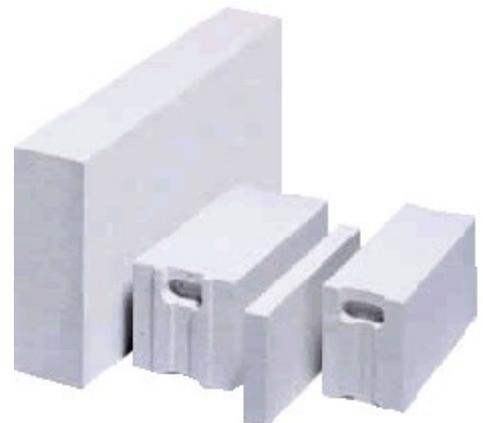


Abb. 4.3-6: Porenbetonsteine[68]

Nachteile:

- Dämmwirkung geringfügig schlechter als Polystyrol

#### 4.3.7 Kork

Eigenschaften:  $\rho \approx 200 \text{ kg/m}^3$ ,  $\lambda = 0,045 - 0,055 \text{ W/(mK)}$ ,  $\mu = 10 - 30$

Hochwertiger Kork ist ein reines Naturprodukt und wird als Dämmstoff aus den Überresten der Flaschenkorken-Produktion hergestellt, und gewonnen aus der Rinde der Korkeiche. Korkdämmung ist in Form von Platten gemahlen und verklebt als Agglomeratkork und in Schüttform als Granulat erhältlich[68]. In Innenräumen ist Kork aufgrund des starken Eigengeruchs nur bedingt geeignet, bietet im Außenbereich aber eine gute ökologische Alternative zu Polystyrol-Platten, nicht zuletzt wegen seinem niedrigen Dampfdiffusionswiderstand. Neben der relativ hohen Wärmedämmwirkung bietet Kork ebenfalls einen guten Schallschutz.

Vorteile:

- gute Wärme- und Schalldämmung
- gute Wärmespeicherfähigkeit
- Feuchtigkeitsunempfindlich
- diffusionsoffen
- Fäulnis- und Schädlingsresistent
- ökologisch einwandfrei
- hoch belastbar
- alterungsbeständig

Nachteile:

- sehr teuer
- lange Transportwege
- Korkgranulat setzt sich nach einiger Zeit
- imprägnierter Kork ist gesundheitlich bedenklich



Abb. 4.3-7: Korkdämmung an Außenwand[68]

#### 4.3.8 Vakuumisolationspaneel (VIP)

Eigenschaften:  $\rho = 170 - 210 \text{ kg/m}^3$ ,  $\lambda = 0,003 - 0,008 \text{ W/(mK)}$ ,  $\mu \approx \infty$

Vakuumdämmplatten bestehen aus einem offenporigen Stützkern, einer hochdichten Hülle und gegebenenfalls einem Material, das als Trockner (für Wasserdampf), bzw. Getter (für Luft) zur Bindung von durch die Hülle eintretenden Gasmolekülen dient. Der Stützkern muss evakuierbar sein, dem anschließend auf der Oberfläche lastenden Luftdruck standhalten können und seine Wärmeleitfähigkeit sehr gering sein.

Als Hüllmaterial werden metallisierte Kunststofffolien verwendet, welche mit mehreren Schichten Aluminium (im Nanometer-Bereich) bedampft werden[72]. Wenn die Hülle einer Vakuumdämmplatte beschädigt wird, bricht das Vakuum zusammen und die Wärmeleitfähigkeit steigt schlagartig an (wodurch sie praktisch und meist dauerhaft unbrauchbar wird).



**Abb. 4.3-8: Aufbau eines VIP[90]**

Daher muss die Vakuumdämmplatte so in die Anwendung integriert werden, dass die Umhüllung des Panels vor äußeren Angriffen geschützt ist. Angewendet wird sie hauptsächlich bei der Gebäudedämmung für Ultra-Energiesparhäuser und der Altbausanierung, aufgrund ihrer geringer Querschnitte wegen des möglichen Erhalts von denkmalwürdigen Elementen.

Vorteile:

- sehr hohe Wärmedämmwirkung
- wasserdicht
- Feuchtigkeitsunempfindlich
- maßbeständig
- keine Gesundheitsgefährdung

Nachteile:

- sehr teuer
- praktisch absolut diffusionsdicht



**Abb. 4.3-9: Vakuumisolationspaneel[91]**

#### **4.4 Eignung der Untergründe**

WDVS mit Deckschichten aus baukeramischen Platten sollten nur auf tragfähigen Untergründen verwendet werden, d.h. die Wandoberfläche sollte bei der Herstellung trocken, fest, staub- und fettfrei sein. Wenn bereits Altputz auf der Wand besteht, so sollte dieser vorher immer hinsichtlich seiner Tragfähigkeit sachkundig überprüft werden. Ohne Prüfung kann lediglich bei Beton ohne Putz oder Mauerwerk ohne Putz eine ausreichende Festigkeit als gegeben vorausgesetzt werden. Größere Unebenheiten sollten, z.B. durch Verwendung eines Ausgleichputzes, vorher ausgeglichen werden[3].

## 4.5 Eignung der Montagevarianten

Um die Wärmedämmstoffe dauerhaft und nachhaltig mit dem tragenden Untergrund zu verbinden, kann man sie damit Verkleben, Verdübeln oder über ein Schienensystem daran befestigen. In der Anwendung am meisten verbreitet ist wohl die Kombination von Verklebung und Verdübelung.

### 4.5.1 Verkleben

Es gibt bei der Verklebung von Wärmedämmplatten die zwei grundsätzlichen Arten der

- teilflächigen Verklebung, auch Wulst-Punkt-Methode genannt, und der
- vollflächigen Verklebung[3],

sowie als Klebemörtel die unterschiedlichen Materialien auf Basis

- einer Kunststoffdispersion, gefüllt, ohne weitere Zusätze verarbeitbar,
- einer Kunststoffdispersion (auch Dispersions-Klebstoff), gefüllt, unmittelbar vor der Verarbeitung mit Zement versetzt,
- einer Trockenmischung aus Quarzsand und Zement, mit Kunststoffdispersion als Zusatz, und
- einer werksgemischten Pulverform, zum Anteigen mit Wasser unmittelbar vor der Verarbeitung.

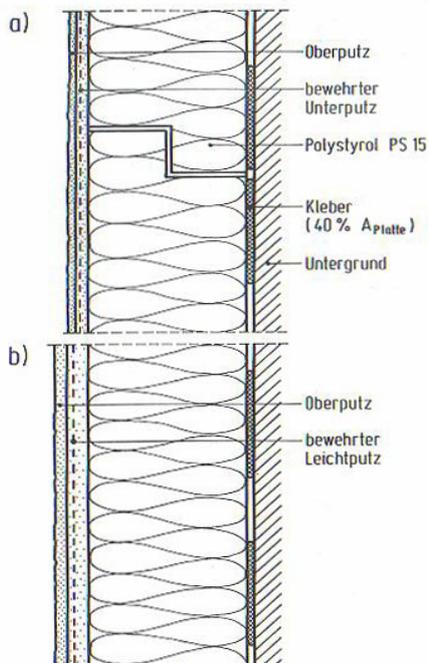


Abb. 4.5-1: Verklebtes WDVS[3]

Die übliche heute meist angewendete Methode ist die teilflächige Verklebung, bei der wenigstens 40% der Rückseite der Wärmedämmplatte mit Kleber bestrichen wird. Bei WDVS mit keramischen Bekleidungen soll aufgrund der höheren Belastung wenigstens 60% der Rückseite bestrichen werden[14]. In Form eines umlaufenden Wulstes mit einem in der Plattenmitte gesetzten Klebestreifen (oder 2 Mörtelbatzen) soll sichergestellt werden, dass eine Verschiebung der Dämmplattenränder infolge Temperaturänderungen oder Restschwinden, sowie insbesondere ein Aufschüsseln der Platten verhindert wird und damit eine Zwangsbeanspruchung der Deckschichten im Dämmplattenstoßbereich reduziert wird[3].

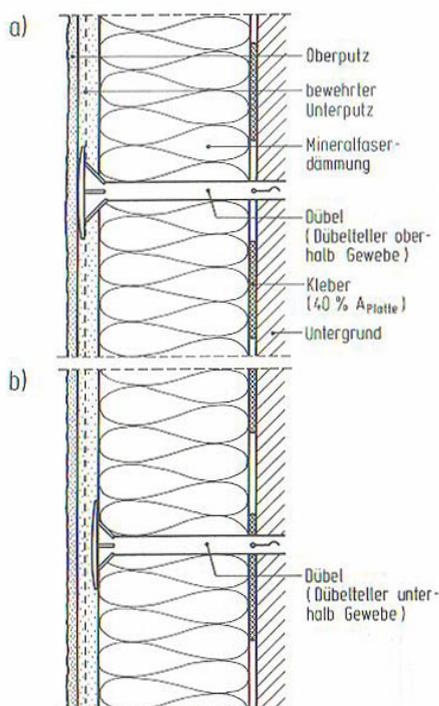
Bei der Methode der vollflächigen Verklebung wird die gesamte Rückseite der Wärmedämmplatte mit Kleber oder Mörtel bestrichen, um so eine Haftung der ganzen

Plattenoberfläche am Untergrund zu gewährleisten. Diese Methode wird speziell bei Mineralfaser-Lamellenplatten angewendet, da dort die Mineralfasern vorwiegend senkrecht zur Plattenebene ausgerichtet sind und dadurch eine sehr hohe Querkzugfestigkeit erreicht werden kann, mit der wiederum bereits ohne Verdübelung ausreichend gegen Windsogkräfte gesichert ist. Um dabei eine genügende Haftung des Klebers auf der Lamellenoberfläche sicherzustellen, muss der Kleber erst in die Oberfläche der Mineralfaser-Platte „einmassiert“ werden, um danach als eigentlicher Kleber aufgetragen zu werden.

Die im Verband zu verlegenden Platten werden mit aufgetragenem Kleber am Verankerungsgrund angesetzt und mit Druck durch leichtes hin- und herschieben in der Wandebene ohne Versatz an die bereits verlegten Platten „press“ und eben versetzt. Platten mit Stufenfalzausbildung sind dabei sehr hilfreich. Ein gegebenenfalls doch entstandener Versatz in der Wandebene ist abzuschleifen, da sonst in der Folge unterschiedliche Dicken in der Armierungsschicht entstehen, welche wiederum Rissbildung in den Deckschichten provozieren.

#### 4.5.2 Verdübeln

Zusätzlich zur Verklebung werden Dämmstoffplatten in der Regel auch noch verdübelt. Dies gewährleistet und erhöht die Sicherheit gegen Windsog einerseits und andererseits gegen das Abfallen der Platten an sich, für den Fall, dass ein beispielsweise ursprünglich vorhandener Altputz keinen Verbund zur tragenden Wand mehr sicherstellt.



Man unterscheidet hierbei wieder zwischen zwei grundsätzlichen Systemen, bei denen

- der Dübelkörper direkt auf den Dämmplatten, unterhalb der Armierungsschicht und
- der Dübelkörper am Armierungsgewebe innerhalb der Armierungsschicht

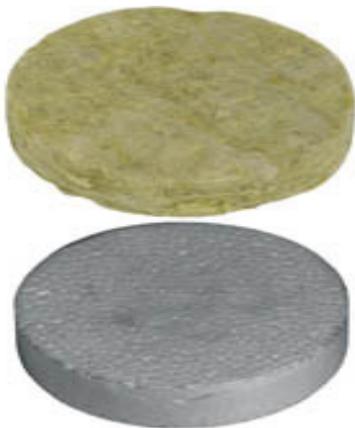
aufliegt[3]. Das zweite System wird speziell bei WDVS mit keramischer Bekleidung angewendet, da dort die Lasten durch die schweren Flachverblender oder Keramik-Fliesen besonders hoch sind. Weiters kann man im Wesentlichen noch nach Schlagdübel und Schraubdübel unterscheiden, wobei Schlagdübel nur dann verwendet werden dürfen, wenn aus statischer Hinsicht Dübel generell nicht zwingend erforderlich sind.

Abb. 4.5-2: Verklebt und verdübeltes WDVS[3]

Schlagdübel werden in ein vorgebohrtes Loch durch die Dämmschicht in den tragenden Untergrund eingeführt, durch das Hineinschlagen eines Nagels aus Stahl oder Kunststoff wird die Dübelhülse gespreizt und somit der für die Tragfähigkeit notwendige Reibschluss erzielt. Der Dübelteller besitzt in der Regel einen Durchmesser von 6 cm und besteht, wie die Dübelhülse, aus Kunststoff. Er ist üblicherweise direkt an sie angeformt, wird in bestimmten Systemen allerdings auch auf die Dübelhülse aufgesteckt.

Bei Schraubdübeln verfährt man in ähnlicher Weise, nur dass sie in den Untergrund geschraubt und nicht geschlagen werden. Auf diese Art erhält man einen wesentlich höheren Widerstand gegen Auszug und in der Folge Versagen des Verbundes im Wärmedämmverbundsystem. Die Schraubdübel, einschließlich ihrer Dübelteller, sind Bestandteil einer jeden System-Zulassung, daher ist es nicht zulässig, andere Dübel zu verwenden als die, welche in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für das entsprechende WDVS genannt sind.

Die Wärmebrückenwirkung von Dübeln kann heutzutage annähernd ausgeschlossen werden. Sie wird in den entsprechenden WDVS-Zulassungen und der ETAG 004 durch einen Zuschlag auf den U-Wert berücksichtigt [14]. Der punktförmige Wärmeverlustkoeffizient  $\kappa$  (chi), bei den zurzeit am Markt erhältlichen hochwertigen Dübeln, wird mit Werten von 0 bis 0,002 W/K, multipliziert mit  $n$  = Anzahl der verwendeten Dübel pro  $m^2$ , erst ab einem Wert  $\Delta\kappa = \kappa \cdot n > 0,02 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$  in der Beaufschlagung berücksichtigt.



Um die Möglichkeit der Bildung von punktförmigen Wärmebrücken aber ganz auszuschließen kann man die Dübel etwa 15 mm vertieft in den Dämmstoff einführen, und den so entstandenen ca. 65 mm durchmessenden zylinderförmigen Hohlraum darüber mit Dämmstoff-Rondellen ausfüllen. Diese bestehen aus demselben Material wie die Dämmstoffschicht und vermindern den Wärmefluss nach außen über die Stahlschrauben.

**Abb. 4.5-3: Dämmstoff Rondelle MW und EPS[70]**

Die Anzahl der Dübel wird speziell in den jeweiligen System-Zulassungen geregelt, sowie richtet sie sich nach den entsprechenden Windsog-Bereichen und der Systemlage des Dübeltellers. Ganz allgemein werden zumindest fünf Dübel pro Dämmplatte verwendet, jeweils einer an den Eckpunkten im umlaufenden Kleber-Wulst, und einer in der Mitte im Klebestreifen. In der Praxis wird für Sanierungen jedenfalls die Dübelzugkraft durch Tests in der betroffenen Fassade ermittelt, die den Typ und die Anzahl der zu setzenden Dübeln be-

stimmt. Die Dübelhülsen und ihre Dübelteller müssen so formstabil sein, dass sie nicht durch die Windsogkräfte umgestülpt werden können.

### 4.5.3 Verankern

Eine weitere, allerdings weniger weit verbreitete, Methode der Befestigung des Wärmedämmmaterials am tragenden Untergrund ist die Verwendung von Schienen, ähnlich einer Vorhangkonstruktion. Sie hat den Vorteil größere Unebenheiten des Wandbildners durch Distanzhalter ausgleichen zu können[3].

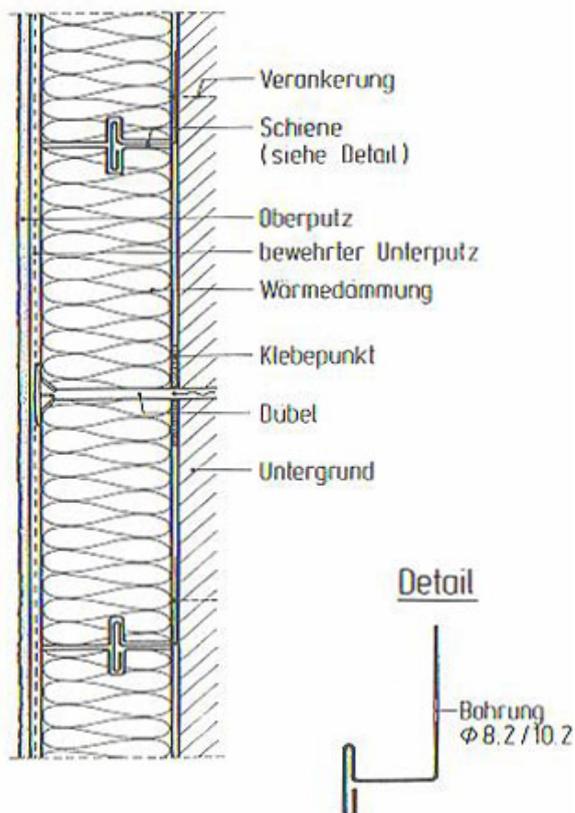


Abb. 4.5-4: Verankertes WDV[3]

Die Wärmedämmplatten haben auf der Stirnseite umlaufend Nuten, in die jeweils die horizontalen und vertikalen Befestigungsschienen greifen, wobei die waagrechten Schienen gleichzeitig als Tragschienen der Platten ausgebildet sind. Die Befestigungsschienen selbst werden direkt am tragenden Untergrund verankert, die (von unten nach oben versetzten) Wärmedämmplatten in der Plattenmitte durch einen Klebestreifen und einen zusätzlichen Dübel. Im Bereich um Fensteröffnungen, sowie am unteren und oberen Rand der Wärmedämmfassade wird aus wärmeschutztechnischen Gründen ein durchgehender Klebemörtelwulst angeordnet, um ein Hinterströmen der Dämmschicht durch die kalte Außenluft zu verhindern.

## 4.6 Eignung der Armierungsschichten

Die Armierungsschicht besteht aus

- dem Armierungsmörtel, bzw. Unterputz und
- dem darin eingebetteten Armierungsgewebe, z.B. Textilglasgewebe.

Alternativ dazu gibt es noch die Entwicklung der Armierungsschicht mit Faserbewehrung[3], z.B. Glasfasern, welche aber praktisch keine weiter nennenswerte Beachtung findet.

Zunächst wird eine Unterputzschicht auf die Wärmedämmschicht aufgetragen, auf die das Glasfasergewebe glatt und faltenfrei mit einer Kelle flächig angedrückt und somit ein Stück

weit in den Unterputz hineingedrückt wird, wobei darauf zu achten ist, dass das Gewebe dabei nicht geknickt wird. Anschließend wird eine zweite etwas dünnere Unterputzschicht auf die bereits vorhandene „nass in nass“ aufgetragen, sodass eine vollständige und hohlraumfreie Einbettung des Armierungsgewebes gewährleistet ist. Dabei ist Sorge zu tragen, dass die Lage des Textilglasgewebes etwa im äußeren Drittel der gesamten Unterputzschicht zu liegen kommt. Überlappungen der Gewebeklebebahnen sind mit einer Breite von mehr als 10 cm auszuführen und im Bereich von Fenster- und Türöffnungen sind zusätzliche Gewebestreifen an den Ecken diagonal anzuordnen. An Gebäudekanten, bzw. den Kanten von Fenster- und Türöffnungen sind Kantenschutzwinkeln mit eingearbeitetem Eckschutzgewebe zu verwenden. Gebäudedehnfugen der tragenden Konstruktion sind im WDVS durchgehend aufzunehmen und in der Deckschicht durch Dehnprofile mit ankaschierten Textilglasgewebestreifen auszubilden.



Fehler in der Praxis bestehen oft darin, dass das Armierungsgewebe in nur einem Arbeitsschritt mit dem Armierungsmörtel verbunden wird. Das führt dazu, dass das Bewehrungsgewebe nicht vollständig von Mörtel überdeckt ist, in der Folge daher die im Putz entstehenden Zugspannungen nicht sicher in die Bewehrung eingeleitet werden können und daraufhin an der Oberfläche sichtbare Risse entstehen.

**Abb. 4.6-1: Einbetten des Armierungsgewebes[14]**

## **4.7 Eignung der Deckschichten**

Deckschichten von Wärmedämmverbundsystemen können aus

- einem Oberputz,
- Naturstein- oder Betonwerksteinplatten, oder
- baukeramischen Platten

bestehen[14]. Baukeramische Platten können Flachverblender, Klinker-Riemchen, Spaltplatten, oder keramische Fliesen sein, sowie glasiert oder unglasiert. Da solche keramischen Bekleidungen in der Regel schwerer sind als Putze, herrschen hier auch größere Anforderungen an die einzelnen Komponenten, um die Tragfähigkeit und insbesondere die Dauerhaftigkeit der damit gebildeten WDV-Systeme zu gewährleisten. Im Zuge dieser Arbeit wird auf die beiden weiteren Gruppen von Deckschichten nicht näher eingegangen, wobei es zum Thema Putzfassaden[6] bereits eine eigene Abhandlung gibt.



Abb. 4.7-1: Produktpalette von Klinker-Riemchen[89]



Abb. 4.7-2: Keramische Fliesen auf Trägerpapier[WF]

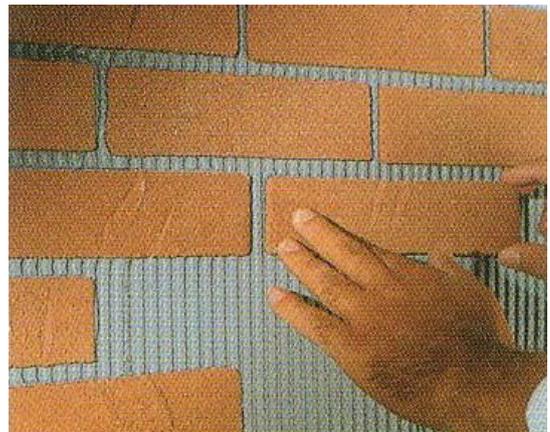


Abb. 4.7-3: Flachverblender[14]

#### 4.7.1 Keramische Platten

Entscheidend für die Dauerhaftigkeit des Verbundes zwischen Keramik und Mörtel ist – neben der Wasseraufnahme – die „Rauhigkeit“ der Keramik, welche in der Porenstruktur der gebrannten Ziegeln und Fliesen besteht[3]. Die Qualität des Haftverbundes zwischen Dünnbettmörteln und keramischen Platten wird also nicht nur von den verwendeten Ansetzmörteln bestimmt, sondern auch von den Oberflächen der verwendeten keramischen Fliesen, Verblendern und Platten. Der Haftverbund wird hauptsächlich durch drei Haftmechanismen und deren Kombination beschrieben:

- Vermörtelung
- Verklebung
- Verzahnung

Der maßgebende Haftmechanismus bei der Vermörtelung ist die mechanische Adhäsion, welche nur an mikroskopisch rauen und porösen Oberflächen mit der Verklammerung der Mörtelmatrix mit ebendiesen stattfinden kann. Eine zusätzliche makroskopische Verzahnung soll bei der Vermörtelung durch eine Profilierung der Keramikrückseite erzeugt werden, welche dabei keinen Haftmechanismus im eigentlichen Sinne bedeutet. Sie ist eher als eine zusätzliche Sicherung gegen das Herabfallen der Keramik zu verstehen, da sie erst wirksam wird, wenn die anderen Haftmechanismen bereits versagt haben. Der Einfluss einer Profilierung auf die Haftzugfestigkeit wird in der Praxis also meist überbewertet.

Im Gegensatz dazu ist die Verklebung keramischer Bekleidungsstoffe weitgehend unabhängig von der Oberflächenbeschaffenheit der Keramikrückseite. Es kann also ein außerordentlich wirksamer und vor allem beständiger Haftverbund mit entsprechend geeigneten Klebern oder hochvergüteten Klebemörteln allein durch deren spezifische Adhäsion erzeugt werden.

Wie bereits oben erwähnt hat die Wasseraufnahme von keramischen Platten ebenfalls einen nicht unbedeutenden Einfluss auf die Dauerhaftigkeit des Verbundes zwischen Keramik und Mörtel, da durch die erhöhte Wasseraufnahme die Haftzugfestigkeit bei Frost-Tau-Wechselbeanspruchungen empfindlich verringert wird. Keramische Produkte mit einer Wasseraufnahme von mehr als 6% sollten für WDVS mit keramischen Bekleidungen daher nicht in Betracht gezogen werden, es sei denn es kann durch eine zusätzliche Hydrophobierung der Deckschicht nachgewiesen werden, dass das Gesamtsystem trotzdem nur eine entsprechend geringe Wasseraufnahme erfährt. Bei Mineralfaser-Dämmstoffen sollte die Wasseraufnahme der keramischen Platten sogar unter 3% liegen.

#### **4.7.2 Klebemörtel**

Beim Ansetzmörtel oder Dünnbettkleber bestimmen die Art des Zementes und die Kornzusammensetzung der Zuschlagstoffe die Fähigkeit des Mörtels zur Ausbildung der notwendigen mikroskopischen Verklammerung. Außerdem werden noch geringe Mengen organischer oder anderer Zusätze den Mörteln beigemischt, welche deren weitere Eigenschaften bestimmen. Diese Zusatzmittel wirken z.B. als Elastifizierungsmittel günstig für die Haftbrückenbildung, oder während des Erhärtungsprozesse in der Haftzone wasserrückhaltend bei der Hydratation, oder sie tragen in Form wasserabweisender Vergütung zur Feuchte- und Frostbeständigkeit der Verbindung bei[3].

Für die Ausführung von WDVS mit Deckschichten aus baukeramischen Platten ist ausschließlich das Floating-Buttering-Verfahren anzuwenden. Hierbei wird sowohl die Fliese als auch der Untergrund mit Mörtel bestrichen. Im Gegensatz zum Floating-Verfahren kommt es



dadurch nicht zur dort auftretenden deutlichen Abminderung der erreichbaren Haftzugfestigkeit. Ebenfalls von hoher Wichtigkeit ist der Zeitraum der zwischen Auftragen des Mörtels auf die Wand und dem Ansetzen der Fliese darauf vergeht. Durch einsetzende Hautbildung auf den zu lange vorgezogen auf die Wand aufgetragenen Mörtel werden die Hafteigenschaften desselben erheblich verringert und Langzeitschäden sind vorprogrammiert.

**Abb. 4.7-4: Floating-Buttering-Verfahren[89]**

### 4.7.3 Fugenmörtel

Als Fugenmörtel sollen nur hydrophobierte Mörtel verwendet werden, welche eine geringe Neigung zur Rissbildung haben und dauerhaft hydrophobierend wirksam sind[7]. Als Verfüungsverfahren sind dabei Schlämmverfugung und Kellenverfugung bekannt.



**Abb. 4.7-5: Kellenverfugung[14]**

Um außerdem eine zu starke Anreicherung von Tauwasser im Klebemörtel durch eingeschränkte Austrocknung zu verhindern, muss der Anteil der Fugen pro m<sup>2</sup> Bekleidungsfläche wenigstens 6% betragen[14].



## 5 RECHTLICHE BETRACHTUNG

### 5.1 Europäische Harmonisierung

Im geeinten Europa herrscht ganz allgemein das Bestreben eine Angleichung der Gesetzgebung und Harmonisierung der Normenwelt auf allen Gebieten zu erreichen. Das gilt natürlich auch für das Bauwesen. Der Zweck soll sein, dass nicht nur landesweit Bauprodukte gehandelt und Bauwerke errichtet werden können, sondern dass grenzübergreifend ein gesicherter Handel und Warenverkehr zustande kommen kann und auch Dienstleistungen am Bausektor Europaweit angeboten werden können.

### 5.2 Bauproduktenrichtlinie

Die Europäische Gemeinschaft (EG) hat im Jahr 1988 die Bauproduktenrichtlinie erlassen, welche in der Folge von allen Mitgliedsstaaten in nationales Recht umzusetzen war[14]. Die *"Richtlinie des Rates vom 21.12.1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte (89/106/EWG)"*[17] enthält maßgebende bautechnische Vorschriften bezüglich der stetigen Harmonisierung der Normen und Richtlinien im Baubereich[86].

In Österreich erfolgte die Umsetzung der Bauproduktenrichtlinie getrennt für die Wirkungsbereiche der Länder und des Bundes. Auf Bundesebene in Form des *„BGBI. I Nr. 55/1997 (Ausgegeben am 23. Mai 1997) Bundesgesetz über das Inverkehrbringen von Bauprodukten und den freien Warenverkehr mit diesen (Bauproduktegesetz - BauPG)"*[18] und auf Landesebene in Form der jeweiligen Landesgesetze. Exemplarisch für Wien durch das *„LGBI. Nr. 30/1996 idF LGBI. Nr. 71/2001 Gesetz über Bauprodukte und die Akkreditierung von Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstellen für Bauprodukte in Wien (Wiener Bauprodukten- und Akkreditierungsgesetz - WBAG)"*[23]. Mit Ausnahme von Burgenland, in dem es noch in Vorbereitung begriffen ist, gilt bereits in jedem österreichischen Bundesland ein entsprechendes Landesgesetz.

Bauprodukte dürfen heute in der Europäischen Union ausschließlich dann in anderen Ländern in Verkehr gebracht werden, wenn die formulierten wesentlichen Anforderungen (= essential requirements) an Bauwerke des Hoch- und Tiefbaus bezüglich Sicherheit und anderer Belange im Interesse des Allgemeinwohls von den jeweiligen Bauprodukten erfüllt sind. Wenn diese Produkte also europäisch harmonisierten Normen entsprechen, oder mit europäischen technischen Spezifikationen übereinstimmen, d.h. eine ETA besitzen, dann

gelten sie als brauchbar und sind mit dem CE-Kennzeichen zu markieren. Sie können am gesamten europäischen Binnenmarkt frei gehandelt und für den jeweils vorgesehenen Zweck verwendet werden.

### **5.3 OIB-Richtlinien**

Zu jeder dieser wesentlichen Anforderungen an Bauwerke wurde vom Österreichischen Institut für Bautechnik (OIB) eine eigene Richtlinie erarbeitet – im Bereich Brandschutz sogar zusätzlich zwei weitere Spezialrichtlinien[86]. Sie lauten analog den wesentlichen bautechnischen Anforderungen wie folgt:

- 1 Mechanische Festigkeit und Standsicherheit[26]
- 2 Brandschutz[27]
  - 2.1 Brandschutz bei Betriebsbauten
  - 2.2 Brandschutz bei Garagen, überdachten Stellplätzen und Parkdecks
- 3 Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz[28]
- 4 Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit[29]
- 5 Schallschutz[30]
- 6 Energieeinsparung und Wärmeschutz[31]

Sie können von den Bundesländern als Basis für die Harmonisierung ihrer bautechnischen Vorschriften, bzw. den jeweiligen Landesbauordnungen (LBO), herangezogen werden, wobei die Bedingung der rechtlichen Verbindlichkeit der OIB-Richtlinien den einzelnen Ländern jeweils selbst vorbehalten ist.

Wichtig in Bezug auf Wärmedämmverbundsysteme mit Deckschichten aus baukeramischen Platten sind hier wohl die bauphysikalischen Aspekte von Brandschutz, Feuchtigkeitsschutz, Schallschutz, Wärmeschutz und Standsicherheit, auf welche im Kapitel Bauphysik näher eingegangen wird.

### **5.4 Zulassungen**

Alle in Österreich bundesweit gehandelten und angebotenen Bauprodukte müssen den nationalen Anwendungsnormen und den geltenden technischen Regeln entsprechen. Die in der EU gehandelten und angebotenen Bauprodukte, müssen den technischen Anforderungen und Normen auf EU-Basis entsprechen. Dass nun nach außen hin erkennbar ist, welchen Anforderungen welches Produkt genügt, werden entsprechende Zulassungen oder Zertifikate vergeben.

Als Bauprodukte gelten nicht nur „Baustoffe, Bauteile und Anlagen, die hergestellt werden, um dauerhaft in bauliche Anlagen des Hoch- oder Tiefbaus eingebaut zu werden“[14] und „aus Baustoffen und Bauteilen vorgefertigte Anlagen, die hergestellt werden, um mit dem Erdboden verbunden zu werden, wie Fertighäuser, Fertiggaragen und Silos“, sondern auch sogenannte „Kits“. Das sind Bausätze, welche aus mehreren Komponenten bestehen, die „als Paket zusammen mit einer gemeinsamen CE-Kennzeichnung auf den Markt gebracht werden“ oder „auf der Baustelle zu einem System zusammengefügt und in das Bauwerk eingebaut werden“.

Im Sinne dieser Definition ist ein WDVS ein solcher Bausatz, der als Paket zusammen mit einer gemeinsamen CE-Kennzeichnung auf den Markt zu bringen ist. Das heißt, als WDV-System dürfen nur solche angewandt werden, die von einem System-Hersteller mit einer europäischen (oder nationalen) Zulassung erzeugt wurden.

#### 5.4.1 Nationale Ebene

Auf nationaler Ebene wird für Bauprodukte, die noch nicht der CE-Kennzeichnung unterliegen, der in Österreich erforderliche Nachweis der Verwendbarkeit in der jeweils aktuellen österreichischen Baustoffliste ÖA festgelegt, welche als Verordnung vom Österreichischen



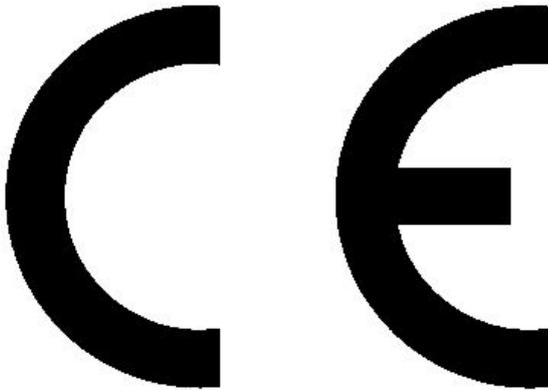
Abb. 5.4-1: ÜA-Einbauzeichen[86]

Institut für Bautechnik (OIB) herausgegeben wird[86]. Die Erfüllung dieser Anforderungen wird durch Vorlage eines positiven Übereinstimmungszeugnisses bzw. einer Herstellererklärung und mit dem Einbauzeichen ÜA für den Verwender der Baustoffe kenntlich gemacht und optisch dokumentiert. Das ÜA-Einbauzeichen ist also kein Gütekennzeichen, sondern bestätigt nur die Übereinstimmung des Bauproduktes mit den geltenden nationalen Anwendungsnormen.

#### 5.4.2 Europäische Ebene

Die Verwendung CE-gekennzeichneter Bauprodukte in Österreich wird durch die jeweils aktuelle Baustoffliste ÖE geregelt, in welcher Leistungsanforderungen und Verwendungsbestimmungen festgelegt werden, und die ebenfalls vom OIB als Verordnung herausgegeben

wird. Für Bauprodukte, für die „europäische technische Spezifikationen im Sinne der Bauproduktenrichtlinie 89/106/EWG vorliegen, werden die auf Basis der Ergebnisse der CE-Kennzeichnung auf nationaler Ebene in Österreich festgelegten Verwendungszwecke, Klassen und Stufen sowie Leistungsbeschreibungen und Verwendungsbestimmungen“[86]



veröffentlicht. Behörden, Planern und Verwendern wird mit der Baustoffliste ÖE ein Instrument ausgehändigt, das die Verwendbarkeit dieser Bauprodukte mit den gesetzlichen Anforderungen an Bauwerke abstimmen lässt. Das CE-Kennzeichen ist somit ebenfalls kein Gütezeichen, sondern bestätigt lediglich die Übereinstimmung des Bauproduktes mit den europäischen Herstellungsnormen.

Abb. 5.4-2: CE-Kennzeichen[86]

## 5.5 Stand der Gesetzgebung

Welche Einschränkungen gibt es nun in Bezug auf die Errichtung einer Schauseitenverkleidung in Österreich? Oder anders formuliert, was muss eine Fassade nach den jeweils geltenden Bauordnungen können, bzw. was muss sie bautechnisch und bauphysikalisch leisten, um dem Stand der Gesetzgebung der österreichischen Bundesländer zu entsprechen?

Stellvertretend für die unterschiedlichen Landesbauordnungen seien an der Wiener Bauordnung – des „Wiener Stadtentwicklungs-, Stadtplanungs- und Baugesetzbuch (Bauordnung für Wien - BO für Wien)“[16] – einige der wesentlichen Aspekte betreffend WDVS wie folgt herausgehoben, und anhand der OIB-Richtlinien, Normen, oder anderer Richtlinien zumindest in Teilen ihrer Bedeutung erklärt.

### 5.5.1 Nutzungssicherheit

„... 9. Teil

*Bautechnische Vorschriften*

(...)

*5. Abschnitt*

*Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit*

(...)

*Schutz vor Aufprallunfällen und herabstürzenden Gegenständen*

§ 113. (...)

*(2) Bauwerke sind so zu planen und auszuführen, dass deren Benutzer vor herabstürzenden Gegenständen geschützt sind. Dies schließt z.B. auch die sichere Befestigung von Bauteilen wie Fassaden (...) ein. ...“*

Die notwendige Verklebung und Verdübelung, oder Verwendung entsprechend geprüfter Schienen- und Verankerungssysteme, soll sicherstellen, dass es zu keinen Eigenlast- oder Windsogbedingten Ablösungen der Dämmplatten kommt. Spezielle Verklebungsmethoden, verschiedene Flächenverdübelungsschemata oder verstärkte Randzonenverdübelungen sollen dem entgegen wirken[15]. Jedenfalls als zulässig bewertet werden WDV-Systeme, ausgeführt entsprechend einer europäischen technischen Zulassung oder einer harmonisierten europäischen Norm. Bei Anwendung einer Deckschicht aus baukeramischen Platten gibt es allerdings noch keinerlei vorgeschriebene Angaben oder europäische technisch zugelassene WDV-Systeme, nur Empfehlungen von einigen Herstellern im Zuge deren jeweils eigenen Produktverarbeitungsrichtlinien.

## 5.5.2 Brandschutz

*„... 9. Teil*

*Bautechnische Vorschriften*

*(...)*

*3. Abschnitt*

*Brandschutz*

*(...)*

*Tragfähigkeit des Bauwerkes im Brandfall*

*§ 92. (1) Bauwerke müssen so geplant und ausgeführt sein, dass bei einem Brand die Tragfähigkeit mindestens für den Zeitraum erhalten bleibt, der für die sichere Fluchtmöglichkeit oder Rettung der Benutzer des Bauwerks erforderlich ist. ...“*

Jene tragenden Bauteile die eine Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten aufweisen müssen, haben zumindest aus Baustoffen der Euroklasse des Brandverhaltens A2 zu bestehen, sofern keine Ausnahmen dafür vorgesehen sind[27].

*„... 9. Teil*

*Bautechnische Vorschriften*

*(...)*

*3. Abschnitt*

*Brandschutz*

*(...)*

*Ausbreitung von Feuer und Rauch innerhalb des Bauwerkes*

§ 93. (...)

*(5) Fassaden, einschließlich der Dämmstoffe, Unterkonstruktion und Verankerungen, müssen so ausgeführt sein, dass bei einem Brand ein Übergreifen auf andere Nutzungseinheiten und eine Gefährdung von Rettungsmannschaften weitestgehend verhindert werden. ...“*

Bei WDVS-Fassaden mit EPS-F Dämmung und Dicken > 10 cm werden Brandschutzriegel aus Mineralwolle (MW-PT) im Sturzbereich von Fenstern und Fenstertüren, mit einem seitlichen Übergriff von 30 cm und einer Höhe von 20 cm, verdübelt ausgeführt[15]. Das soll ein Herabfallen von brennenden Tropfen der EPS-F Platten auf Rettungskräfte und Flüchtende bei deren Evakuierung durch Fenster verhindern, sowie ein „Wegschmelzen“ der Dämmschicht und Ablösen und Herabfallen der darüberliegenden Deckschicht.

### **5.5.3 Schallschutz**

*„... 9. Teil*

*Bautechnische Vorschriften*

*(...)*

*6. Abschnitt*

*Schallschutz*

*Allgemeine Anforderungen an Bauwerke und Bauteile*

*§ 116. (1) Bauwerke müssen so geplant und ausgeführt sein, dass (...) Benutzer dieses oder eines unmittelbar anschließenden Bauwerkes nicht durch (...) auftretenden Schall und Erschütterungen in ihrer Gesundheit gefährdet oder belästigt werden. (...)*

*(3) Alle Bauteile (...) müssen so geplant und ausgeführt sein, dass die Weiterleitung von Luft-, Tritt- und Körperschall so weit gedämmt wird, wie dies zur Erfüllung der Anforderungen des Abs. 1 erforderlich ist. ...“*

Durch Einhaltung vorgeschriebener Grenzwerte für umfassende Bauteile werden die Schallmissionen auf allgemein verträgliche Masse abgemindert[55]. Dies wirkt sich auf die Konstruktion in Form der flächenbezogenen Masse der biegesteifen (Wandbildner) und biegeweichen Schale (Unter- und Oberputz, bzw. keramische Bekleidung), sowie in der dynamischen Steifigkeit des Dämmmaterials aus.

### **5.5.4 Wärmeschutz**

*„... 9. Teil*

*Bautechnische Vorschriften*

*(...)*

*7. Abschnitt*

*Energieeinsparung und Wärmeschutz*

*Allgemeine Anforderungen*

§ 118. (1) *Bauwerke und all ihre Teile müssen so geplant und ausgeführt sein, dass die bei der Verwendung benötigte Energiemenge nach dem Stand der Technik begrenzt wird. (...) (...) insbesondere Heizung, (...) Kühlung, (...) sind zu berücksichtigen.*

(2) *Bei der Beurteilung, ob die Energiemenge gemäß Abs. 1 nach dem Stand der Technik begrenzt wird, ist insbesondere Bedacht zu nehmen (...)*

2. (...) *sommerliche Überwärmung, zu vermeiden,*

(...)

(5) *Der Energieausweis (§ 63 Abs. 1 lit. e) ist (...) auszustellen. ...“*

Die Vorgabe von nicht zu überschreitenden Wärmedurchgangskoeffizienten bei wärmeübertragenden Bauteilen, soll einerseits den Wärmeverlust, sowie andererseits den Heizwärmebedarf der einzelnen Räume, Nutzungseinheiten, und des fertigen Bauwerks möglichst gering halten[31]. Im Energieausweis wird festgestellt wie hoch der jährliche Heizwärmebedarf ausfällt, und das Gebäude anhand einer Effizienzskala in die entsprechende Klasse eingestuft. Im Gegensatz zum Auskühlen in der kalten Jahreszeit stellt die speicherwirksame Masse der raumumschließenden Bauteile ein wirksames bautechnisches Mittel bei der Vermeidung sommerlicher Raumüberwärmung durch Sonneneinstrahlung dar[54].

**5.5.5 Feuchtigkeitsschutz**

„... 9. Teil

*Bautechnische Vorschriften*

(...)

4. Abschnitt

*Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz*

(...)

*Schutz vor Feuchtigkeit*

§ 102. (1) *Bauwerke müssen (...) gegen das Eindringen (...) von Wasser und Feuchtigkeit aus dem Boden dauerhaft abgedichtet werden. (...)*

(2) (...) *Außenwände (...) müssen Schutz gegen Niederschlagswässer bieten.*

(3) *Bauwerke müssen (...) so ausgeführt sein, dass eine schädigende Feuchtigkeitsansammlung durch Wasserdampfkondensation in Bauteilen und auf Oberflächen von Bauteilen vermieden wird. ...“*

Die Perimeterdämmung soll verstärkt wasser- und stoßbeständig sein, sowie eine Dichtungsebene beinhalten die wenigstens 30 cm über das Bodenniveau führt. Die Deckschicht von WDVS soll gegen Schlagregen resistent und gegen dauerhaften Niederschlag hydrophobierend wirksam sein, um möglichst wenig Wasser nach innen weiterzuleiten. Einerseits muss der Schichtaufbau eines WDVS so gewählt werden, dass die Taupunkttemperatur

nicht in eine Ebene oder Schicht fällt, in der Kondensat zu Problemen führen kann, und andererseits müssen die Wasserdampfdiffusionswiderstände der einzelnen Schichten so gering sein (abfallend von innen nach außen), dass die im Winter im Bauteil anfallende Tauwassermenge im Sommer wieder zur Gänze verdunsten kann.

### **5.5.6 Relevanz für die Ausführung keramischer Bekleidungen**

All diese eben gebrachten Beispiele zeigen den Einfluss der Gesetzgebung auf Wärmedämmverbundsysteme mit Putzschicht oder auf WDVS im Allgemeinen. Für WDV-Systeme mit Deckschichten aus baukeramischen Platten gibt es allerdings noch keine Regelungen oder Richtlinien an denen man sich in seiner Planung oder Ausführung orientieren könnte. Aussagen zu keramischen Bekleidungen werden noch sehr zurückhaltend und meist nur in Form von Empfehlungen getätigt, und deren Verhalten wird erst ansatzweise in Simulationsprogrammen erfasst.

Im folgenden Kapitel werden unter anderem die bauphysikalischen Aspekte von Wärmedämmverbundsystemen mit Deckschichten aus baukeramischen Platten mit teils unterschiedlichen Aufbauten näher untersucht. Anhand von Simulationsprogrammen soll darüber hinaus versucht werden Aussagen über das Temperatur- und Feuchtigkeitsverhalten zu treffen, um diese dann schließlich einander gegenüberzustellen und untereinander zu vergleichen.

## 6 BAUPHYSIK

### 6.1 Allgemein

Bei der Errichtung eines Raumabschließenden Außen-Bauteiles muss man nicht nur auf die Wahl des jeweils passenden tragenden Baustoffes achten, sondern sich auch Gedanken zu den bauphysikalischen Eigenschaften des gewählten Materials machen. Die Wechselwirkung Festigkeit, Wärmedämmung und -speicherung, Feuchteverhalten, Schalldämmung und Brandschutz führt bei näherer Betrachtung zu zwei möglichen Arten des Wandaufbaus: das sind einerseits der integrierte Wandaufbau und andererseits der entkoppelte Wandaufbau. In ersterem Fall handelt es sich um einen grundsätzlich einschichtigen Aufbau, der alle zu berücksichtigenden bauphysikalischen Aspekte in sich vereint. Bei der zweiten Art des Wandaufbaus werden die notwendigen bauphysikalischen Anforderungen von jeweils eigenen – entkoppelten – Baustoffen übernommen, welche in ihrer Wirkung optimal auf die jeweilige Anforderung abgestimmt sind[10]. Wärmedämmverbundsysteme zählen, in Kombination mit dem dazugehörigen Wandbildner, zu den entkoppelten Wandaufbauten.

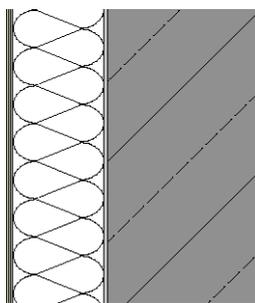
In den nachfolgenden Kapiteln wird anhand einiger typischer Wandaufbauten auf die einzelnen Aspekte der Bauphysik eingegangen und deren Bezug zu den jeweiligen Schichten, bzw. Baustoffen dargestellt. Stahlbeton, als praktisch einziger Baustoff der homogenen Wand, Hochlochziegeln, als Wandbausteine für die gemauerte Wand, und Holz, in form von Vollholzstehern und OSB-Platten für die Ständerwand, bilden die wohl am häufigsten eingesetzten Baustoffe zur Errichtung einer tragenden Wand. Jeweils einmal mit einer Silikatputz-Deckschicht und einer keramischen Deckschicht (bestehend aus Flachverblendern) versehen, und in dieser Arbeit beispielhaft mit Polystyrol-Fassadenplatten gedämmt, stellen die hier gezeigten sechs Wandaufbauten die Grundlage für die bauphysikalischen Untersuchungen dar. Die Holzständerwand, speziell das Eck-Detail, entspricht mitsamt seinen Kennwerten einem Standard-Aufbau von proHolz[77]. Zu den Berechnungsnachweisen des U-Wertes und des Schallschutzes aller Wandaufbauten siehe Anhang B und Anhang C.

Zu den Maßen der Flachverblender sei angemerkt, dass es sich um Format III 240x71 mm handelt, was im Querschnitt einer horizontalen Länge von 0,24 m entspricht. Aufgrund des Umstandes, dass die beiden weiter unten beschriebenen Bemessungsprogramme Flächenbezogene Werte benötigen, um den korrekten Wärmeverlauf, bzw. die korrekten Feuchtespezifischen Werte zu ermitteln, bin ich von der realistischen Darstellung der Keramik abgegangen, zu einer sinnvollen Darstellung der Flächenverhältnisse von Platte und Fuge (die ja unterschiedliche Baustoffkennwerte aufweisen). Bei Wahl von 10 mm Fugen

ergibt sich die Fläche eines Flachverblenders zu  $240 \times 71 \text{ mm} = 17.040 \text{ mm}^2$ , eine Bruttofläche inklusive Fugen zu  $250 \times 81 \text{ mm} = 20.250 \text{ mm}^2$  und daher eine Fugenfläche zu  $3.210 \text{ mm}^2$ . Bezogen auf die Bruttofläche, ergibt das eine anteilige Plattenfläche von 0,841 (also 84%) und eine anteilige Fugenfläche von 0,159 (also 16%). In für die Darstellung der Querschnitte notwendigen zweidimensionalen Werten entspricht das einer Fugenbreite von 10 mm und einer Plattenlänge von 650 mm.

### 6.1.1 Wandaufbau A1

$d = 33,3 \text{ cm}$ ,  $g = 5,00 \text{ kN/m}^2$ ,  $U = 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ,  $R_w = 61 \text{ dB}$



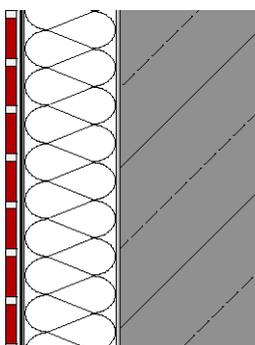
1. 0,3 cm Silikatputz
2. 0,5 cm Klebspachtel mit Textilglasgitter
3. 12,0 cm EPS-F (gedübelt)
4. 0,5 cm Klebspachtel
5. 20,0 cm Stahlbeton

**Abb. 6.1-1: A1 - Stahlbeton / Silikatputz[WF]**

Wandaufbau A1 ist eine Stahlbeton-Massivwand mit einer geklebten und gedübelten Dämmschicht aus expandierten Polystyrol-Fassadendämmplatten. Die Armierungsschicht ist einfach mit Textilglasgewebe bewehrt und die Deckschicht wird von einem Silikatputz gebildet.

### 6.1.2 Wandaufbau A2

$d = 35,0 \text{ cm}$ ,  $g = 5,30 \text{ kN/m}^2$ ,  $U = 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ,  $R_w = 62 \text{ dB}$



1. 1,5 cm Flachverblender (mit 10 mm Fugenbreite und 16% Fugen-Flächenanteil)
2. 0,5 cm Klebemörtel
3. 0,5 cm Klebspachtel mit Textilglasgitter 2-lagig
4. 12,0 cm EPS-F (gedübelt)
5. 0,5 cm Klebspachtel
6. 20,0 cm Stahlbeton

**Abb. 6.1-2: A2 - Stahlbeton / Flachverblender[WF]**

Wandaufbau A2 hat denselben Aufbau der Trag- und Dämmschicht wie A1, allerdings ist der Armierungsmörtel zweifach bewehrt und die Dübel sind durch das Textilglasgitter gebohrt –

die Dübelköpfe liegen also über dem Bewehrungsgewebe. Die Deckschicht wird aus Flachverblendern in Klebemörtel gebildet, welche mit Fugenmörtel verfugt werden.

### 6.1.3 Wandaufbau B1

$d = 35,8 \text{ cm}$ ,  $g = 2,51 \text{ kN/m}^2$ ,  $U = 0,31 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ,  $R_w = 50 \text{ dB}$

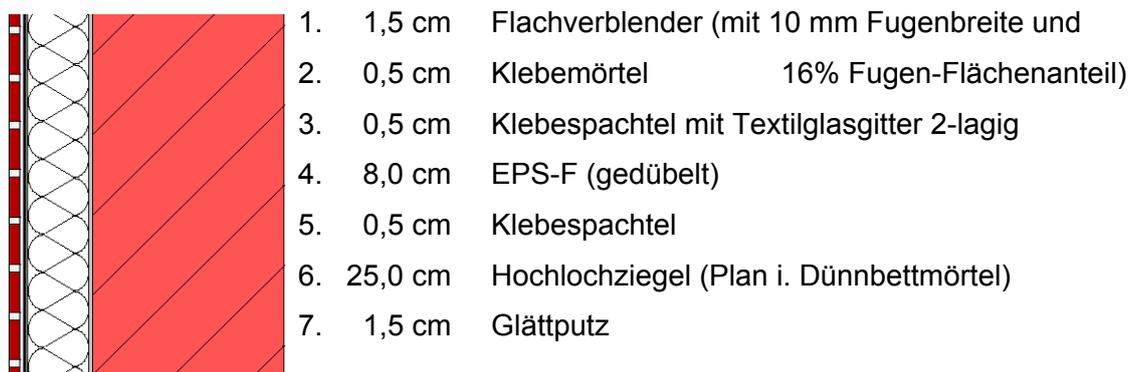


**Abb. 6.1-3: B1 - Mauerwerk / Silikatputz[WF]**

Wandaufbau B1 wird durch ein Mauerwerk mit Hochlochziegeln gebildet, welche im Dünnbett-Verfahren vermörtelt werden. Innenseitig ist die Wand mit einem Glättputz versehen, außenseitig mit einer geklebten und gedübelten Dämmschicht aus expandierten Polystyrol-Fassadendämmplatten. Den Abschluss bilden, wie bereits beim Aufbau A1, eine einfach bewehrte Armierungsschicht und ein Silikatputz.

### 6.1.4 Wandaufbau B2

$d = 37,5 \text{ cm}$ ,  $g = 2,81 \text{ kN/m}^2$ ,  $U = 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ,  $R_w = 51 \text{ dB}$

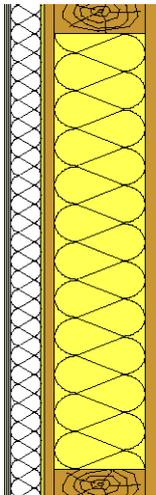


**Abb. 6.1-4: B2 - Mauerwerk / Flachverblender[WF]**

Wandaufbau B2 hat betreffend die Trag- und Dämmschicht denselben Aufbau wie B1, allerdings ist die Armierungsschicht zweifach bewehrt und die Dübel werden durch das Bewehrungsgewebe gebohrt. Die Deckschicht bilden auch hier in Klebemörtel verlegte Flachverblender, welche mit Fugenmörtel verfugt werden, wie bei A2.

### 6.1.5 Wandaufbau C1

$d = 26,2 \text{ cm}$ ,  $g = 0,59 \text{ kN/m}^2$ ,  $U = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ,  $R_w = 43 \text{ dB[77]}$



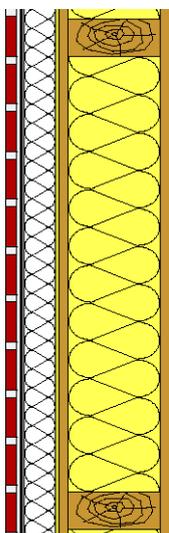
1. 0,3 cm Silikatputz
2. 0,5 cm Klebespachtel mit Textilglasgitter
3. 4,0 cm EPS-F (gedübelt)
4. 0,5 cm SupraKleber
5. 1,2 cm OSB-Platte
6. 12,0 cm Vollholzsteher (60/120, e = 625 mm)
7. 12,0 cm MW-W dazwischen (mit 90% Flächenanteil)
8. 1,5 cm OSB-Platte
9. Dampfsperre ( $s_d > 23 \text{ m}$ )
10. 1,25cm Gipskartonplatte GKF

**Abb. 6.1-5: C1 - Holzständerwand / Silikatputz[WF]**

Wandaufbau C1 ist eine Holzständerwand, gebildet aus Vollholzstehern, beidseitig beplankt mit OSB-Platten und dazwischen liegender Mineralwolle. Innenseitig sind über einer Dampfsperrierfolie Gipskarton-Feuerschutzplatten angeordnet, außenseitig expandierte Polystyrol-Fassadendämmplatten, welche geklebt und gedübelt werden. Die Deckschicht wird über einer einfach bewehrten Armierungsschicht analog zu A1 und B1 aus Silikatputz gebildet. Derselbe Wandaufbau ohne Dampfsperre zwischen Gipskartonplatte und innerer OSB-Platte wird mit C1oD bezeichnet.

### 6.1.6 Wandaufbau C2

$d = 27,9 \text{ cm}$ ,  $g = 0,89 \text{ kN/m}^2$ ,  $U = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ,  $R_w = 44 \text{ dB[77]}$



1. 1,5 cm Flachverblender (mit 10 mm Fugenbreite und
2. 0,5 cm Klebemörtel 16% Fugen-Flächenanteil)
3. 0,5 cm Klebespachtel mit Textilglasgitter 2-lagig
4. 4,0 cm EPS-F (gedübelt)
5. 0,5 cm SupraKleber
6. 1,2 cm OSB-Platte
7. 12,0 cm Vollholzsteher (60/120, e = 625 mm)
8. 12,0 cm MW-W dazwischen (mit 90% Flächenanteil)
9. 1,5 cm OSB-Platte
10. Dampfsperre ( $s_d > 23 \text{ m}$ )
11. 1,25cm Gipskartonplatte GKF

**Abb. 6.1-6: C2 - Holzständerwand / Flachverblender[WF]**

Wandaufbau C2 unterscheidet sich von C1 nur durch den Aufbau der Deck- und Armierungsschicht. Diese ist zweifach mit Textilglasgitter bewehrt und die Dübel werden durch das Bewehrungsgewebe gebohrt. Die aus in Klebemörtel verlegten Flachverblendern bestehende Deckschicht wird, wie bei den Aufbauten A2 und B2, mit Fugenmörtel verfugt. Auch hier gibt es wieder einen identischen Wandaufbau ohne Dampfsperre, bezeichnet mit C2oD.

### 6.1.7 Übersicht

In einer Übersicht werden die wesentlichen Unterscheidungsmerkmale der sechs zu untersuchenden Wandaufbauten noch einmal gebündelt dargestellt.

Deckschicht bestehend aus	Tragende Bauteil-Schicht bestehend aus			
	Stahlbeton Massivwand	Hochlochziegel Mauerwerk	Holzständerwand	
			mit Dampfsperre	ohne Dampfsperre
Silikatputz	<b>A1</b>	<b>B1</b>	<b>C1</b>	<b>C1oD</b>
Flachverblender	<b>A2</b>	<b>B2</b>	<b>C2</b>	<b>C2oD</b>

Tab. 6.1-1: Übersicht der Wandaufbauten[WF]

Die Buchstaben stehen für die Wahl der Tragschicht, A bedeutet Stahlbeton, B steht für Hochlochziegel und C für Holzständerwand. Die Ziffern bezeichnen die Deckschicht, wobei 1 für Silikatputz und 2 für keramische Bekleidung aus Flachverblendern steht.

## 6.2 Standsicherheit

### 6.2.1 Allgemein

Wie in der Wiener Bauordnung[16] im 5. Abschnitt „Nutzungssicherheit ...“ definiert, müssen Wärmedämmverbundsysteme als Fassaden vor dem Herabstürzen sicher befestigt werden. Die Standsicherheit von WDVS ist also ein wesentlicher Bestandteil in der Beurteilung ihrer Verwendbarkeit, daher gilt es folgenden Beanspruchungen dauerhaft und schadensfrei standzuhalten:

- dem Eigengewicht eines WDVS,
- den Windsoglasten,
- dem Einfluss von Tragwand-Verformungen,
- hygri-schen Beanspruchungen infolge Schlagregeneinwirkung und Dampfdiffusion, und
- thermischen Beanspruchungen infolge tages- und jahreszeitlicher Schwankungen der Lufttemperatur und der Sonneneinstrahlung[14].

### 6.2.2 Eigengewicht

Im Lastfall Eigengewicht eines WDVS wird dessen Last bei

- ausschließlich geklebten Systemen und bei
- geklebten und gedübelten Systemen mit haftendem Kleber

über Scherkräfte über den Dämmstoff und die Verklebung in den Untergrund weitergeleitet. Allenfalls vorhandene Dübel führen über eine geringe Querkzugwirkung der biegebeanspruchbaren Dübelschrauben höchstens zu einer meist vernachlässigbaren Versteifung des Systems. Für den Fall von

- geklebten und gedübelten Systemen mit nicht haftendem Kleber

ermöglichen die Dübel eine Konsoltragwirkung mit der Dämmschicht, wobei Zugkräfte, lotrecht zur Wandfläche über den Dübel, Druckkräfte, schräg über den Dämmstoff, und Scherkräfte, parallel zur Wandfläche über den Klebepatchel, in den Untergrund weitergeleitet werden.

### 6.2.3 Windsog

Der Lastfall Windsog bedeutet meist die stärkste Beanspruchung eines WDVS und tritt an den Windparallelen und Windabgewandten Seiten eines Bauwerks auf. Er ist nach der ÖNORM B 4014-1[38] zu berechnen. Bei

- ausschließlich geklebten Systemen

werden die Windsogkräfte über den Dämmstoff und die Verklebung in den Untergrund weitergeleitet, bei

- geklebten und gedübelten Systemen

wird der ungünstigste Fall mit nicht haftendem Kleber herangezogen (da z.B. der Altputz abblättern kann), und die Windsogkräfte werden nur über die Dübel in den Untergrund weitergeleitet[14]. Die Anzahl der nötigen Dübel wird über die Tragfähigkeit der Dübelteller und der Dübel im Untergrund, die Dämmstoffart und -dicke, sowie die Lage der Dübel in Bezug zum Dämmplattenraster bestimmt. Bei Windsogversuchen im Rahmen von an der TU Berlin durchgeführten Untersuchungen im Unterdruckstand wurde laut [7] eine ausreichende Abreißfestigkeit des Gesamtsystems von zuvor künstlich bewitterten WDV-Systemen festgestellt.

### 6.2.4 Tragwand-Verformungen

Dem Einfluss von eventuell auftretenden Tragwand-Verformungen kann konstruktiv entgegengetreten werden, indem man Dehnfugen anordnet oder anstatt der geklebten und gedübelten WDVS ein Schienensystem ausführt[14].

### 6.2.5 Hygrische Beanspruchungen

Die hygrischen Beanspruchungen auf Deckschichten aus baukeramischen Platten, wie Schlagregeneinwirkung und Dampfdiffusion, werden weiter unten im Kapitel Feuchtigkeitsschutz näher erläutert.

### 6.2.6 Thermische Beanspruchungen

Die thermischen Beanspruchungen, wie tages- und jahreszeitliche Schwankungen der Lufttemperatur und der Sonneneinstrahlung, kommen bei Wärmedämmverbundsystemen mit Deckschichten aus baukeramischen Platten noch viel stärker zum Vorschein als bei WDVS mit Putzschichten. Aufgrund ihrer Wärmeausdehnungskoeffizienten und höheren Strahlungsabsorptionszahl sind die Oberflächentemperaturen von dunklen (meist dunkelroten oder braunen) Keramikplatten um ein vielfaches höher als bei herkömmlichen Deckschichten aus (üblicherweise hellen) Oberputzen. Das führt zu hochgradigerem Ausdehnungspotential und in der Folge mit der größeren Steifigkeit von Keramik natürlich zu, teils extremen, inneren Spannungen.

#### 6.2.6.1 Belastungen

Laut [7] wurde bei einem großangelegten Feldversuch in exponierter Lage über einen längeren Zeitraum das hygro-thermische Verhalten von WDVS mit keramischen Bekleidungen untersucht. Die Resultate, bei Verwendung eines dunkelblauen keramischen Steinzeugplattenbelags auf 80 mm Mineralfaserdämmung, zeigten, dass im Sommer 1995 Spitzenwerte von über 70°C direkt unter der Keramik keine Seltenheit waren. Der höchste gemessene Wert betrug sogar  $\vartheta = 76^\circ\text{C}$ , welcher im August – innerhalb von nur 3 Stunden – von einer Nachttemperatur  $\vartheta = 17^\circ\text{C}$  erreicht wurde, die Temperaturdifferenz betrug also  $\Delta\vartheta = 59\text{ K}$ . Selbst im Herbst und Winter traten sehr hohe Temperaturwechsel ein. Die größte gemessene Temperaturdifferenz betrug  $\Delta\vartheta = 62\text{ K}$  im November, wobei hier die höchste Temperatur bei  $\vartheta = 58^\circ\text{C}$  und die tiefste bei  $\vartheta = -4^\circ\text{C}$  lag. Die insgesamt tiefste registrierte Temperatur betrug im Februar 1996  $\vartheta = -15,5^\circ\text{C}$ .

Diese Ergebnisse bestätigen die Annahme, dass die thermische Entkoppelung der relativ dünnen keramischen Bekleidungsschicht mitunter der Grund für die extremen gemessenen Temperaturgradienten ist, sowie die zu erwartenden maximalen Oberflächentemperaturen von  $\vartheta = 80^\circ\text{C}$  bei WDVS. Im Vergleich dazu werden auf schwarzen Oberflächen von Massivwänden „nur“ Temperaturen von etwa  $\vartheta = 65^\circ\text{C}$  erreicht. Die Oberflächentemperaturen, die daher für Standsicherheitsbetrachtungen zugrunde zu legen sind, lauten  $\vartheta_{\max} = 80^\circ\text{C}$  und  $\vartheta_{\min} = -20^\circ\text{C}$ , betreffen also einen Temperaturbereich von  $\Delta\vartheta = 100\text{ K}$ .

### 6.2.6.2 Verformungen

Im Zuge dieser Dissertation[7] wurden auch Bewitterungsversuche im Labor durchgeführt, bei denen zu erkennen war, dass die gemessenen thermischen Verformungen annähernd linear abhängig von der einwirkenden Temperaturdifferenz waren. An einem 5 m langen Wandstück wurden unterschiedliche Wärmedämmmaterialien (PS, MW), mit jeweils unterschiedlichen Dicken (80 mm, 50 mm) und verschiedene Anordnungen der Keramik (Verband, Kreuzfuge) untersucht. Festzustellen war, dass die Größe der Verformungen in erster Linie auf der Wirkung des linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten  $\alpha_T$  (im Bereich von  $5,5 \cdot 10^{-6}/K$  bis  $7,7 \cdot 10^{-6}/K$ ) der keramischen Bekleidung beruhen, in weiterer Linie aber auch vom Schubmodul und der Dicke der Wärmedämmschicht, sowie von der Steifigkeit der Bekleidungsschicht (allerdings in wesentlich geringerem Verhältnis) abhängig sind. Die gesamt gemessenen Verformungen der 5 m langen Prüfflächen liegen, in Abhängigkeit von den vorhandenen Temperaturdifferenzen, in einem Bereich von 0,25 mm (50 mm extrudierte Polystyrolämmung) bis 1,45 mm (80 mm Mineralfaserdämmung).

### 6.2.6.3 Normative Regelung

Da es in Österreich noch keine normativen Regelungen zum Thema Wandbekleidungen aus keramischen Platten gibt, und selbst in der ETAG 004[21] noch keine Aussagen zur Zulassung von WDVS mit Deckschichten aus baukeramischen Platten getroffen wurden (siehe Kapitel 4.2.4), ziehe ich zur Veranschaulichung dieser Problematik eine deutsche Norm heran.

In der DIN 18515-1: Außenwandbekleidungen – Angemörtelte Fliesen oder Platten, Grundsätze für Planung und Ausführung[32] sind „...zum Abbau von *schädlichen Spannungen in der Außenwandbekleidung (...) Bewegungsfugen anzuordnen...*“, wobei hier zwischen

- Gebäudetrennfugen,
- Anschlussfugen und
- Feldbegrenzungsfugen

unterschieden wird. Im Gebäude vorkommende Trennfugen haben bis in die Außenwandbekleidung fortgesetzt zu werden und Anschlussfugen sind an Bauteilen mit anderen Ausdehnungskoeffizienten vorzusehen, z.B. an Fenstern oder Türen. Zur Anordnung von Feldbegrenzungsfugen gelten maximale horizontale und vertikale Abstände von 3 m bis 6 m (abhängig von verschiedenen Parametern) oder für horizontale Feldbegrenzungsfugen ein maximaler Abstand von Geschoßhöhe, sowie die Anordnung im Bereich von „*Außen- und Innenecken eines Gebäudes*“.

Es wird zwar in der DIN 18515-1[32] nicht zwischen „unmittelbar an die Außenwand ange-setzte Außenwandbekleidungen“ und „an Wärmedämmschichten angesetzte Außenwand-bekleidungen“ unterschieden, eine Anwendung dieser Norm auf WDVS mit Deckschichten aus baukeramischen Platten kann jedoch nicht erfolgen[7]. Denn da darin für Ansetzflächen auf Wärmedämmschichten ein mit Baustahlgitter armierter Unterputz gefordert wird, fallen Wärmedämmverbundsysteme nicht in den Anwendungsbereich dieser Norm. Also auch in Deutschland fehlen normative Regelungen zu WDVS mit keramischen Deckschichten.

#### 6.2.6.4 Gründe für die Erforderlichkeit von Feldbegrenzungsfugen

Um Aussagen über die Abstände von Feldbegrenzungsfugen machen zu können, muss man sich erst über die Ursachen für deren Erforderlichkeit klar werden. Gründe können Verformungen aus dem Auftreten von

- Zwängungsspannungen in der Bekleidungsschicht,
- Schubbeanspruchungen der Wärmedämmschicht und
- Dübelkopferschiebungen

sein[7], wie an der Gegenüberstellung eines unbelasteten und eines durch thermische Beanspruchungen verformten WDVS gut erkennbar ist.

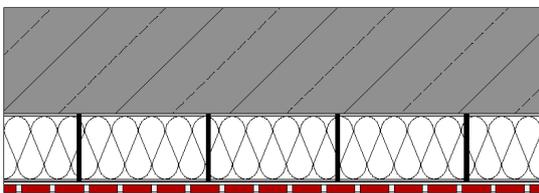


Abb. 6.2-1: WDVS unverformt[WF]

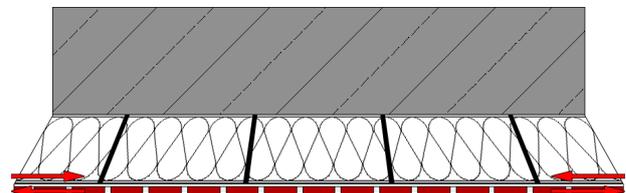


Abb. 6.2-2: WDVS verformt[WF]

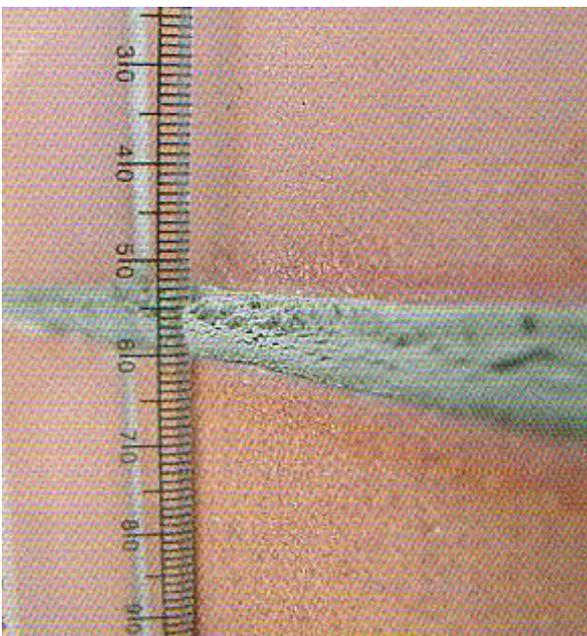
Die hauptsächlich durch Sonneneinstrahlung thermisch hoch beanspruchten keramischen Platten dehnen sich aufgrund ihres linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten aus, werden aber durch den Verbund über die Armierungsschicht mit der Wärmedämmschicht daran behindert (rote Pfeile in der Abbildung). Resultat sind Zwängungsspannungen, die im schlimmsten Fall zu einer übermäßigen Rissbildung mit größeren Rissbreiten führen können.

Aufgrund der eben genannten Verformungen der Bekleidungsschicht entstehen Schubspannungen in der Wärmedämmschicht, die ja mit dem Wandbildner über den Klebespachtel und die Verdübelung verbunden ist. Ganz besonders hoch werden diese im Randbereich, wo unter ungünstigen Umständen die Scherfestigkeit der Dämmplatten erreicht werden kann, was in der Folge zu einem Versagen derselben führt.

Durch die Ausdehnung der Bekleidungsschicht und der dadurch hervorgerufenen Verformung der Wärmedämmschicht, werden die Dübel einerseits und die Dübelköpfe andererseits beansprucht. Maßgebend sind dabei geringe Dämmstoffdicken und kleine Bettungsmoduln. Der Dübel kann die Biegeverformung jedenfalls aufnehmen, die schadlose Aufnahme der Dübelkopfverformung ist allerdings nachzuweisen.

#### 6.2.6.5 Schadensbilder bei fehlenden oder falsch ausgeführten Dehnungsfugen

Einzelne dieser Beanspruchungen oder Kombinationen aus diesen können Schadensbilder verursachen wie sie unter anderen im Folgenden beschrieben werden. Fehler in der Verfüugung, durch Wahl des falschen Materials oder schlechte Verarbeitung, können dazu führen, dass sich im Fugenwerkstoff Risse durch Stauchung bilden, bedingt durch die Ausdehnung der keramischen Platten[14]. Durch Übersteigen der Haftzugfestigkeit zwischen Keramik und Mörtel kann es zum Verlust des Verbundes zwischen beiden kommen und zu klaffenden Rissen in der Bekleidung, welche die verstärkte Wasseranreicherung im Inneren des Bauteils zur Folge haben. Dies führt unter Umständen zu weiteren Problemen, wie einer Durchnäsung des Dämmmaterials, einem Abfallen der Wärmedämmwirkung, bis hin zu einem Verlust des Verbundes zwischen Dämmschicht und Armierungsschicht, und einem großflächigerem Abplatzen der keramischen Deckschicht[3].



**Abb. 6.2-3: Stauchung von Fugen aufgrund Ausdehnung der Keramik[14]**



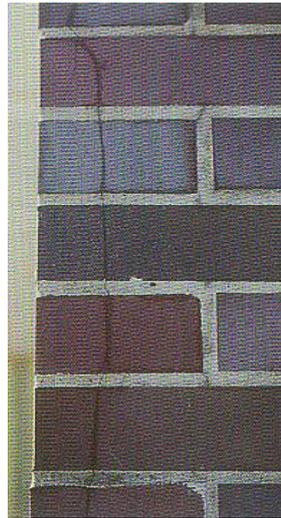
**Abb. 6.2-4: Klaffender Riss durch Verlust des Haftverbunds Keramik-Mörtel[14]**

Ein bedeutenderes Problem stellt aber in meinen Augen der Eckbereich von Hauskanten dar, in dem es aufgrund der höheren Spannungen an Randbereichen zu Rissen in der Ver-

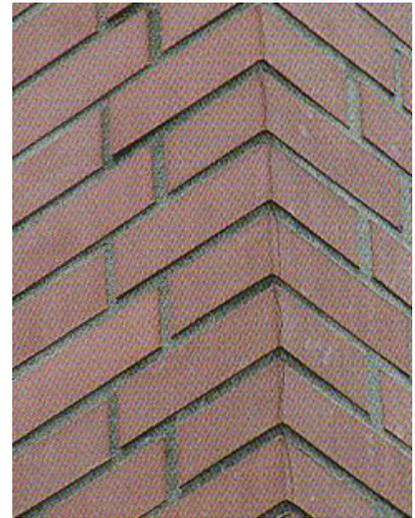
fugung wie auch der keramischen Platten selbst kommen kann. Wie bereits mehrfach in der Praxis festgestellt wurde, sind das Fehlen von angeordneten Dehnungsfugen, die weitaus häufigste Ursache für Fehler in der Bekleidung[14]. Entlang von vertikalen Hauskanten entstehen Risse, welche einerseits dem Fugenverlauf folgen, je nach baustoffspezifischen Eigenschaften der keramischen Beläge, aber auch unmittelbar durch die Platten erfolgen können[3].



**Abb. 6.2-5: seitlich versetzter Riss durch Fuge und Eckverblender[7]**



**Abb. 6.2-6: Riss entlang Hauskante[3]**



**Abb. 6.2-7: Riss aufgrund „falscher“ Dehnungsfuge[14]**

Im rechten Bild ist der Riss begründet in der Anordnung von „falschen“ Dehnungsfugen. Die hier ausgeführte „Feldbegrenzungsfuge“ wurde nicht bis zur Wärmedämmschicht durchgezogen, die Armierungsschicht verläuft durchgehend. Mörtel ist zum Teil bis in die Bekleidungsschicht zu finden und die elastische Fugendichtmasse ist nur auf die Mörtelfuge aufgeschmiert, praktisch also rein optisch hergestellt[14]. Dies ist eine ganz klar falsch hergestellte Feldbegrenzungsfuge.

#### **6.2.6.6 Empfehlungen für die Abstände von Feldbegrenzungsfugen**

Auf Grundlage der drei Kriterien zur Anordnung von Feldbegrenzungsfugen wurden in [7] für Regelfälle Empfehlungen für Fugenabstände in WDVS mit keramischen Bekleidungen aufgestellt. In Tabellen dargestellt, werden die Abstände der Feldbegrenzungsfugen, je nach Art des Dämmstoffs, der Dämmstoffdicke, des Wärmeausdehnungskoeffizienten und der Helligkeit der Bekleidungsschicht (nicht bei Polystyrol-Dämmplatten), für die jeweiligen Himmelsrichtungen der Wandorientierung und unter Anführung der jeweils maßgebenden Kriterien angegeben. Hauptanwendungsbereiche liegen demnach, je nach oben genannten

Eigenschaften und Bedingungen, zwischen 3,5 m bis 6 m und 7 m bis 10 m. Zu den Tabellen siehe Anhang D.

Feldbegrenzungsfugen sind immer bis zur Wärmedämmung durchzuziehen, der Unterputz mit Abschlussprofilen entlang der Fugenkanten auszuführen[14], und anschließend dauerhaft mit geeigneten elastischen Fugendichtstoffen zu verschließen. Darüber hinaus sind die Aussagen der DIN 18515-1[32] über Gebäudetrennfugen und Anschlussfugen, sowie über die Feldbegrenzungsfugen an Gebäudeaußen- und -innenkanten qualitativ auch für WDVS mit keramischen Deckschichten zu verstehen[7]. Das heißt Bauwerkstrennfugen werden bis in die Außenwandbekleidung fortgesetzt und Anschlussfugen an Fenstern und Bauteilen mit anderen Ausdehnungskoeffizienten ausgeführt (siehe dazu auch ÖNORM B 5320: Bauanschlussfuge[39]). Dehnungsfugen sind grundsätzlich an Gebäudekanten anzuordnen, und zwar auf Höhe der Ebene zwischen Wandbildner und Dämmschicht, sowie an geometrisch bedingten Unstetigkeitsstellen der Fassadengestaltung, aufgrund der hohen Rissbildungsfahr, wenn z.B. größere Bekleidungsflächen durch kleinere stegförmige Flächen verbunden werden.

## **6.3 Brandschutz**

### **6.3.1 Allgemein**

Maßnahmen zum Bautechnischen Brandschutz sind neben ihrer wichtigsten Bedeutung, nämlich der zum Schutz von Leben und Gesundheit, auch wesentlich zum Sachwertschutz und zur Erhaltung und Schonung der gebauten Umwelt. Vorrangige Ziele des Brandschutzes müssen daher

- Vorbeugung und Erschwerung der Brandentstehung,
- Verhinderung der Ausbreitung von Feuer und Rauch,
- Ermöglichen einer schnellen Rettung,
- Schutz von Sachwerten und
- Verhinderung einer Umweltschädigung

sein[14].

### **6.3.2 Anforderung an den Brandwiderstand - Brandwiderstandsklassen**

Raumabschließende tragende Bauteile werden gemäß ÖNORM B 3800-4[35] nach den

- Brandwiderstandsklassen (REI 30, REI 60, REI 90, REI 180)

definiert. Für Wände aus Stahlbeton gilt es für die Anforderung nach REI 180 eine Mindestwandstärke von  $d = 20$  cm einzuhalten, sowie eine Mindestbetondeckung von  $c = 4$  cm.

Vollfugig versetztes Mauerwerk aus Hochlochziegeln benötigt in jeder Brandwiderstandsklasse eine Mindestdicke von  $d = 17 \text{ cm}$  und eine Druckfestigkeit von wenigstens  $5 \text{ N/mm}^2$ , und um REI 180 zu genügen einen beidseitigen Verputz von mindestens  $1,5 \text{ cm}$  Dicke. Während Beton und gebrannter Ton als Baustoffe selbst nicht entflammbar sind, ist Holz natürlich dafür bekannt, dass es brennbar ist. Aufgrund seiner aber eben bekannten Abbrandgeschwindigkeit ist ein klar definierbares Brandverhalten daran zu erkennen. Das allein genügt allerdings noch nicht aus, um eine Einteilung in Brandwiderstandsklassen zu ermöglichen. Es spielen auch die Verbindungstechnik, sowie die konstruktive und statische Ausbildung des Wandaufbaus eine nicht ganz unwesentliche Rolle[10]. Für den Fall, dass der gewählte Wandbaustoff nicht primär der erforderlichen Brandwiderstandsklasse entspricht, muss die Tragsicherheit der Konstruktion für die Brandwiderstandsdauer durch sekundäre Maßnahmen gesichert werden. Diese sind z.B. spezielle brandhemmende Beschichtungen, schaubildende Anstriche oder Brandschutzverkleidungen mit Gipskartonplatten, um nur einige zu nennen.

### 6.3.3 Anforderung an das Brandverhalten - Brennbarkeitsklassen

Zur Prüfung und Beurteilung des Brandverhaltens von Fassaden bzw. Fassadenbekleidungen wird die ÖNORM B 3800-5[36] herangezogen, wobei der unmittelbare Anwendungsbereich in der Prüfung von WDVS gegeben ist. Mit ihr kann nachgewiesen werden, ob eine Fassadendeckschicht eine Brandausbreitung „...*ausgehend vom zweiten über dem Brandherd liegenden Geschoss begünstigt...*“[36] und ob Rettungskräfte mit Gefährdung aus diesem Bereich, speziell durch herabfallende Teile, rechnen müssen. Nicht untersucht werden das Brandverhalten und eventuell auftretende Brandnebenerscheinungen die „...*im ersten über dem Primärbrandherd liegenden Geschoss hervorgerufen werden können...*“, welches „...*außerhalb jeder Betrachtung hinsichtlich der gegenständlichen Prüfanordnung...*“ bleibt.

Diese werden in der ÖNORM B 3806[37] untersucht, da WDV-Systeme, im Sinne der Bauproduktenrichtlinie, als CE-gekennzeichnete Bausätze, und somit als Bauprodukte (Baustoffe) gelten. Nach der Definition von

- Gebäudeklassen (GK1, GK2, GK3, GK4, GK5, Hochhaus)

und Klassen von Bauprodukten (Baustoffen) des

- Brandverhaltens (A1, A2, B, C, D, E, F), der
- Rauchentwicklung (s1, s2, s3) und des
- Abtropfens bzw. des Abfallens (d0, d1, d2),

werden in der Gebäudeklasse GK5 Anforderungen an Deckschichten von WDV-Systemen mit der Brennbarkeitsklasse B-d1, und an Dämmschichten mit der Klasse D festgelegt. Sollte ein Aufbau aus mehr als den genannten Schichten bestehen, so wird die Anforderung an das gesamte WDV-System mit der Brennbarkeitsklasse C-d1 festgelegt. Hinzu kommt bei Dämmschichten aus Polystyrol, dass im Sturzbereich über Fenstern und Fenstertüren ein verdübelter Brandschutzriegel aus Mineralwolle MW-PT ausgeführt gehört, um das Herabfallen von heißen Tropfen auf Rettungsmannschaften und flüchtenden Personen zu verhindern. Dieser Riegel muss gemäß ÖNORM B 6000[40] 20 cm hoch sein und seitlich einen jeweils 30 cm breiten Übergriff aufweisen, darf bei Dämmstoffdicken bis 10 cm allerdings entfallen.

### **6.3.4 Brandverhalten der verschiedenen Deckschichten**

#### **6.3.4.1 Silikatputz**

Silikatputz, als eine der beiden gewählten Vergleichs-Deckschichten, ist als schwer entflammbar in mindestens C-s3, d2[70] der Brennbarkeitsklassen einzustufen.

#### **6.3.4.2 Flachverblender**

Als das hier gewählte Beispiel für baukeramische Platten, sind Flachverblender, aufgrund ihres Herstellungsvorganges durch Brennen im Ziegelofen, in eine Brennbarkeitsklasse von A1[90], als nicht brennbar einzustufen.

### **6.3.5 Brandverhalten der verschiedenen Dämmstoffe**

#### **6.3.5.1 Polystyrol (EPS, XPS)**

Der Kunststoff Polystyrol entzündet sich bei Beflammung und kann sich bei Berührung mit glühenden Körpern ebenfalls entzünden. Es brennt dann mit leuchtender, stark rußender Flamme, auch nach Entfernen der Zündquelle, und neigt dazu, brennend abzutropfen. Da sich Brände auf diese Weise natürlich rasch ausbreiten, müssen Polystyrol-Kunststoffe deshalb für viele Anwendungen, speziell im Bausektor, mit Flammschutzmitteln ausgerüstet werden. Flammschutzmittel, wie z.B. Bromwasserstoff oder Phosphorverbindungen, bewirken im Allgemeinen das rasche Verlöschen des brennenden Materials nach Entfernen der Zündquelle und erschweren schon das Entzünden an sich[76]. Die Belastung durch toxische Gase, wie Kohlenmonoxid, liegt sogar unter der von Holz, Holzfaserdämmplatten und expandiertem Kork. Ausnahmen bilden eventuell die auf die Flammschutzmittel zurückzuführenden Stoffe. Bei im Bauwesen eingesetzten Polystyrol-Fassadendämmplatten (EPS, wie auch XPS) kommt es unter Umständen im Brandfall zu starker Rauchbildung, so-

wie dem Herabfallen von heißen Tropfen. Im Fall von zwischen den beiden Feuermauern zweier benachbarter Bauwerke liegender Dämmungen, ist es bereits mehrfach zu der Situation gekommen, dass bereits lange nach Löschen des Brandes die Polystyrol-Dämmplatten an diesen unzugänglichen Stellen immer noch geglost haben. Die Brennbarkeitsklasse der Polystyrol-Dämmplatten liegt in einem Bereich von C-s3, d2[14] bis E[70], je nachdem welche Produkte welcher Hersteller man heranzieht.

#### **6.3.5.2 Stein-, Glas- oder Mineralwolle (MW)**

Beim Begriff der Mineralwolle sollte man zwischen Steinwolle und Glaswolle in Bezug zum Brandschutz unterscheiden, speziell hinsichtlich der Temperaturbeständigkeit sind diese beiden Materialien sehr verschieden. Während Steinwolle, mit einem Schmelzpunkt von über 1.000°C[71], hoch brandbeständig ist, kann das Schmelzen der Glaswolle großen Einfluss auf beispielsweise die Tragfähigkeit haben[93]. Im Brandfall zersetzen sich bei einer Temperaturentwicklung von 300°C und mehr die Hydrophobier- und Bindemittel, toxische Rauchgase werden aber keine freigesetzt. Mineralwolle ist nach Brennbarkeitsklasse A1[70] bis A2 nicht brennbar, kann bei aufkaschierten Papieren, Fliesen oder Folien aber auch darunter liegen[85].

#### **6.3.5.3 Holzwolle (HW)**

Holzwohle wird durch Magnesit und Zement zu Platten gebunden und ist in seiner Eigenschaft der Brennbarkeit in Bereiche von B-s1, d0[82] bis C einzuordnen.

#### **6.3.5.4 Schaumglas (Foamglas)**

Schaumglas ist ein nicht brennbarer Baustoff mit der Brennbarkeitsklasse A1[14], und findet neben dem Einsatz als Wärmedämmstoff auch Anwendung bei der Dämmung von Industrieschornsteinen.

#### **6.3.5.5 Porenbeton, Mineralschaum**

Porenbeton ist als stark poröser Betonbaustoff natürlich nicht brennbar, aber auch Mineralschäume anderer Baustoffgruppen sind in ihrer Eigenschaft der Brennbarkeit in den Bereich von A1[70] bis A2 einzuteilen[14].

#### **6.3.5.6 Kork**

Kork, als einer der wenigen natürlich vorkommenden Baustoffe, wird ohne weiteren Nachweis in die Brennbarkeitsklasse F eingestuft, je nach weiterer Behandlung aber auch bis zu

D-s3, d0[14]. Risiken durch Brand sind nur für minderwertig hergestellten expandierten Korkschorot bekannt, auch Backkork genannt, da durch das Erhitzen unter anderem polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (kurz PAKs), Benz-o-pyren und Phenole entstehen, welche als krebserregend gelten[85].

#### **6.3.5.7 Vakuumisolationspaneel (VIP)**

Vakuumisolationspaneele sind Dämmstoffplatten aus mehr als nur einer Komponente. Der Stützkörper, oder auch Kern, wird in die Brennbarkeitsklassen A1 bis A2 als nicht brennbar eingestuft, während die gesamte Dämmplatte, mitsamt Umhüllung und Folien, brandtechnisch bis zu D-s3, d0[91] klassifiziert wird.

## **6.4 Schallschutz**

### **6.4.1 Allgemein**

Hinter dem Begriff Schallschutz verbergen sich zwei Arten von Schallschutz, nämlich der

- Luftschallschutz und der
- Körperschallschutz.

Während die Dämmung des Luftschalls in erster Linie von der Masse des trennenden Bauteils abhängt – je höher die Masse, desto höher der Luftschallschutz – kann die wirksame Dämmung des Körperschalls nur durch Verwendung von zwei- oder mehrschaligen Aufbauten gewährleistet werden[10]. Daher kann man schalltechnisch im Grunde zwischen einschaligen und zwei-, bzw. mehrschaligen Wandaufbauten unterscheiden.

### **6.4.2 Einschalige Wandaufbauten**

Einschalig bedeutet, dass der Wandbildner alleine, eventuell noch mit Verputz oder Oberflächenbehandlung, zur Schalldämmung herangezogen wird. Die Höhe der Schallminderung auf der anderen Seite der Lärmquelle hängt allein von der Masse der Wand ab, welche nur durch ihre Stärke verändert werden kann. Stahlbeton mit einer Stärke von 20 cm hat eine flächenbezogene Masse  $m'$  von etwa  $480 \text{ kg/m}^2$  und ein bewertetes Schalldämm-Maß  $R_w$  von 61 dB. Hochlochziegel, Plan verlegt im Dünnbettmörtel, haben bei 25 cm Ziegelstärke eine flächenbezogene Masse  $m'$  von etwa  $215 \text{ kg/m}^2$  und ein bewertetes Schalldämm-Maß  $R_w$  von 50 dB. Trotz stärkerem Wandaufbau ist die Schallminderung beim Mauerwerk geringer, da die Dichte von Hochlochziegeln niedriger ist als die von Stahlbeton. Das bewertete Schalldämm-Maß  $R_w$  kann nach ÖNORM B 8115-4[56] berechnet werden.

### 6.4.3 Zwei- oder mehrschalige Wandaufbauten

Zwei- oder mehrschalig bedeutet, dass der Wandaufbau aus mehr Schichten als dem Wandbildner besteht, also der biegesteifen Schale des tragenden Bauteils eine oder mehrere biegeweiche Schale/n vorgesetzt wird/werden, die über Dämpfungselemente oder auch Luftschichten gekoppelt sind[11]. Hier gilt der Grundsatz: je geringer die Steifigkeit des Dämpfungselementes, je höher der Abstand der beiden Schalen und je schwerer eine oder beide Schalen, desto größer die Wirkung der Schalldämmung. Als biegeweiche Schale kann man den Ober- mitsamt Unterputz ansehen, oder die keramische Bekleidung mitsamt der Armierungsschicht. Als Dämpfungselement wirkt die Dämmschicht mit ihrer spezifischen Eigenschaft der dynamischen Steifigkeit  $s'$ . Für zweischalige Wandaufbauten gibt es in der ÖNORM B 8115-4[56] eine vereinfachte Berechnung über den Weg der Resonanzfrequenz  $f_0$ , der dynamischen Steifigkeit  $s'$  und den flächenbezogenen Massen  $m_1'$  der biegesteifen und  $m_2'$  der biegeweichen Schale. Darüber hinaus hängt das Luftschallverbesserungs-Maß  $\Delta R_w$  im Detail auch noch vom Klebeflächenanteil (welcher die dynamische Steifigkeit der Dämmung erhöht) und der Verdübelung (welche eine Körperschallbrücke zwischen biegeweicher und biegesteifer Schale darstellt), sowie speziell im Falle von Mineralwolle dem längenbezogenen Strömungswiderstand des Dämmstoffs ab[14].

Bei Holzständerwänden mit WDVS wirkt ebenfalls das Prinzip des mehrschaligen Wandaufbaus, allerdings ist die Bestimmung des Bewerteten Schalldämm-Maßes nicht mehr vereinfacht über Berechnungen, sondern nur noch durch Messungen möglich[77]. Der Faktor Masse ist bei diesen Wandaufbauten äußerst gering – verglichen mit der Massiv-Bauweise – was soviel bedeutet wie, dass die primäre und wichtigste Einfluss-Komponente für die wirksame Schalldämmung annähernd ausgeschaltet ist.

Die nun einzuhaltende mindesterforderliche Schalldämmung von Außenbauteilen hängt einerseits vom Außenlärmpegel ab und andererseits von der Lage des betrachteten Bauteils im oder am Bauwerk, und wird in den Tabellen 1 und 2 der ÖNORM B 8115-2[55] geregelt. Für Wohngebäude in städtischem Wohngebiet und im Kerngebiet gilt ein mindesterforderlicher Schallschutz für Außenbauteile inklusive Fenster- und Außentüren von einem bewerteten resultierenden Bau-Schalldämm-Maß  $R'_{res,w} = 38$  dB, für den opaken Außenbauteil Wand gilt dabei ein wenigstens einzuhaltendes bewertetes Schalldämm-Maß  $R_w = 43$  dB.

### 6.4.4 Am Beispiel der gewählten Wandaufbauten

Wie man nun anhand der oben gezeigten Wandaufbauten leicht erkennen kann, wirkt sich die Masse des Stahlbetons entscheidend auf die Wirkung der Schalldämmung aus, denn mit

Werten von 60 dB und 61 dB ist der Schallschutz der Betonwand weit über dem geforderten Wert von 43 dB für opake Außenbauteile. Während das Ziegelmauerwerk bei etwa der Hälfte der Betonmasse noch gute Werte von 50 dB und 51 dB aufweist ist hingegen die Holzständerwand bei ihrem äußerst geringen Gewicht mit 43 dB und 44 dB gerade noch ein positiver Grenzfall. Trotz des mehrschaligen Aufbaus und der dazwischen liegenden Dämpfungsschichten reicht die Masse der einfach beplankten Holzwand nicht aus, um eine bessere Schalldämmung zu gewährleisten. Es empfiehlt sich daher nicht diese Bauweise in Kerngebieten, Industriegebieten, oder Gebieten erhöhter Lärmbelastigung auszuführen, sondern eher im Vorstadtgebiet oder im ländlichen Bereich. Die Bauweise entspricht wohl auch eher dem Charakter eines Einfamilienhauses, als eines mehrstöckigen Mehrfamilienwohnbaus. Schallschutz-Nachweise siehe Anhang C.

Der Vergleich: Silikatputz – keramische Bekleidung, zeigt eine zwar nur geringe, aber doch für die Deckschicht aus Baukeramik sprechende Auswirkung im schalltechnischen Bereich der Bauphysik. Die flächenbezogene Masse der Deckschicht aus Silikatputz inklusive Unterputz entspricht etwa  $11 \text{ kg/m}^2$ , wobei das Flächengewicht der Flachverblender inklusive Klebe- und Fugenmörtel sowie der Armierungsschicht etwa  $42 \text{ kg/m}^2$  entspricht. Die biegeweiße Schale des Wandaufbaus mit keramischer Bekleidung ist also fast viermal so schwer wie die des Wandaufbaus mit Putzschicht, was sich in der Resonanzfrequenz  $f_0$  niederschlägt und daher Einfluss auf das bewertete Luftschallverbesserungs-Maß  $\Delta R_w$  hat.

#### **6.4.5 Schlussfolgerung**

In Hinsicht auf den schalltechnischen Aspekt der Bauphysik ist daher eine Deckschicht aus baukeramischen Platten, aus Gründen des höheren Gewichts als es übliche Putzschichten besitzen, als eine – wenn auch nur geringfügige – Verbesserung für die Eigenschaften der Wandkonstruktion anzusehen.

### **6.5 Wärmeschutz**

#### **6.5.1 Allgemein**

Bei Maßnahmen zur Dämmung von Außen-Bauteilen geht es in erster Linie und vor allem subjektiv darum, den Wärmedämmschutz von Bauwerken sicherzustellen, bzw. im Zuge von Sanierungen zu erhöhen. Was allerdings ebenfalls ein sehr wesentlicher Aspekt dieser Maßnahmen ist, und vor allem ein sehr wichtiger was unsere Umwelt und unser Klima betrifft, das ist die Energieeinsparung, die mit den gesetzten Maßnahmen einhergeht. In Zeiten von Klima-Erwärmung, Kohlendioxid-Emissionen und stetig steigenden Kosten von Primärener-

gieträgern ist es unumgänglich auf diese einschneidenden Entwicklungen entsprechend zu reagieren.

### 6.5.2 Energieeinsparung

Mit der „*Richtlinie 2002/91/EG: Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden*“[20] hat das Europäische Parlament sehr schnell und konkret Schritte eingeleitet diesen Problemen zu begegnen[12]. Darin werden Maßnahmen beschrieben die zu einem gesetzlich vorzuschreibenden Energieausweis führen mit dem Ziel die Kohlendioxid-Emissionen zu verringern. Energieausweise enthalten Energiekennzahlen von Energiemengen wie

- Heizwärmebedarf,
- Warmwasserwärmebedarf,
- Kühlbedarf,
- Raumluftechnikenergiebedarf,
- Beleuchtungsenergiebedarf,
- Heizenergiebedarf,
- Kühlenergiebedarf, und
- Primärenergiebedarf

und sind in Österreich vom Bund verpflichtend zur Vorlage per Gesetz verlangt, allerdings ist das Aussehen und der Umfang zunächst den Ländern überlassen. In der OIB-Richtlinie 6 „Energieeinsparung und Wärmeschutz“[31] sind mittlerweile aber auch das Aussehen des Energieausweises und die Anforderungen an den „*Neubau*“ und die „*Umfassende Sanierung*“ festgelegt und im „*BGBI. Nr. 137/2006: Energieausweis-Vorlage-Gesetz (EAVG)*“[19] gesetzlich vorgeschrieben.

### 6.5.3 Wärmedämmung

Die im Energieausweis festgelegten Werte für den Heizwärmebedarf führen unter anderem zu den Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte), welche in der ÖNORM B 8110-1[52] für die einzelnen Außen-Bauteile geregelt werden. Für Wände gegen Außenluft ist mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten von  $U = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  der maximal zu erreichende Wärmedurchgang durch den Bauteil festgelegt.

Der wichtigste spezifische Kennwert eines Baustoffes ist mit dem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  (auch Wärmeleitwert genannt) gegeben[14], der in Abhängigkeit von der jeweiligen Schichtdicke  $d$  und einem inneren und einem äußeren Wärmeübergangswiderstand  $R_{s,i}$  und  $R_{s,e}$  zur Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten  $U$  eines Bauteils

herangezogen wird. Die meist unerwünschte Wärmeleitfähigkeit eines Baustoffes sinkt mit abnehmender Rohdichte und zunehmender Porigkeit. Tragende Wandbildner sind daher nur dann wärmetechnisch effizient, wenn sie bei der notwendig hohen Stoffrohichte eine entsprechend hohe Porigkeit besitzen. Auch wenn es Baustoffe am Markt gibt, die die gesetzlich geforderten Wärmeschutzwerte einhalten, ist eindeutig der Trend zu mehrschichtigen Wandaufbauten erkennbar.

Bezogen auf den Wärmeschutz kann man nun unter drei grundsätzlich verschiedenen Wandaufbauten unterscheiden: dem Wandaufbau mit

- Innendämmung, mit
- Kerndämmung und mit
- Außendämmung[10],

wobei die außen liegende Dämmung in form von Wärmedämmverbundsystemen den wohl aktuell am meisten verbreiteten Ausführungsstand darstellt. Hierbei ist auch der Schutz gegen thermische Überbeanspruchung der Tragschicht am größten. Da der Feuchtegehalt von vielen Wärmedämmstoffen seinen Wärmedämmwert sehr wesentlich beeinflussen kann, ist bei den Wandaufbauten auch großes Augenmerk auf die dampfdiffusionsspezifischen Vorgänge in den einzelnen Schichten und Baustoffen zu legen. An der äußeren Oberfläche behinderte Austrocknung führt zu Feuchtigkeitsanreicherung im Bauteilinneren und zu gering dampfdichte innere Schichten erhöhen das Risiko eines Tauwasserausfalls in der Dämmschichtebene. Auf diese Probleme wird im Detail aber noch weiter unten eingegangen.

#### **6.5.4 Wärmespeicherung**

Im Gegensatz zur Wärmedämmung, wo mit der zunehmenden Baustoffrohichte der erwünschte Effekt abnimmt, ist bei der Wärmespeicherung eine Verbesserung feststellbar. Positive Kennzeichen dieser Eigenschaft sind ein langsames Auskühlen des Raumes im Winter und eine langsame Erwärmung im Sommer. Eine gute Wärmespeicherung trägt also zur Regulierung der Raumtemperatur bei.

#### **6.5.5 Am Beispiel der gewählten Wandaufbauten**

##### **6.5.5.1 Einleitung**

Um die Temperaturvorgänge in den verschiedenen oben genannten Wandaufbauten näher betrachten zu können wurden sie mit dem an der University of California entwickelten bauphysikalischen Berechnungsprogramm THERM 5.2 simuliert. Nach Eingabe der Geometrie der Bauteile werden Material-, Oberflächen- und Umgebungskennwerte definiert. Die Innen-

temperatur wird mit  $20^{\circ}\text{C}$  und die Außentemperatur mit  $-10^{\circ}\text{C}$  festgelegt, Materialkennwerte sind der  $\lambda$ -Wert und das Emissionsvermögen der jeweiligen Baustoffe, Oberflächenkennwerte die Wärmeübergangswiderstände  $R_{s,i} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$  und  $R_{s,e} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Über ein Finite Elemente Simulationsverfahren wird das Wärmeverhalten der Bauteile berechnet und anschließend wie folgt grafisch dargestellt.

In der Mitte der nachfolgenden Abbildungen wird immer der Wandaufbau mit seinen Isothermen gezeigt. Hier ist auch der konstruktive Aufbau der Wand mit seinen jeweiligen Materialien gut erkennbar. Im linken Bild ist der Temperatur-Verlauf eines Wandbauteils mit seiner jeweils darüberliegenden Farb-Legende anhand einer Infrarot-Darstellung abgebildet. In diesen Bildern kann man leicht erfassen in welchen Materialien starke Temperatur-Abfälle im Verlauf von innen nach außen auftreten. Im rechten Bild schließlich ist der Wärmefluss in den Bauteilen mitsamt seiner jeweils dazugehörigen Farb-Legende sichtbar gemacht. In diesen Abbildungen lässt sich der Wärmefluss, also die senkrecht zur Fläche fließende Wärmemenge pro Flächeneinheit, ablesen, der durch die einzelnen Bauteilschichten von innen nach außen fließt. Anhand der Farbe lässt sich an der Farb-Legende erkennen wo im Bauteil ein starker und wo ein geringer Wärmefluss stattfindet. U-Wert-Berechnungen siehe Anhang B.

### 6.5.5.2 Wandaufbau A1

Dieser Wandaufbau hält den gesetzlich geforderten maximal erlaubten Grenzwert mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten von  $U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$  ein.

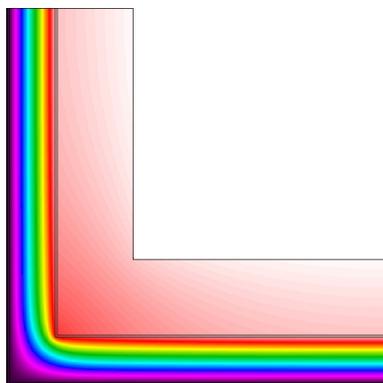
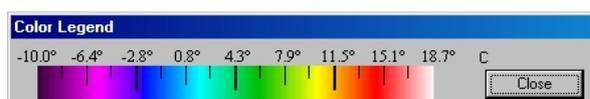


Abb. 6.5-1:  
A1 - IR-Darstellung[WF]

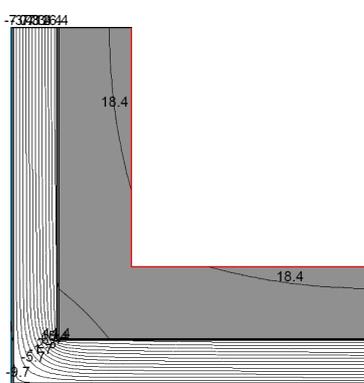
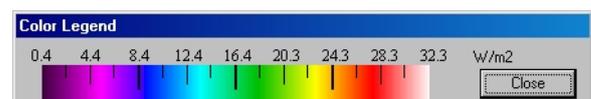


Abb. 6.5-2:  
A1 - Isothermen[WF]

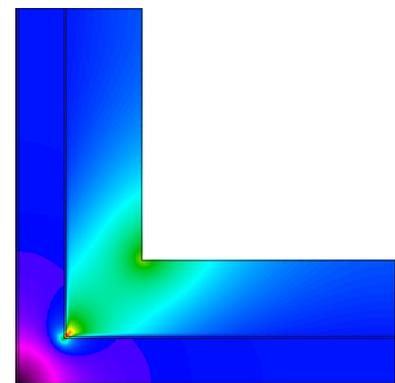


Abb. 6.5-3:  
A1 - Wärmefluss[WF]

Das erste sehr markante Merkmal des Wandaufbaus mit Stahlbeton ist die praktisch nicht vorhandene Wärmedämmwirkung vom Baustoff Beton an sich. Im Vergleich zu den Aufbauten mit Hochlochziegeln und der Holzständerwand, findet in der tragenden Schicht der Stahlbeton-Massivwand keine Reduzierung der Temperatur statt, wie man an den Isothermen, den Linien gleicher Temperatur, und auch dem nahezu konstant bleibendem Farbverlauf links erkennen kann. Die hohe Rohdichte vom Beton ist dafür maßgebend, was aber auf der anderen Seite zu einer guten Speicherwirkung beiträgt, die im Sommer zur Raumkühlung als erwünscht anzusehen ist. Lediglich in der Raumecke findet ein stärkerer Wärmefluss statt, was auf eine geometrisch bedingte Wärmebrückenwirkung zurückzuführen ist, und der im Eckbereich zwischen zwei Bauteilschichten am größten ist. An der linken und mittleren Darstellung kann man auch sehr gut erkennen, dass in der Schicht der Wärmedämmung, mit einem Bereich von etwa  $17^{\circ}\text{C}$  bis  $-9^{\circ}\text{C}$ , der größte Teil des Temperaturabfalls stattfindet. Die tiefste Raumtemperatur herrscht in der Raumecke mit  $17,7^{\circ}\text{C}$ . Die durchschnittliche Wandoberflächentemperatur beträgt  $18,7^{\circ}\text{C}$ .

### 6.5.5.3 Wandaufbau A2

Der Wärmedurchgangskoeffizient ist mit  $U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$  annähernd gleich wie im vorigen Wandaufbau, unterscheidet sich daher bei Wahl einer Deckschicht aus baukeramischen Platten nicht wesentlich von einer Putz-Deckschicht.

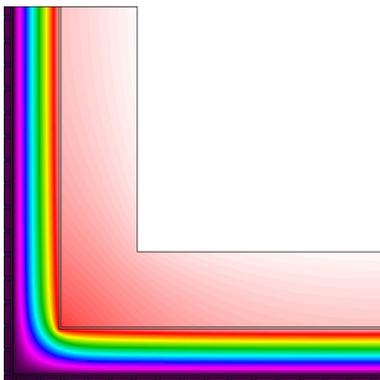
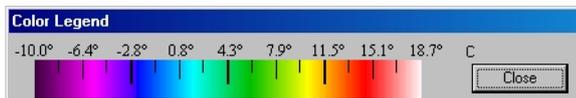


Abb. 6.5-4:  
A2 - IR-Darstellung[WF]

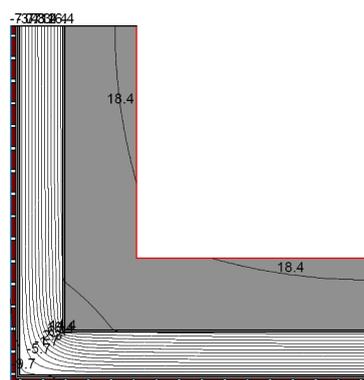
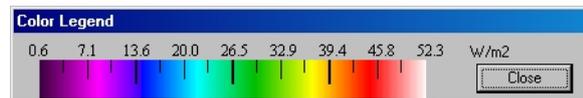


Abb. 6.5-5:  
A2 - Isothermen[WF]

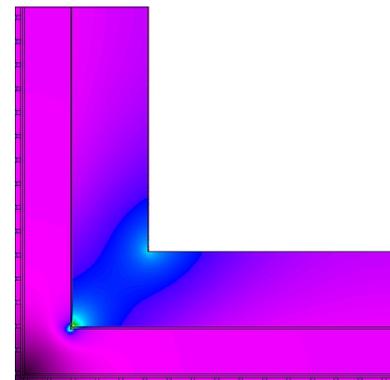


Abb. 6.5-6:  
A2 - Wärmefluss[WF]

Der auf den ersten Blick im Detail jedoch augenfälligste Unterschied zum Aufbau mit Silikatputz ist der um rund 60% höhere Spitzenwert des Wärmeflusses im Eckbereich zwischen den Bauteil-Grenzschichten von Stahlbeton und der Polystyrol Wärmedämmung. Was meines Erachtens aber durchaus auch auf die Eigenheiten der Finite Elemente Methode

zurückzuführen sein kann, denn bei genauerer Betrachtung der Isothermen kommt man zu dem Schluss, dass sich der Einsatz von keramischer Bekleidung im Temperaturverlauf nicht von dem mit Silikatputz unterscheidet. Die tiefste Raumtemperatur herrscht in der Raumecke mit  $17,8^{\circ}\text{C}$ . Die durchschnittliche Wandoberflächentemperatur beträgt  $18,7^{\circ}\text{C}$ .

#### 6.5.5.4 Wandaufbau B1

Bei dem Aufbau mit Hochlochziegeln wird trotz einer dünneren Wärmedämmschicht in etwa der gleiche Wärmedurchgangskoeffizient, in der Höhe von  $U = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$ , wie beim Aufbau mit Stahlbeton erzielt. Hier spielen die geringere Netto-Rohdichte des Baustoffes Ziegel sowie die geringere Brutto-Rohdichte des Wandbausteins eine maßgebende Rolle.

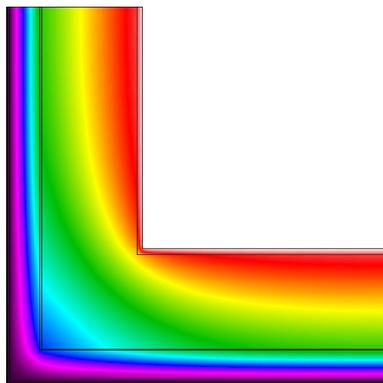
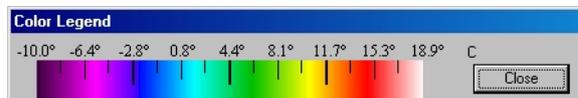


Abb. 6.5-7:  
B1 - IR-Darstellung[WF]

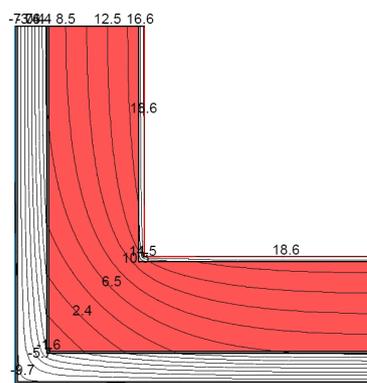
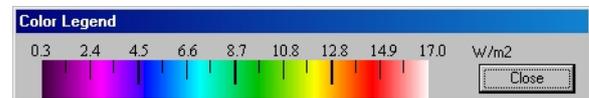


Abb. 6.5-8:  
B1 - Isothermen[WF]

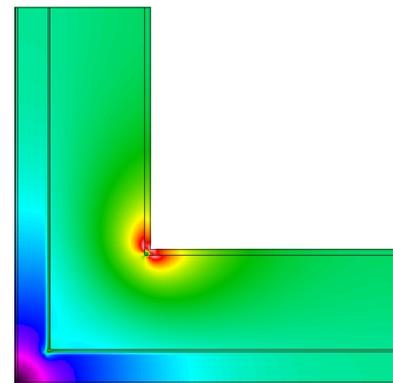


Abb. 6.5-9:  
B1 - Wärmefluss[WF]

Im Vergleich zum Wandaufbau mit Stahlbeton ist hier bereits eine gute Wärmedämmwirkung in der tragenden Wandschicht durch den Hochlochziegel erkennbar. Die Schicht des im Dünnbettverfahren verklebten Wandbausteins übernimmt bereits eine Wärmedämmung im Temperaturbereich von etwa  $16^{\circ}\text{C}$  bis  $7^{\circ}\text{C}$ , die Wärmedämmschicht selbst einen Bereich von etwa  $7^{\circ}\text{C}$  bis  $-9^{\circ}\text{C}$ . Es ist aber auch klar zu erkennen, dass an der Oberfläche der Raumecke bereits tiefere Temperaturen herrschen als im Mittel an der Oberseite der Wandfläche. Anders als bei der Stahlbeton-Schicht, wo der erhöhte Wärmefluss über den gesamten Bereich des Bauteil-Ecks von innen nach außen erkennbar ist, konzentriert sich beim Mauerwerk der verstärkte Wärmefluss im Eck an der Raum-inneren Seite der tragenden Schicht. Die tiefste Raumtemperatur herrscht in der Raumecke mit  $16,9^{\circ}\text{C}$ . Die durchschnittliche Wandoberflächentemperatur beträgt  $18,9^{\circ}\text{C}$ .

### 6.5.5.5 Wandaufbau B2

Auch hier ist der Unterschied zwischen Silikatputz und keramischer Deckschicht nicht am Wärmedurchgangskoeffizienten erkennbar, der mit  $U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$  (mit einer Differenz von nur  $-0,002 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) wieder annähernd gleich groß ist wie im Aufbau B1.

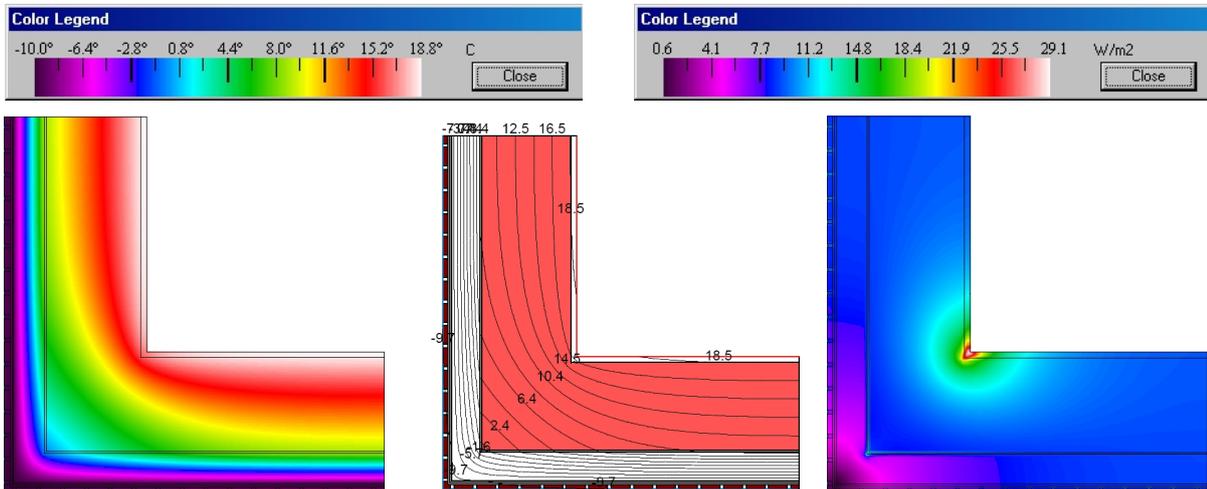


Abb. 6.5-10:

B2 - IR-Darstellung[WF]

Abb. 6.5-11:

B2 - Isothermen[WF]

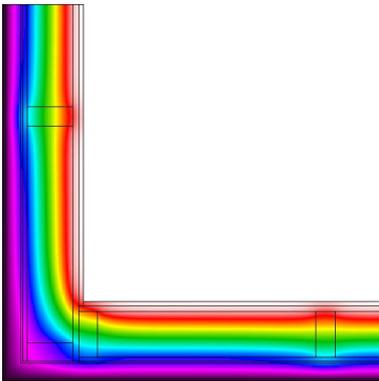
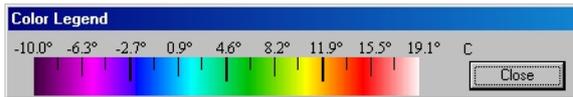
Abb. 6.5-12:

B2 - Wärmefluss[WF]

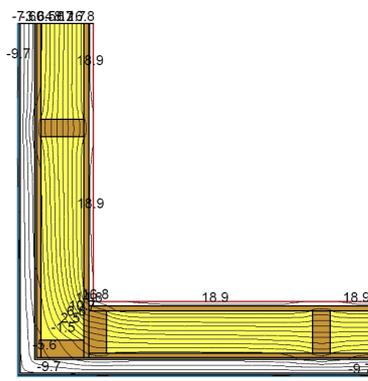
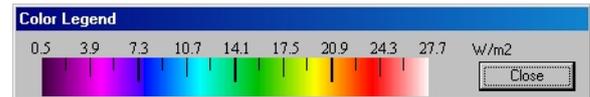
Der Temperaturverlauf ist, wie anhand der Isothermen gut feststellbar ist, wieder praktisch identisch mit dem im Wandaufbau B1. Sehr gut ist auch im Eckbereich wieder die Grenze zwischen tragender und dämmender Schicht zu erkennen. Ebenfalls wie im Wandaufbau A2, lässt sich auch hier wieder ein um etwa 70% erhöhter Spitzenwert des Wärmeflusses erkennen, der meines Erachtens auch, wie bereits oben erwähnt, in den Eigenheiten der Finiten Elemente Methode begründet liegen kann. Die tiefste Raumtemperatur herrscht in der Raumecke mit  $16,8^\circ\text{C}$ . Die durchschnittliche Wandoberflächentemperatur beträgt  $18,8^\circ\text{C}$ .

### 6.5.5.6 Wandaufbau C1

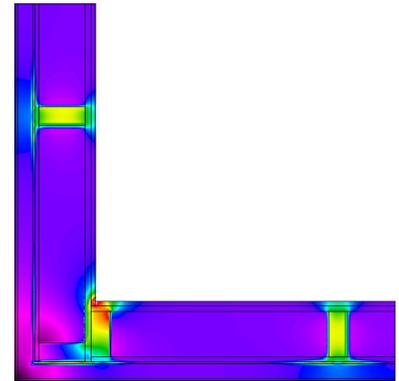
Die Holzständerwand unterscheidet sich maßgeblich von den beiden anderen Wänden, insofern, dass ihre tragende Schicht, mit Mineralwolle-Einlagen, einen bereits sehr stark wärmedämmenden Baustoff beinhaltet. Das lässt sich auch im Wärmedurchgangskoeffizienten von  $U = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$  sehr stark feststellen, der trotz der geringsten Stärke der WDVS-Schicht die beste Wärmedämmung bewirkt.



**Abb. 6.5-13:**  
C1 - IR-Darstellung[WF]



**Abb. 6.5-14:**  
C1 - Isothermen[WF]

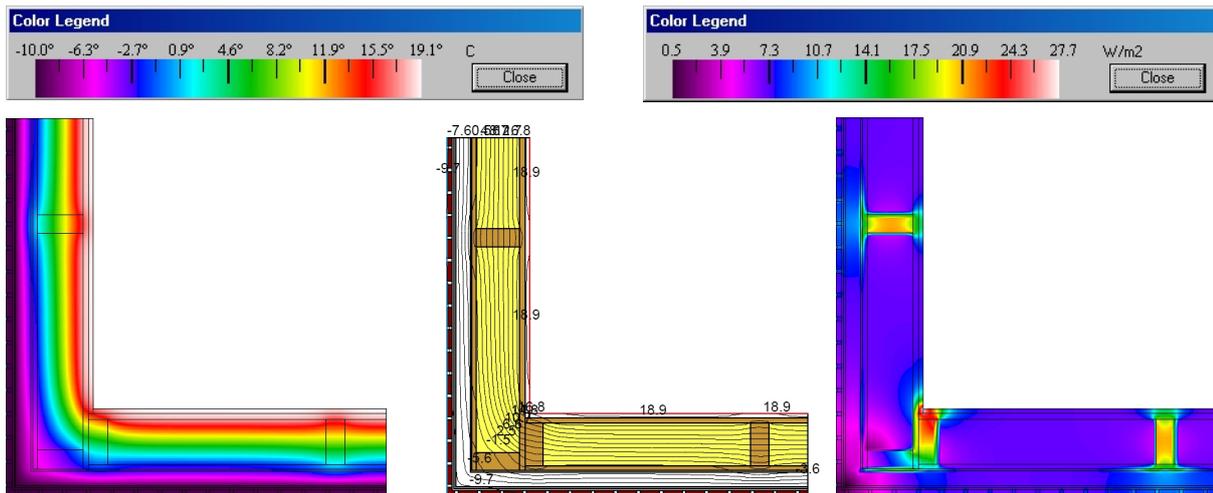


**Abb. 6.5-15:**  
C1 - Wärmefluss[WF]

Zunächst kann man am Wärmeflussbild sofort sehen, dass die Holzsteher eine massive Wärmebrücke darstellen, wobei man den größten Wert des Wärmeflusses wieder an der Raumecke findet. Die Verteilung der Temperatur über den gesamten Bauteil ist bei diesem Wandaufbau auch gleichmäßiger als bei den beiden anderen Aufbauten, ein klarer Unterschied zwischen Tragschicht und Dämmschicht ist hier anhand der Abbildungen nicht mehr erkennbar. Das liegt in dem Umstand verborgen, dass, mit Ausnahme der Holzsteher und der Aussteifungsplatten, in Wirklichkeit der gesamte Wandquerschnitt als Dämmschicht wirkt. Ein Weglassen des WDVS und eine Ausführung nur verputzt, hätte einen Wärmedurchgangskoeffizienten vergleichbar mit dem der vorigen Wandaufbauten zur Folge. Die tiefste Raumtemperatur herrscht in der Raumecke mit 16,6°C. Die durchschnittliche Wandoberflächentemperatur beträgt im Bereich der Holzsteher 18,4°C und mittig dazwischen 19,1°C.

#### 6.5.5.7 Wandaufbau C2

Der Wärmedurchgangskoeffizient der Holzständerwand mit keramischer Bekleidung beträgt  $U = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$ , und unterscheidet sich mit  $-0,001 \text{ W/m}^2\text{K}$  wieder nur marginal von dem des Aufbaus mit Silikatputz.



**Abb. 6.5-16:**  
C2 - IR-Darstellung[WF]

**Abb. 6.5-17:**  
C2 - Isothermen[WF]

**Abb. 6.5-18:**  
C2 - Wärmefluss[WF]

Die Isothermen-Verteilung ist mit dem Silikatputz-Aufbau wieder nahezu identisch. Selbst in der Abbildung des Wärmeflusses ist kaum ein Unterschied zu erkennen, lediglich qualitativ im in der Raumecke befindlichen Holzsteher, nicht aber in der Höhe des Spitzenwertes, wie bei den vorangegangenen Darstellungen der Wandaufbauten. Die tiefste Raumtemperatur herrscht in der Raumecke mit  $16,6^{\circ}\text{C}$ . Die durchschnittliche Wandoberflächentemperatur beträgt im Bereich der Holzsteher  $18,4^{\circ}\text{C}$  und mittig dazwischen  $19,1^{\circ}\text{C}$ .

### 6.5.6 Schlussfolgerung

Das augenscheinlichste Merkmal, das sich an den hier berechneten Wandquerschnitten nachweisen lässt, ist die Bestätigung der bereits vorher getätigten Aussage über den Zusammenhang von Baustoff-Rohdichte, Porigkeit des Materials und der Dämmwirkung der jeweiligen Wandschicht. Darüber hinaus ist zu erklären, dass der Unterschied in der Gestaltung der Deckschicht – Silikatputz oder keramische Bekleidung – keinen nennenswerten Einfluss auf die Wärmedämmung durch die dargestellten Wandaufbauten nimmt (hygrische Einflüsse sind hier nicht bewertet worden).

## 6.6 Feuchtigkeitsschutz

### 6.6.1 Allgemein

Unter dem Begriff des Feuchtigkeitsschutzes sind sämtliche Maßnahmen vereint, die verhindern sollen, dass Schäden an Bauwerken und deren Bauteilen durch inneren oder äußeren Einfluss von Feuchtigkeit entstehen. Zu diesen Einflüssen gehören

- Tauwasserbildung,
- Schlagregen,
- Spritzwasser und
- Ablaufwasser.

Tauwasser kann sich in Form von Oberflächenkondensat an der inneren, unter besonderen Umständen aber auch an der äußeren Wandoberfläche bilden und durch Dampfdiffusionsvorgänge auch im Bauteilinneren an den Grenzschichten der Baustoffe, oder in den einzelnen Schichten selbst entstehen[14]. Tauwasserausfall in einer nicht hydrophob ausgeführten Dämmschicht, kann in der Folge auch zu einer Abminderung der Wärmedämmwirkung führen[10]. Schlagregen, als gleichzeitige Einwirkung von Regen und Wind, bewirkt die Aufnahme von Wasser in der Deckschicht, wo es hauptsächlich durch kapillaren Feuchtigkeitstransport zu einer Wasseranreicherung in den äußeren Bauteilschichten kommen kann[14]. Spritzwasser wirkt in erster Linie in Bodennähe, wo es Einfluss auf den Perimeter-, bzw. Sockelbereich hat und Ablaufwasser kommt besonders häufig unter Dächern, Verglasungen, Blechverkleidungen und –abdeckungen, Balkonen und anderen Wasser abweisenden Fassadenflächen und –teilen vor, falls keine effiziente Wasserabführung vorhanden ist.

Gleich welcher Art jedoch der Einfluss von Feuchtigkeit auf ein Bauteil ist, zur Vermeidung von Schadensfällen oder sogar Schimmelbildung muss ein Gleichgewicht über den jahreszeitlichen Rhythmus von Wasseranreicherung und Wasserverdunstung gehalten werden[10]. Im Idealfall soll aber das Austrocknungsvermögen größer als die Feuchtigkeitsbelastung sein.

### **6.6.2 Spritzwasser**

Unter Spritzwasser versteht man Regenwasser, dass vom Boden aufspritzt und gegen den etwa 30 cm bis 50 cm hohen Sockelbereich prallt[14]. In diesem Bereich herrschen außerdem schlechtere Trocknungsbedingungen, was in Kombination zu höheren Feuchtigkeitsbelastungen führen kann, als sie an Fassaden mit den höchsten Schlagregenbeanspruchungen auftreten. Daher sollte der Perimeterbereich von WDVS-Fassaden mit stark diffusionsoffenen Wasserabweisenden Deckschichten oder Wasserhemmenden Deckschichten mit stark diffusionsoffenen Wasserabweisenden Beschichtungen ausgeführt werden. Besonders druckfeste und feuchteresistente Dämmplatten bilden eine weitere Möglichkeit den Schutz gegen die Feuchtebelastung zu erhöhen.

Wählt man nun keramische Platten als Deckschicht, so ist zwar einerseits eine höhere Schlag- und Stossfestigkeit und ein besserer Oberflächenschutz gegen das Eindringen von Wasser gegeben, aber andererseits durch die höheren Wasserdampfdiffusionswiderstände eine schlechtere Austrocknung aus dem Bauteilinneren festzustellen. Hier muss ganz besonders darauf geachtet werden, eine anteilig ausreichend große (stark hydrophobierte und diffusionsoffene) Fugenfläche einzuplanen, um den Verdunstungsprozess nicht zu behindern.

### 6.6.3 Schlagregen

Schlagregen entsteht aus der gleichzeitigen Einwirkung von Regen und Wind und wirkt direkt auf die äußeren Bauteilschichten, welche das auftreffende Wasser über den Weg der kapillaren Saugfähigkeit der Oberflächen, sowie über Risse oder schadhafte Fugen aufgrund des herrschenden Staudrucks aufnehmen. Begründet durch die Tatsache, dass Dämmstoffe entweder werksmäßig hydrophobiert werden oder von sich aus bereits wasserabweisend sind, findet kaum kapillare Saugwirkung bis in die Dämmschichtebene statt. Das hat zur Folge, dass bei WDVS die äußeren Putz- oder Deckschichten viel höhere Feuchtegehalte erreichen, als es bei Deckschichten direkt auf Mauerwerk der Fall ist, und sie daher auch stärker Frostschadengefährdet sind[14]. Durch diffusionsoffene Wandbekleidungsschichten muss gewährleistet werden, dass in den regenfreien Perioden das aufgenommene Wasser wieder verdunsten kann. In [5] wurde gezeigt, dass, um dem Nachweis der Bauteilkondensation gerecht zu werden, bei üblichen Fugenflächenanteilen an keramischen Deckschichten, eine Dampfdiffusionswiderstandszahl  $\mu$  von 25 bis maximal 60 (je nach Aufbau und Randbedingungen) nicht überschritten werden, und ein Wasseraufnahmekoeffizient  $w$  des Fugenmörtels maximal  $1 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{h}^{0,5})$  betragen sollte.

Bei Anwendung von keramischen Belägen auf Wärmedämmverbundsystemen ist allerdings nicht nur Augenmerk auf die Wahl von möglichst gering wasseraufnehmenden Fugenmörteln zu legen. Da laut Untersuchungen nach [5] offensichtlich ein erhöhter Wassertransport über die Grenzflächen zwischen Fugenmörtel und Keramik stattfindet, sollte vielmehr die Verarbeitbarkeit und der Verbund an den Fugenflanken so verbessert werden, dass eine dauerhaft fehlerstellenfreie Verfüzung auch unter Baustellenbedingungen erreicht werden kann.

Kennwerte der Wasseraufnahme und der Verdunstung sind der Wasseraufnahmekoeffizient  $w$  [ $\text{kg}/(\text{m}^2\text{h}^{0,5})$ ] und die wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke  $s_d = \mu \cdot d$  [m]. Der Wasseraufnahmekoeffizient  $w$  ist eine Oberflächeneigenschaft von Baustoffen zur kapillaren Aufnahmefähigkeit von Wasser, wobei Oberflächen mit Werten von  $w > 2 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{h}^{0,5})$  als Wasser saugend und solche mit Werten von  $w < 0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{h}^{0,5})$  als Wasser abweisend

gelten, Oberflächen mit Werten dazwischen als Wasser hemmend[14]. Der dimensionslose baustoffspezifische Kennwert  $\mu$  sagt aus, um wie viel Mal dichter ein Baustoff, als eine gleich dicke ruhende Luftschicht derselben Temperatur ist[11]. Die wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke  $s_d = \mu \cdot d$  eines Baustoffes entspricht der Dicke einer ruhenden Luftschicht  $s_d$ , die den gleichen Wasserdampf-Diffusionswiderstand besitzt wie die Baustoffdicke  $d$ . Bei Werten von  $s_d < 0,5$  m gelten Schichten als diffusionsoffen, bei Werten von  $s_d > 1500$  m als diffusionsdicht (Dampfsperre) und bei Werten dazwischen als diffusionshemmend (Dampfbremse)[14]. Der Nachweis über die Schlagregenbeanspruchung wird durch die ÖNORM B 8110-2[53] über Zuordnung zu bestimmten Klimabedingungen geregelt.

#### 6.6.4 Oberflächenkondensat

Die Luft kann, abhängig von der gerade herrschenden Temperatur, eine gewisse Menge Wasser in form von Dampf aufnehmen. Mit steigender Temperatur steigt auch die maximal in der Luft aufnehmbare Wasserdampfmenge. Die maximal aufnehmbare Wasserdampfmenge wird als Wasserdampfsättigungsdichte bezeichnet und ist physikalisch mit dem Wasserdampfsättigungsdruck verbunden. Unter absoluter Luftfeuchtigkeit versteht man nun die tatsächlich vorhandene Menge Wasserdampf die in 1 m<sup>3</sup> Luft enthalten ist und unter relativer Luftfeuchtigkeit das Verhältnis von tatsächlich vorhandener Menge Wasserdampf zu maximal möglicher Menge Wasserdampf bei einer bestimmten Temperatur. Rechnerisch wird die Wasserdampfmenge durch den Wasserdampfdruck und die maximal aufnehmbare Wasserdampfmenge durch den Wasserdampfsättigungsdruck erfasst[11].

Wird in einem abgeschlossenen Raum bei gleichbleibender Temperatur der Wassergehalt der Luft erhöht (z.B. beim Kochen, Duschen, Wäsche aufhängen), und erreicht der dadurch steigende Dampfdruck den Wasserdampfsättigungsdruck, so fällt Wasser wieder in flüssiger Weise in form von Kondensat aus. Wird nun umgekehrt bei gleichbleibendem Wassergehalt in der Luft die Temperatur in einem abgeschlossenen Raum verringert, und erreicht der dadurch sinkende Wasserdampfsättigungsdruck den herrschenden Dampfdruck, fällt ebenfalls Wasser in flüssiger Form durch Kondensieren aus. Dieser Vorgang wird als Erreichen der Taupunkttemperatur bezeichnet

Wenn nun die innere Oberflächentemperatur beispielsweise einer Außenwand (vor allem an Raumkanten oder -ecken) geringer ist als die Taupunkttemperatur der Raumluft, fällt an der Wandfläche Kondensat aus[14]. Trotz ausreichender Wärmedämmung der Außenwand kann das auch bei raschem Raumaufheizen bei langsamer Tragwandlerwärmung der Fall sein. Bei oftmaligem Ausfall von Tauwasser, z.B. hinter unbelüfteten Kästen an Außenwänden, oder

dauerhaft hohen Luftfeuchten kann das lokal auch zu Schimmelbildung führen. Die Bemessung erfolgt nach der ÖNORM B 8110-2[53].

Unter ganz speziellen Umständen kann es in der kalten Jahreszeit auch an der Außenfläche von Wänden zu Kondensation kommen. Die mittlerweile teilweise sehr hohen Dämmwerte von WDVS führen dazu, dass sich nicht nur die Oberflächentemperaturen an den Innenflächen von Außenwänden den Raumlufttemperaturen angleichen, sondern sich auch an den Außenflächen den Außenlufttemperaturen annähern. Wenn nun die Deckschicht aus nur sehr schwach wärmespeicherndem Material besteht und ihr durch die sehr stark und sehr schnell abfallende nächtliche Außenlufttemperatur schneller Wärme entzogen wird, als vom Inneren des Bauwerks nachfließen kann, dann kann die Oberfläche bei ungünstigen Verhältnissen, wie geringe Luftbewegung und hohe Luftfeuchte, unter die Taupunkttemperatur der Außenluft abfallen. Kondensation von Wasser an den Oberflächen der Außenwand ist das Resultat.

### **6.6.5 Kondensation im Bauteilinneren**

Der Ausfall von Tauwasser innerhalb eines Bauteils funktioniert nach demselben Prinzip wie die oben beschriebene Kondensation an Bauteiloberflächen. Wenn in einer Oberflächenparallelen Ebene der Dampfdruck den Sättigungsdampfdruck erreicht, kondensiert an dieser Stelle Wasser aus, welches über Dampfdiffusion in das Bauteil gelangt. Diffusion ist ein Vorgang, der auf molekularer Ebene abläuft und zu einem Gleichgewicht zwischen Bereichen höheren und niedrigeren Dampfdrucks führt. Die Verteilung der Wasserdampfmenge im Bauteilquerschnitt erfolgt in einem linearen Verhältnis zwischen den beiden unterschiedlich hohen Dampfdrücken[11].

Die Verdunstung des einmal angefallenen Tauwassers erfolgt von den Rändern der Tauwasserzone nach beiden Seiten des Bauteils. Je weiter die Trocknung voranschreitet – je schmaler also die Zone des noch vorhandenen Tauwassers im Bauteil wird, desto langsamer wird der Austrocknungsvorgang, bzw. desto geringer wird die Diffusionsstromdichte, weil mit der anwachsenden Distanz der Tauwasserzone zum Bauteilrand der zu überwindende Diffusionswiderstand ansteigt. Bei Anordnung von dampfbremsenden Bekleidungsschichten, wie Flachverblendern oder keramische Fliesen, kommt es aufgrund der behinderten Austrocknung nach außen zu einer progressiven Feuchtigkeitsanreicherung im Wandquerschnitt, der mit einer anteilig ausreichend großen diffusionsoffenen Fugenfläche begegnet werden muss[10]. Anreicherung von nicht verdunstendem Tauwasser hinter der Bekleidungsschicht kann bei entsprechenden klimatischen Bedingungen zu schädigenden Frost-Tauwechseln führen[7].

Unter Einhaltung gewisser Grundregeln lässt sich Kondensation im Bauteilinneren jedoch weitgehend vermeiden, indem

- der Wärmedämmwert der Einzelschichten von innen nach außen zunimmt,
- die Dampfdichtigkeit der Einzelschichten von innen nach außen abnimmt und
- notfalls Dampfbremsen auf der Innenseite der Wärmedämmung angebracht werden[11].

Die Ansammlung einer kleinen Kondensatmenge im Lauf der kalten Jahreszeit ist jedoch weiter nicht schädlich, wenn es in der warmen Jahreszeit zur völligen Verdunstung dieser Menge kommt. Wandaufbauten mit Außendämmung, die diffusionsoffene äußere Schichten besitzen, sind feuchtetechnisch deshalb so besonders sicher, weil hier die Wärmedämmung durchgehend einen hohen Sättigungsdampfdruck des Wandquerschnitts garantiert. Die Kondensationsberechnung erfolgt nach ÖNORM B 8110-2[53].

## **6.6.6 Am Beispiel der gewählten Wandaufbauten**

### **6.6.6.1 Einleitung**

Um Erkenntnisse aus dem Einfluss von Feuchtigkeit auf Bauwerke oder Bauteile zu gewinnen muss man ins Innere der Wandaufbauten und Baustoffe sehen. Das kann man in Form von Felduntersuchungen erreichen, Bohrkernentnahmen oder schichtweiser Entfernung der Bauteil-Komponenten, was aber sehr Zeit- und Arbeitsaufwendig ist, meist mit zerstörender Wirkung vor sich geht, und außerdem nur an bereits hergestellten Gebäuden durchführbar ist. Der Blick in die Zukunft bleibt dadurch verborgen. Die andere Möglichkeit ist die zu untersuchenden Einwirkungen auf einen Wandaufbau zu simulieren. Hierbei werden, durch Eingabe von Bauteilgeometrie, Baustoffkennwerten, inneren und äußeren Klimabedingungen, sowie weiteren notwendigen Voraussetzungen, wirklichkeitsnahe Zustände in einem virtuellen Baukörper geschaffen und in Abhängigkeit von der Zeit berechnet.

In Zeiten von immer schneller arbeitenden Computern und laufend höher angesetzten Erwartungen in Ergebnisse, werden auch Simulationsprogramme nicht nur häufiger angewendet, sondern auch immer umfangreicher und präziser in ihren Auswertungsmöglichkeiten. Sie bieten einen guten Einblick in die meist recht komplexen Abläufe und Transportvorgänge im Inneren von Bauteilen, und erleichtern den Benutzern die Arbeit, bei gleichzeitigem Gewinn von Zeit. Es darf dabei aber nicht vergessen werden, dass Simulationsprogramme immer noch von Menschen bedient werden, und – viel wichtiger – von Menschen entwickelt wurden. Die Simulation von realistischen Vorgängen basiert auf Beobachtungen, aufgrund derer bestimmten Eigenschaften von Baustoffen Kennwerte zugewiesen werden, mit denen dann über mehr oder weniger komplizierte Formeln die Auswirkung dieser Eigenschaft unter spe-

ziellen Verhältnissen errechnet wird. In Vergleichen mit tatsächlichen Vorgängen muss die Richtigkeit dieser Simulationen erst bewiesen werden. Darüber hinaus lässt sich auch nicht immer abschätzen, ob wirklich alle wesentlichen Einflüsse und Parameter im Zuge der Programmentwicklung bereits erfasst wurden. Auf der anderen Seite besteht bei der Anwendung von Bemessungsprogrammen die berechtigte Gefahr, dass Werte falsch angenommen, falsch interpretiert, oder einfach nur falsch eingegeben werden, was natürlich zu verfälschten Ergebnissen führen kann.

Im Zuge von Untersuchungen wurde laut [2] festgestellt, dass Unterschiede in Berechnungsergebnissen nicht in erster Linie bei der Verwendung verschiedener Simulationsprogramme auftreten, sondern bei der Anwendung derselben Programme von verschiedenen Benutzern. Eingabe von Standardwerten anstelle spezieller Kennwerte, Benutzung von Parametern die im angewandten Fall nicht zutreffend waren und Verwechslung von Schichtreihenfolgen waren nur einige der immer wieder auftretenden Fehler. Unter Annahme der korrekten Bedienung des Simulationsprogramms wurde in [4], anhand des Vergleichs von Messwerten mit Berechnungsergebnissen von einigen ausgeführten Bauvorhaben nach mehrjähriger Standzeit, nachgewiesen, dass mit dem Berechnungsprogramm WUFI® eine durchwegs sinnvolle Abschätzung der realen Verhältnisse erfolgen kann.

WUFI®2D 3.2, das am Institut für Bauphysik in Holzkirchen entwickelt wurde, wird zur Simulation von instationären Wärme- und Feuchtigkeitsvorgängen in Bauteilen angewendet. Neben dem Wassergehalt und der relativen Feuchtigkeit in den einzelnen Bauteilschichten, können die Temperatur, der Dampfdruck, der kapillare Feuchtigkeitstransport, der Dampfdiffusionsstrom und der Wärmefluss über die Zeit simuliert werden. Die Ergebnisse lassen sich übersichtlich in Diagrammen darstellen und ermöglichen so Aussagen über den feuchtespezifischen Zustand der einzelnen Baustoffe zu bestimmten Jahreszeiten unter speziellen Randbedingungen.

Nach Eingabe von Bauteilgeometrie und Definition eines mehr oder weniger feinen Finite Elemente Netzes, werden Material-Kenndaten, wie Rohdichte,  $\mu$ -Wert,  $\lambda$ -Wert, Porosität, Spezifische Wärmekapazität und Wasseraufnahmekoeffizient, sowie, mit der Innentemperatur von 20°C einerseits und der relativen Luftfeuchtigkeit von 55% (oder wahlweise dem Wassergehalt) andererseits, die Anfangsbedingungen in den Bauteilen festgelegt. Die Oberflächenbedingungen der Bauteilbegrenzenden Baustoffe werden über den inneren und den äußeren Wärmeübergangskoeffizienten  $R_{s,i} = 0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ [53] und  $R_{s,e} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ , den jeweiligen Hellbezugswert und den Regenabsorptionskoeffizienten von  $a_r = 0,7$  definiert und die äußeren Klimabedingungen mit der entsprechenden Standortwahl und der jeweiligen

Bauteilorientierung. In den vorliegenden Simulationen der oben gezeigten Wandaufbauten wurde vom Klimastandort Wien und der Berechnungsdauer von 3 Jahren ausgegangen. Für die exakten Baustoffkennwerte siehe Anhang E.

### 6.6.6.2 Wandaufbau A1

Im Diagramm des Wandaufbaus mit Stahlbeton als tragendem Baustoff ist im Vergleich mit den anderen Wandbildnern auffallend, dass der Gesamtwassergehalt des Bauteils zu Beginn der Simulation gut doppelt bis fünf Mal so hoch ist und auch länger braucht um auszutrocknen. Eine Regelmäßigkeit im jährlichen Verlauf ist beim Aufbau mit Putzschicht sogar erst nach rund 19 Monaten feststellbar, wobei die Absolutwerte des Gesamtwassergehalts, aufgrund der Wasserspeichernden Eigenschaften des Stahlbetons, nie unter  $1,7 \text{ kg/m}^3$  fallen. Die bestehende Feuchte im Beton hat aber keine schädigende Wirkung auf den Querschnitt, da über das Jahresmittel keine Feuchtigkeitsanreicherung zu beobachten ist.

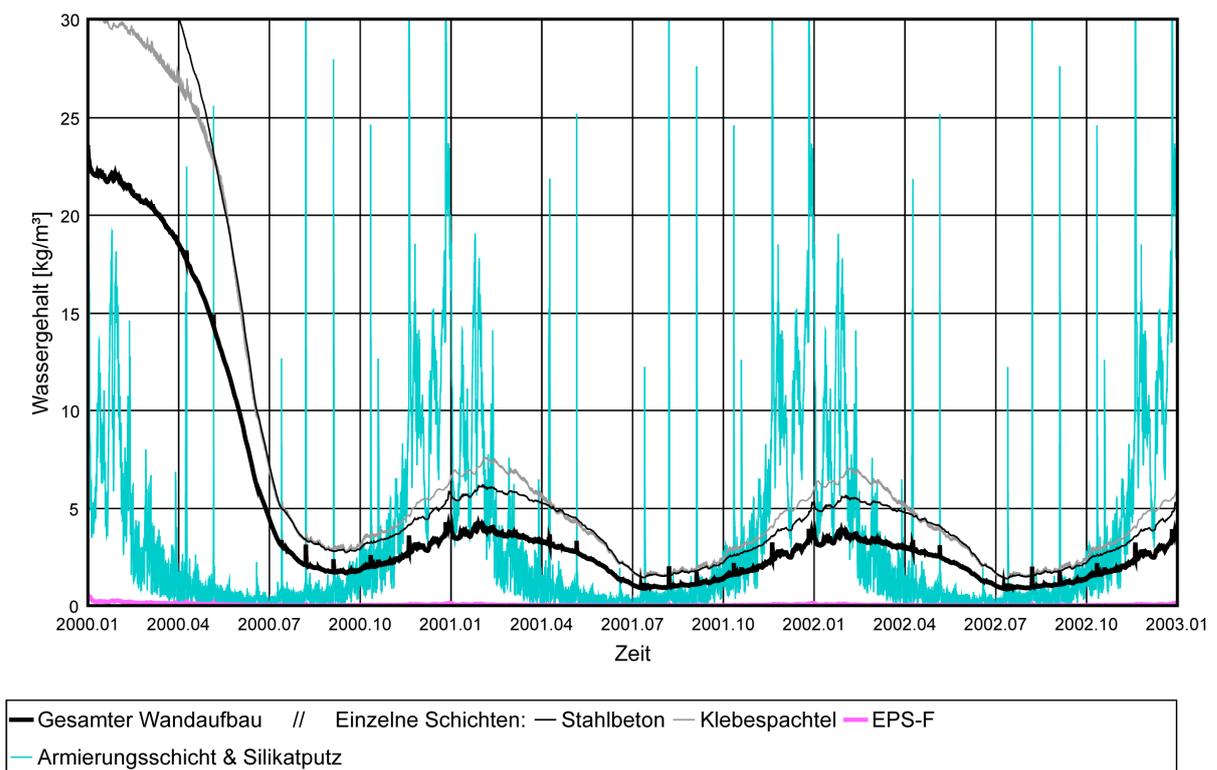


Abb. 6.6-1: Wassergehalt von Wandaufbau A1[WF]

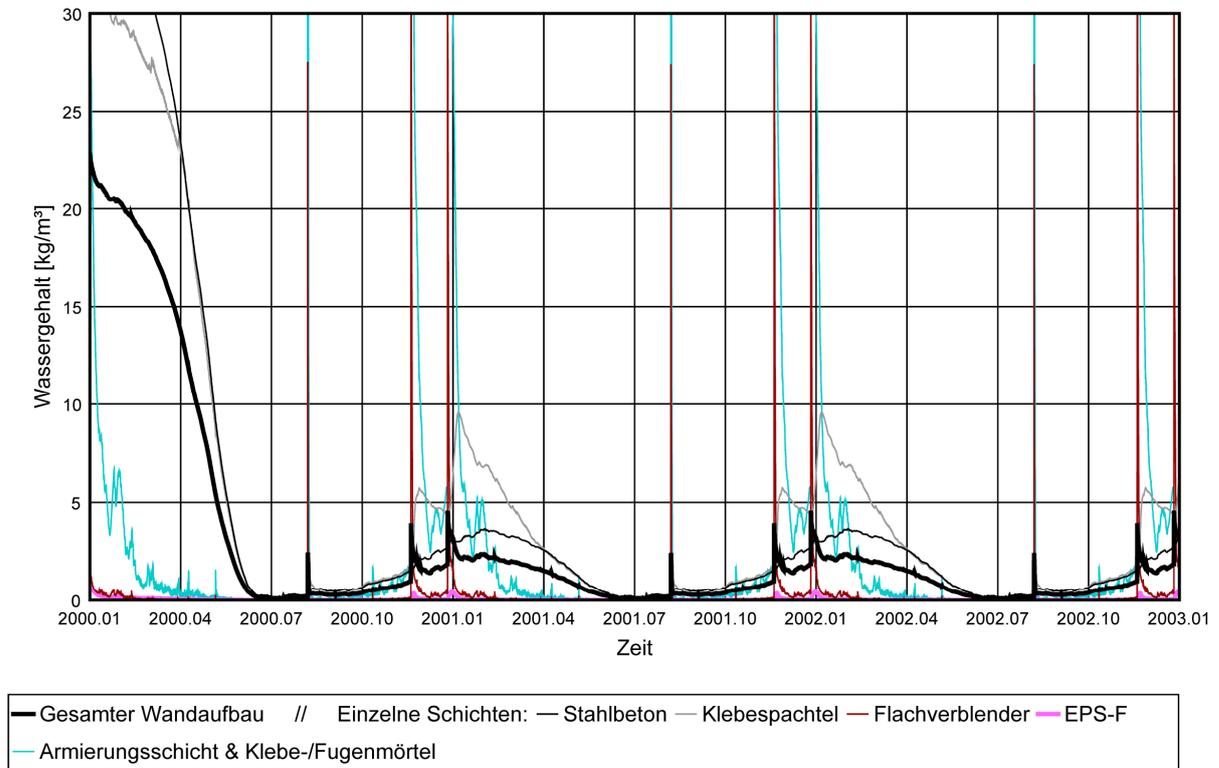
Während die Wassermenge pro Volumen im Klebespachtel mit der des Betons annähernd gleich ist, nur in der kalten Jahreszeit etwas darüber liegt, so verlaufen die Schwankungen der Armierungsschicht mitsamt Silikatputz gänzlich anders. Die Deckschicht folgt sehr genau dem Verlauf der klimatischen Außenbedingungen, dem Regen und den Sonnentagen, die Ausschläge an dieser Kurve lassen auch darauf schließen, dass die Wasseraufnahme sehr

stark erfolgt und die Abgabe ebenso schnell. Die Feuchtigkeitsbewegungen in der Dämmschicht sind de facto nicht vorhanden, was auch nicht weiter verwunderlich ist bei der Verwendung von EPS-Fassadendämmplatten. Die Linien der Wassergehalte der Stahlbetonschicht und des Klebspachtels folgen mit einer Verzögerung von etwa eineinhalb Monaten den äußeren Verhältnissen, sind allerdings um vieles konstanter in ihren Ausschlägen als die Putzschicht und maßgebend für den Gesamtwassergehalt. Anhand der im Anhang F gezeigten Relativen Feuchten der Bauteilschichten, sowie der an Innen- und Außen-Wandoberflächen herrschenden Zustände, lässt sich für Wandaufbau A1 feststellen, dass potentiell Bauteilgefährdende Situationen nur an der äußersten Putzschicht auftreten. Einige Male im Jahr werden Sättigungswerte von 100% erreicht, einige wenige weitere Male Werte über 80%. Nachdem das aber alles nur Spitzenwerte sind, von nicht mehr als kurzzeitiger Dauer, spielen sie als Gefahrenpotenzial keine nennenswerte Rolle. An der Innen-Wandoberfläche sind einzelne Maxima von 50% bis 60% zu erwarten, welche aber ebenfalls keinen erwähnenswerten Einfluss auf die Baulichkeiten ausüben. Die Qualität der Kurven ist mit denen des Wassergehalts vergleichbar.

### **6.6.6.3 Wandaufbau A2**

Bei prinzipiell gleichartigem Verlauf der Stahlbeton-, Klebspachtel- und Gesamtwassergehaltskurve, ist im Unterschied zum Wandaufbau A1 hier feststellbar, dass die Absolutwerte der Wassermengen zumindest zweitweise gegen Null sinken. Außerdem findet die Anfangsverdunstung schneller statt, was durch die weniger stark einwirkende kapillare Feuchtigkeitsweiterleitung aus den Putzschichten begründet ist, wodurch sich bereits nach einem halben Jahr ein regelmäßiger Jahresrhythmus einstellt. Aufgrund ähnlicher Baustoffkennwerte sind die Armierungsschicht und der Klebe- und Fugenmörtel der keramischen Bekleidungsschicht in einer Linie zusammengefasst. Die Flachverblander, welche eine andere Porosität, sowie eine andere, höhere Wasserdampfdiffusionszahl besitzen, werden extra dargestellt. Während an der Mörtel-Kurve wieder gut die herrschenden Außenverhältnisse zu erkennen sind, zwar abgeflachter und etwas beruhigter, reagieren die Flachverblander sehr intensiv auf starke und gleichzeitig dauerhafte Regenfälle, ansonsten aber kaum auf die Einflüsse aus dem Klima. Unmittelbar mit diesen Spitzen ist auch ein Anschwellen des Wassergehalts in der Mörtelschicht und ein wenig verzögert im Klebspachtel bemerkbar, wo das Abschwellen jedoch, die Trocknung also, über Monate vor sich geht. Meines Erachtens ist dieses Verhalten darauf zurückzuführen, dass erst bei sehr starkem und anhaltendem Staudruck die Wasseraufnahme der Flachverblander „anbeißt“ und das aufgenommene Wasser aufgrund der kapillaren Saugwirkung sofort an die inneren Schichten weitergegeben wird. Bei trockenerem Wetter normalisiert sich die Wassermenge in den keramischen Platten sehr schnell, diese wirken aber aufgrund ihrer Bauspezifischen

Eigenschaften als Dampfbremse, was zur Folge hat, dass aus den weiter innen liegenden Schichten das Wasser nicht so schnell ausdiffundieren wie aus den der Oberfläche näheren Schichten. Mit einer Feuchtigkeitsanreicherung über das Jahresmittel ist aber nicht zu rechnen.

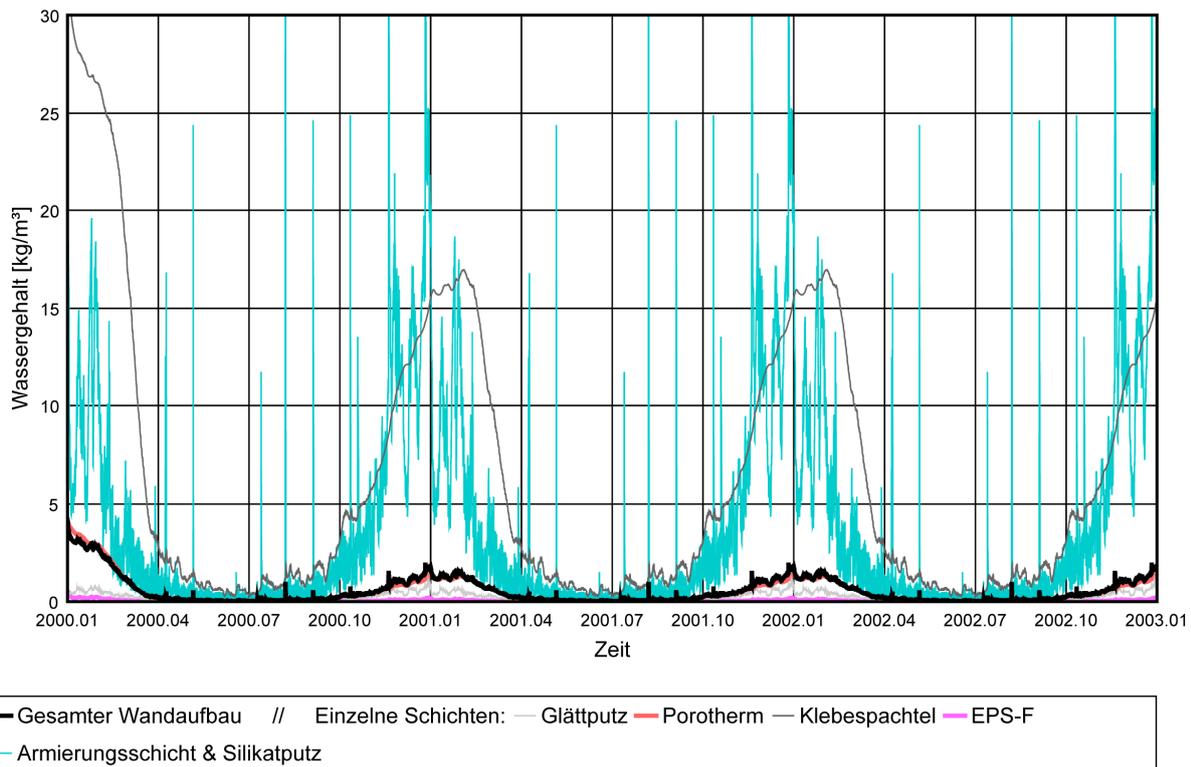


**Abb. 6.6-2: Wassergehalt von Wandaufbau A2[WF]**

Mit Hilfe der Diagramme der Relativen Feuchten der Bauteilschichten (siehe Anhang F) kann man die aus den Wassergehalten gewonnenen Beobachtungen bestätigen. Sättigungsspitzen ergeben sich an den vorhin beschriebenen Stellen der äußersten Schicht, an der Innenwandoberfläche sind allerdings nur halb so hohe Werte wie im Querschnitt mit Silikatputz nachweisbar.

#### 6.6.6.4 Wandaufbau B1

Im Gegensatz zum Wandquerschnitt mit Stahlbeton ist dieser Wandaufbau mit seinem Gesamtwassergehalt sehr trocken. Der sehr niedrige Wasserdampfdiffusionswiderstand des Hochlochziegels führt dazu, dass sich Wasser nahezu ungehindert durch den Baustoff bewegen kann und damit kaum im Bauteil verbleibt. Die Regelmäßigkeit im Jahresverlauf lässt sich hier schon nach den ersten zweieinhalb Monaten feststellen, und findet so spät nur wegen der hohen Anfangsfeuchte in Kombination mit den winterlichen feuchten Klimabedingungen statt.

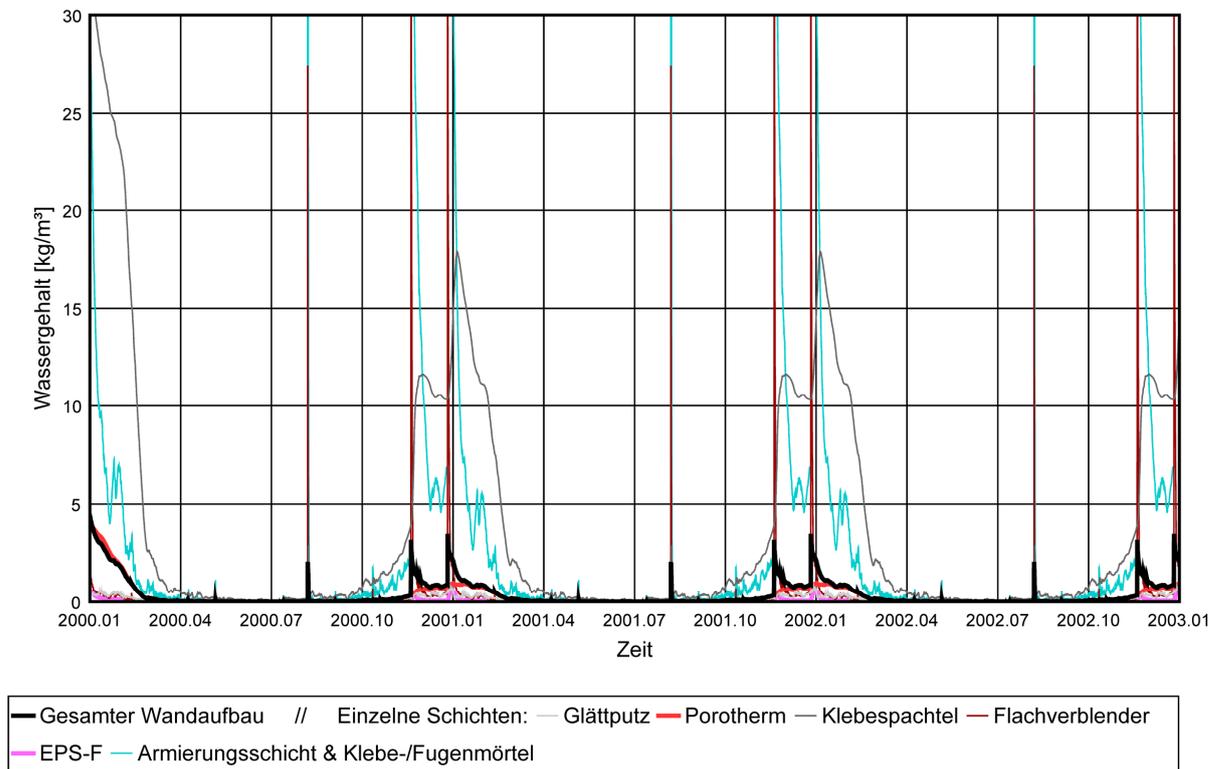


**Abb. 6.6-3: Wassergehalt von Wandaufbau B1[WF]**

Was man im Diagramm sehr gut erkennen kann ist der hohe Unterschied in der Wassermenge in der Kleberschicht und im Wandbaustein. Wie man an den Kurven der Relativen Feuchte (siehe Anhang F) jedoch sieht, ist der Unterschied in der Relation zum maximal aufnehmbaren Wassergehalt dieser beiden Baustoffe marginal, also wieder den Erwartungen entsprechend. Das in Richtung Außenseite diffundierende Wasser in diesen Schichten reagiert sehr schnell auf die Schwankungen in der äußeren Schicht, also auch gleichzeitig auf die Klimabedingungen. Nahezu identisch mit dem Wandaufbau A1 sind die Zustände an den Innen- und Außen-Wandoberflächen, sowie in den beiden Schichten des Unter- und Oberputzes, die wieder sehr stark und direkt mit den Außenverhältnissen korrelieren.

#### 6.6.6.5 Wandaufbau B2

Wie schon im Vergleich der Aufbauten A1 und A2 feststellbar, ist auch bei B2 ein früher einsetzender regelmäßiger Jahresrhythmus als bei B1 zu erkennen. Dieser beginnt hier schon nach knapp zwei Monaten und ist nach meiner Beurteilung, wie schon oben bemerkt, auf den Beginn der Simulation im Winter zurückzuführen.

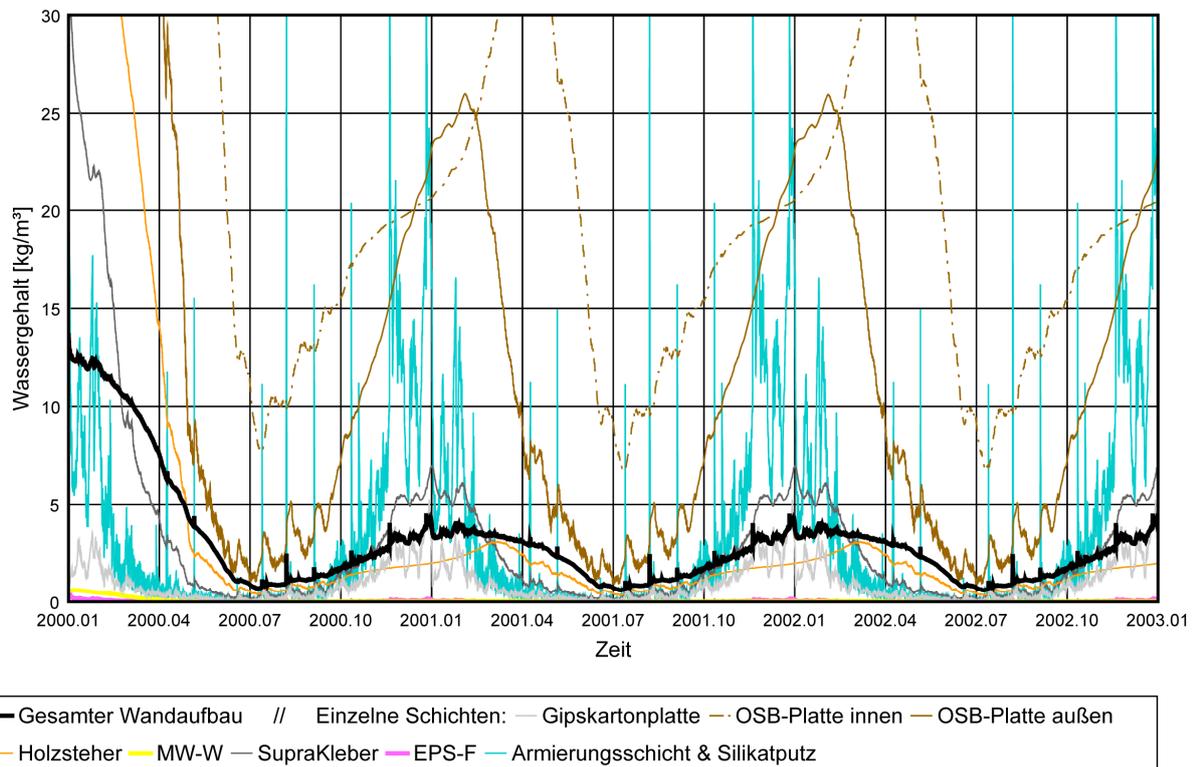


**Abb. 6.6-4: Wassergehalt von Wandaufbau B2[WF]**

Sehr schön ist hier auch wieder der Effekt der diffusionsbremsenden Wirkung der keramischen Bekleidung zu sehen, der bereits bei Wandaufbau A2 beschrieben wurde, hier aber zu höheren Werten speziell in der Schicht des Klebespachtels, sowie in der Armierungsschicht und dem Klebe- und Fugenmörtel führt. An den in Anhang F befindlichen Relativen Feuchten lassen sich wieder Spitzenwerte an den besagten Stellen wie in Aufbau A2 nachweisen, in den restlichen Schichten werden kaum Werte über 25% erreicht.

#### 6.6.6.6 Wandaufbau C1

Hier ist die Form der Gesamtwassergehaltskurve der von Querschnitt A1 sehr ähnlich. Mit dem Unterschied der niedrigeren Anfangsfeuchte, ist die Regelmäßigkeit des Jahresrhythmus schon nach einem halben Jahr festzustellen, was wohl der Gegebenheit zuzuschreiben ist, dass die Wasserspeichernden Bauteilschichten, hier die OSB-Platten, zu dünn sind, um im Gesamtquerschnitt stark ins Gewicht zu fallen. Pauschal sinken jedoch auch hier die Absolutwerte des Gesamtwassergehalts nie unter 0,7 kg/m<sup>3</sup>.



**Abb. 6.6-5: Wassergehalt von Wandaufbau C1[WF]**

Was in allen Wandaufbauten praktisch identisch ist, das sind die gleichförmigen Verläufe der Kurven der Deckschichten. Der Wassergehalt im Silikatputz ist in Bauteil A1 und B1 identisch, in vorliegendem Bauteil C1 nur in den Maxima eine Spur niedriger. Darauf hat auch das Weglassen der Dampfsperre zwischen der Gipskartonplatte und der inneren OSB-Platte keinen Einfluss (siehe Anhang G). Wo jetzt der gewaltige Unterschied zu den beiden vorigen Typen von Wandaufbau kommt ist die Holzständerkonstruktion mit ihren Komponenten. Während die hydrophobierte Mineralwolle, ähnlich den Polystyrol-Dämmplatten, natürlich kaum Wasser aufnimmt, kommt es in den Vollholzstehern zu vergleichbaren Feuchteverhältnissen wie in den Massivbaustoffen, wobei sie mit nur 10% anteiliger Breite recht wenig auf den Gesamtwassergehalt einwirken. Die beiden OSB-Platten, innere wie äußere, haben, durch ihren mit einem Betrag von 200 recht hohen  $\mu$ -Wert, ein sehr diffusionshemmendes und dadurch quasi wasserspeicherndes Verhalten. Das kann man an den in Relation extrem hohen Wassergehalten wahrnehmen – an der inneren Platte, aufgrund der weiteren Entfernung zur Verdunstungsoberfläche, stärker noch als an der Äußeren. Hier ist auch zum ersten Mal feststellbar, dass die Relative Feuchtigkeit (siehe Anhang F) am Anfang in die Höhe steigt, anstatt zu fallen, wie bei allen bisherigen Fällen. Offenbar ist das darauf zu begründen, dass die Anfangswassermenge aus der Mineralwolle-Schicht, aufgrund ihrer hydrophoben Eigenschaften, zunächst auf beide Seiten hin abgegeben wird – zur Raumaußenseite wie zur Rauminnenseite – und erst nach zeitlicher Verzögerung von etwa zwei Monaten ebenfalls nach außen diffundieren kann. Bei selbem Aufbau ohne Dampfsperre ist

eine frühere, also schnellere Anfangsverdunstung feststellbar, was sich in der relativen Feuchtigkeit der inneren OSB-Platte sehr gut bemerkbar macht – hier wirkt ganz deutlich die nicht mehr dampfsperrende Eigenschaft dieses Aufbaus günstig für die Holzplatten. Ganz im Gegenteil nach Austrocknung der Anfangsfeuchte. Im weiteren Verlauf sind die Spitzenwerte der im Holz erreichten Wassermengen in der äußeren OSB-Platte um 40% und in der inneren sogar um 65% höher. Selbst in den Holzstehern kann man im Winter höhere Wassergehalte ablesen, keiner dieser Holzbauteile ist allerdings in tatsächlicher Gefahr geschädigt zu werden, da sich deren relative Feuchten ständig in Bereichen unterhalb von 20% aufhalten. Darüber hinaus zeigt die Dampfbremse aber keinerlei Einwirkung auf die weiter außen liegenden Baustoffe, sowie die raumseitig der Dampfbremse liegende Gipskartonplatte.

#### 6.6.6.7 Wandaufbau C2

An der Kurve des Gesamtwassergehalts kann man bei der Deckschicht mit keramischen Platten feststellen dass im Sommer die Werte gegen null sinken, was nicht mit stärkerer Austrocknung, sondern mit geringerer Aufnahme von Wasser zusammenhängt. Eine Regelmäßigkeit im Jahresverlauf stellt sich ab etwa vier Monaten ein, was mit den Beobachtungen aus den anderen Wandaufbauten qualitativ übereinstimmt.

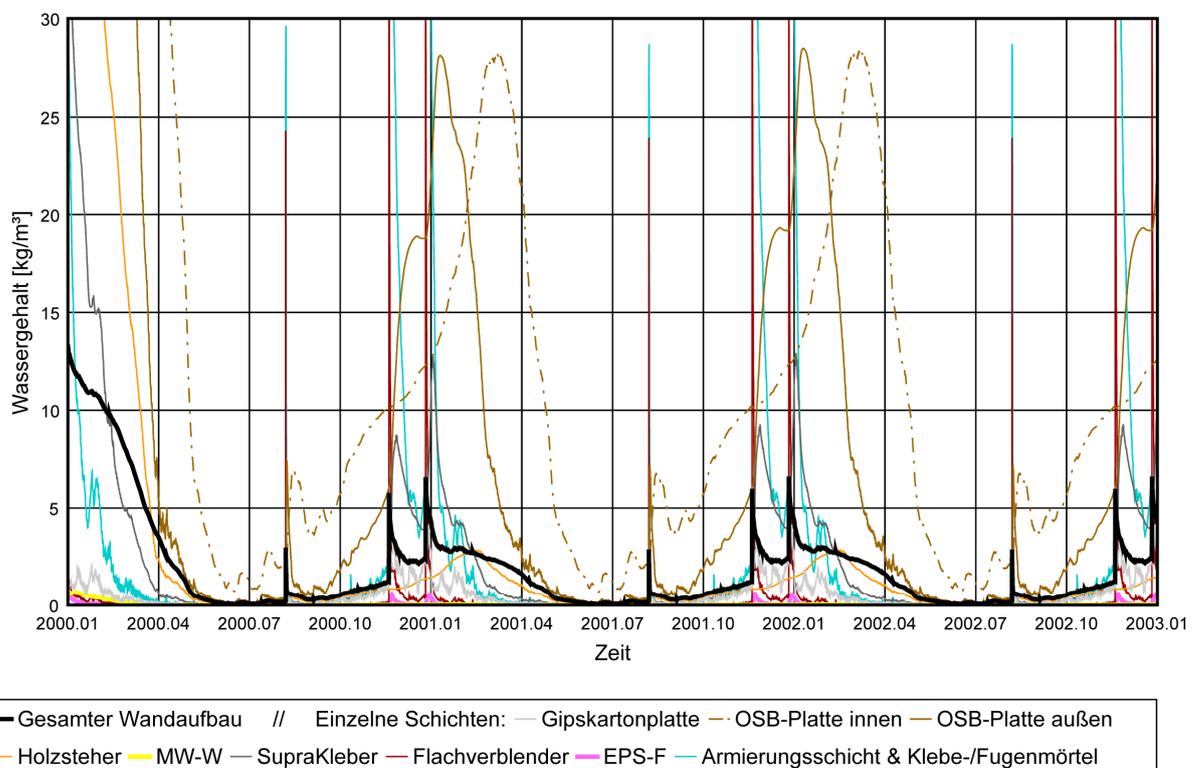
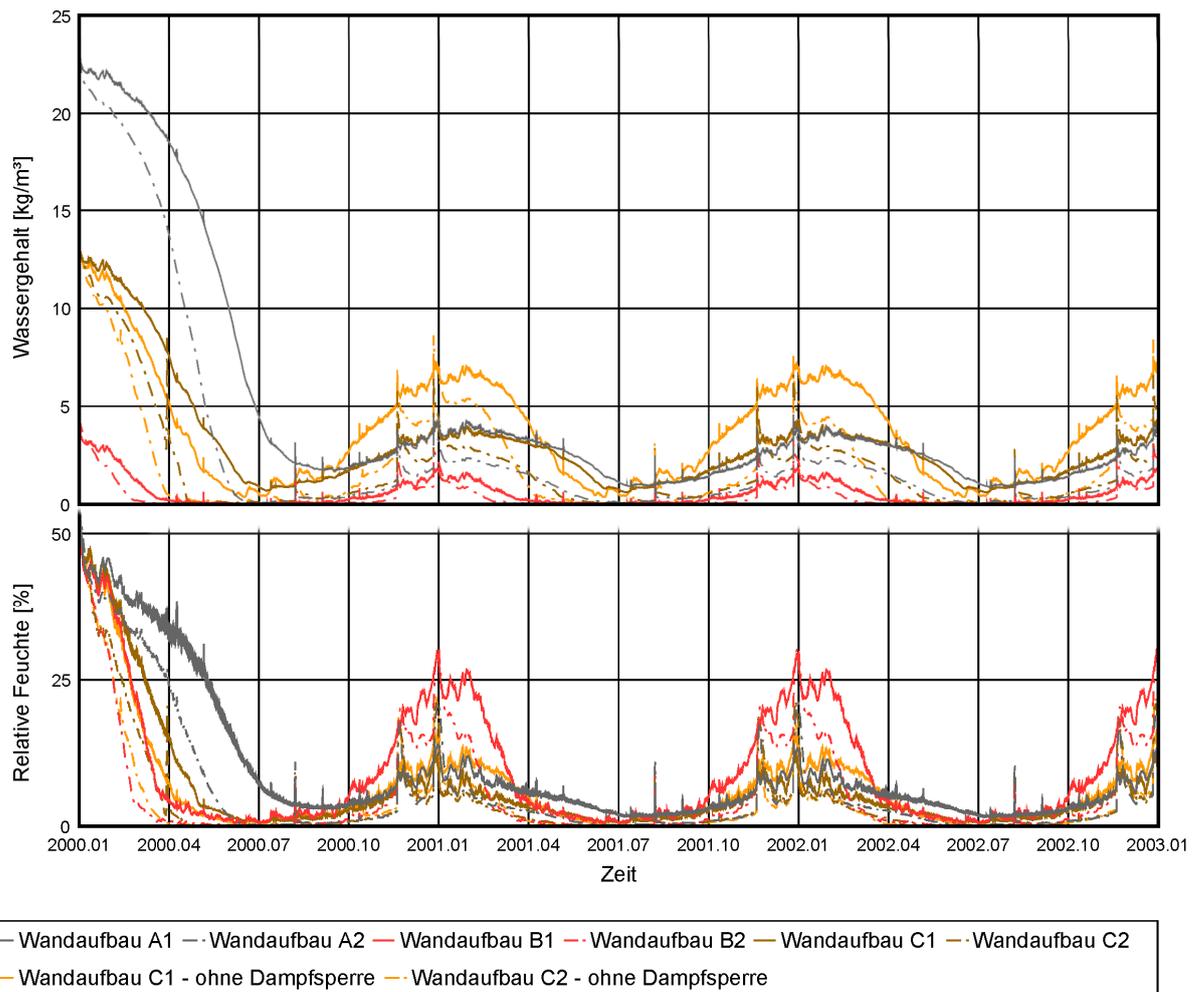


Abb. 6.6-6: Wassergehalt von Wandaufbau C2[WF]

Der Wassergehalt in der keramischen Bekleidungsschicht mitsamt dem Unterputz sieht nahezu identisch aus wie in den Bauteilen A2 und B2, und der diffusionshemmende Mechanismus der äußeren Deckschicht ist ebenso wieder zu erkennen. Das Verhalten der Vollholzsteher ist ähnlich dem im Aufbau mit Putzschicht, nur in seinen absoluten Werten etwas abgeschwächer. Die Verläufe der inneren und äußeren OSB-Platten sind allerdings wieder etwas differenzierter zu beurteilen. Während die äußere Platte doch recht stark auf die Spitzen aus dem oben genannten diffusionsbremsenden Effekt reagiert, nur mit größerer zeitlicher Versetzung als die oberflächennäheren Schichten, so ist an der inneren OSB-Platte zu konstatieren, dass die Werte im Sommer, sowie auch im Winter weit weniger hoch ausfallen, wie im Vergleichsaufbau mit Silikatputz und sich in den Spitzenwerten denen aus der äußeren Platte angleichen. Es ist generell ein „schlankeres“ Wasseraufnahme- und -abgabeverhalten zu erkennen, als im Wandaufbau C1. Anhand der relativen Feuchtwerte (siehe Anhang F) bemerkt man an der inneren OSB-Platte wieder einen Anstieg der Kurve unmittelbar nach Beginn der Simulation, der bei Weglassen der Dampfbremse nicht vorhanden ist. Die Erklärung liegt, wie bei Wandaufbau C1, bei der nun ins Rauminnere offenen Diffusionsmöglichkeit. Eine weitere Gegenüberstellung mit demselben Querschnitt ohne Dampfbremse (siehe Anhang G) bringt qualitativ die gleichen Ergebnisse wie im vorangegangenen Vergleich von Bauteil C1. Lediglich die absoluten Spitzenwerte der Holzwerkstoffe sind weniger stark ausgebildet. Die äußere OSB-Platte hat einen höheren Wert von etwa 15%, die an der Innenseite der Konstruktion um etwa 80%, wobei auch hier die relativen Werte niemals die 15% überschreiten. Die Dampfbremse zeigt außerdem wieder keine Wirkung auf die weiter außen liegenden Bauteilschichten, sowie die innenseitig angeordnete Gipskartonplatte.

#### **6.6.6.8 Vergleich aller Wandaufbauten**

Die umseitige Abbildung sagt nichts über tatsächliche Eigenschaften in den unterschiedlichen Wandaufbauten aus, sie dient lediglich zum Vergleich der simulierten Bauteile untereinander und der Gegenüberstellung ihrer Wassergehalte mit ihren relativen Feuchtigkeiten. Die eingangs erwähnten hohen Abweichungen in ihrem Anfangswassergehalt sind vor allem auf die Porosität und Kapillarität der einzelnen Baustoffe zurückzuführen. Beim Hochlochziegel ist er deshalb so gering weil dieser eine so geringe Bruttorohichte aufweist, am Diagramm der relativen Feuchte ist aber sehr genau zu sehen, dass die geringsten Werte im Wassergehalt, hier den höchsten entsprechen. Umgekehrt liegen die Kurven der anderen Querschnitte wieder in gleicher Relation wie bei den Wassergehalten, jedoch recht dicht beisammen.



**Abb. 6.6-7: Vergleich von Wassergehalt und relativer Feuchte aller Wandaufbauten[WF]**

### 6.6.7 Schlussfolgerung

In allen Wandaufbauten ist nachweisbar, dass die Deckschicht aus baukeramischen Platten eine stark wasserabweisende Wirkung hat, mit Ausnahme von klimatisch bedingten Situationen in denen es zu dauerhaftem und starkem Staudruck auf die Oberfläche kommt. Während dieser Ereignisse wird das anstehende Wasser stark aufgenommen und direkt an die weiter innen liegenden Bauteilschichten weitergegeben, wo es erst mit zeitlicher Verzögerung wieder an die Oberfläche diffundieren kann, da der dampfdiffusionshemmende Charakter der keramischen Platten dem entgegen wirkt. Trotzdem bildet sich über keinen nennenswerten Zeitraum eine so hohe relative Feuchtigkeit, dass Schäden aus dem Frost-Tauwechsel zu befürchten wären. Im Sinne feuchtetechnischer Aspekte ist die Anordnung von keramischen Deckschichten also als durchaus sinnvolle und optisch ansprechende Alternative zu den am Markt fast ausschließlich ausgeführten Putzsystemen anzusehen.



## 7 AKTUELLE AUSFÜHRUNGSSYSTEME

### 7.1 Einleitung

Nachdem nun die geschichtliche Entwicklung des Wohnverhaltens von Menschen, die Gründe für oder wider eine Deckschicht aus baukeramischen Platten, sowie technische und rechtliche Betrachtungsweisen von Wärmedämmverbundsystemen und deren Komponenten genauestens erörtert wurden, sowie anschließend anhand einiger ausgewählter, dem Stand der Technik entsprechend vorherrschenden, Wandaufbauten die verschiedenen bauphysikalischen Aspekte näher beleuchtet wurden, ist noch die Beobachtung der in der aktuellen Baupraxis angewendeten Ausführungssysteme von Interesse. Der grundsätzliche Aufbau eines WDVS mit keramischer Bekleidungsschicht ist bereits genau durchleuchtet worden, aber welche unterschiedlichen Systeme am Markt erhältlich sind und wie diese im täglichen Baugeschehen auf Wände aufgebracht werden bleibt noch übrig zu erwähnen.

### 7.2 System Sto

Das Wärmedämmverbundsystem, in den als beispielhaft geltenden Wandaufbauten zur Untersuchung der Bauphysikalischen Eigenschaften von keramischen Bekleidungen, welches im Kapitel Bauphysik vorgestellt wurde, ist mit einer Deckschicht aus Flachverblendern der Firma Sto[90] projektiert. Es ist ein in der Ausführung dem herkömmlichen WDVS mit Putzschicht vergleichbares System, dessen Aufbau in Anhang H dargestellt ist. Darin ist gut



nachvollziehbar, wie der Aufbau, vom Wandbildner weg bis zur Armierungsschicht, mit den von allgemein angewendeten, geklebten und gedübelten Putz-WDVS übereinstimmt, mit der Ausnahme, dass die Dübel durch das Armierungsgewebe gebohrt werden und nicht, wie üblich, darunter liegen. Natürlich werden auch Sockelabschlussprofile vormontiert, um einen fehlerstellenfreien Übergang der Fassadendämmplatten zum Perimeterbereich sicherzustellen.

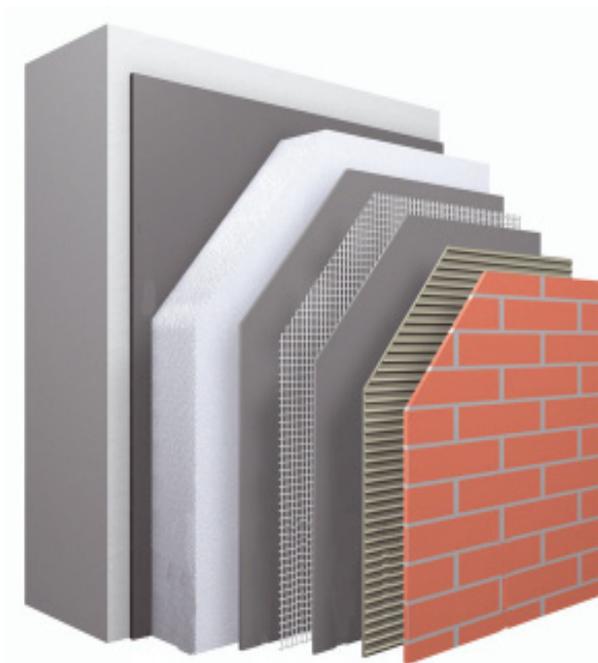
Abb. 7.2-1: System Sto[90]

Beginnend an den Hauskanten werden die Eckverblander mit leicht schiebender Bewegung in den frisch aufgetragenen Klebemörtel eingedrückt, wobei darauf zu achten ist, dass die Platten ohne Fehl- und Hohlstellen, voll im Klebebett sitzen. Danach werden die Flachverblander zwischen den Höhenmarkierungslinien streifenweise und von oben nach unten, satt und vollflächig im frischen Klebemörtel angesetzt. Die Verfugung erfolgt nach dem Schlammverfahren, wobei nach Anziehen des Fugenmörtels die Oberflächen der Platten mit einem Schwammbrett gewaschen und gereinigt werden.



**Abb. 7.2-2: Von oben streifenweise, zwischen den Höhenmarkierungen, nach unten[90]**

### 7.3 System Wopfinger



Das von der Firma Wopfinger[94]/Baumit[70] angebotene WDV-System für Beläge aus baukeramischen Platten ist, wie auch aus der Verarbeitungsempfehlung im Anhang I hervorgeht, dem von Sto[90] sehr ähnlich. Die Abfolge der Schichten von Klebespachtel, über Dämmschicht zu Armierungsmörtel mit Textilglasgitter und der anschließenden Verdübelung durch das Bewehrungsgewebe entsprechen der Ausführung des vorangegangenen Systemherstellers. Auch die Art und Weise der Aufbringung der Deckschicht erfolgt nach eben erklärtem Muster.

**Abb. 7.3-1: WDVS mit keramischer Bekleidung[90]**

Nachdem WDVS in ihrer Form als Bausätze als Bauprodukte gelten, sind ihre Komponenten üblicherweise von einem Hersteller. Auf den bewehrten Unterputz kommen nun aber keine Firmeneigenen Produkte, sondern ein Klebemörtel der Firma Murexin[84], in den die Fliesen mit Hilfe des Floating-Buttering-Verfahren eingedrückt werden und diese anschließend mit einem Murexin Fugenmörtel nach dem Schlämm-Verfahren verfugt werden. Die Fliesen dieses Systems sind sogar frei wählbar innerhalb eines gewissen, doch recht breiten Spielraums, bei dem man sich an vorgegebene Grenzwerte halten muss, wie z.B. Fliesenformat, Hellbezugswert, Fugenbreite, Gewicht der Fliese und maximale Feldbegrenzungsabstände. Im abgebildeten Fall sind keramische Fliesen – auf Papier als Trägermedium – der Firma Nowa-Gala[74] zum Einsatz gekommen.



**Abb. 7.3-2: System Wopfinger[WF]**

## 7.4 System Renewall

Ein weiteres Ausführungssystem für WDVS mit Klinker-Bekleidung ist das der Firma Renewall[89]. Hier werden, beginnend von unten, an Sockelprofilen Dämmplatten aus Polystyrol mit einem Fugenleitsystem entweder mit der Wulst-Punkt-Methode, oder vollflächig mittels Zahnpachtel auf den Untergrund aufgeklebt und nach der Abbindezeit mit Dübelschrauben zusätzlich befestigt. Die Dübel werden zwischen den Fugenstegen eingebohrt und das System wird nicht (!!!) bewehrt. Die Klinkerriemchen werden nun zwischen den Fugenstegen



**Abb. 7.4-1: System Renewall[89]**

nach dem Floating-Buttering-Verfahren mit festem Druck in das Riemchenbett einpresst, und je nach Muster des gewählten Mauerverbands passend zugeschnitten und angeordnet. Für Bereiche von Hauskanten, Fensterlaibungen und Stürzen gibt es spezielle Winkelriemchen, wobei darauf geachtet werden muss mit der Verlegung immer von den Eckbereichen aus zu beginnen. Die Verfugung erfolgt mit der Kelle und erdfeuchtem bis leicht plastischem Fugenmörtel.

## 7.5 System Isoklinker

Die Firma Isoklinker[81] bietet ein System an, bei dem der Arbeitsaufwand auf der Baustelle weitestgehend minimiert ist. Im Werk wird auf die Rückseite von verschiedenen Arten von Verblendklinkern derartig Polyurethan aufgeschäumt, sodass Verbundplatten mit dem Muster eines Mauerwerkverbands daraus entstehen. Diese Platten-Elemente werden ohne Vorarbeiten direkt auf die Außenwand aufgebracht und mit speziellen Dübeln daran befestigt, wobei die unterste Plattenreihe an einem Sockelprofil ausgerichtet wird.



Abb. 7.5-1: System Isoklinker[81]



Durch bereits in der Platte befindliche Dübel-Befestigungshülsen werden die Elemente mit der bestehenden Außenwand fest verbunden, und die Hülsen mit einem Styropor-Pfropfen oder PU-Schaum dicht verschlossen. Es findet also keine (!!!) Verklebung mit dem Untergrund oder Gewebebewehrung der Dämmstoffplatten statt. Anschließend werden noch an den Plattenstößen die Ausschäumkammern PU-Schaum gefüllt, die ausgelassenen Verbinder-Riemchen eingeklebt und die Fugen mit der Kelle und Fugenmörtel geschlossen.

Abb. 7.5-2: Dübel-Befestigungshülse[81]

## 8 ZUSAMMENFASSUNG

Durch wirtschaftlichen Fortschritt und Änderungen in unserem Wohnverhalten sind im Laufe des letzten Jahrhunderts neue Aspekte zur Berücksichtigung bei der Ausführung raumabschließender Bauteile hinzugekommen. Folgen davon waren die Entwicklung neuer Baustoffe, die Etablierung gewisser Standards rechtlicher, technischer, wie auch bauphysikalischer Natur und die Entstehung innovativer neuer Ausführungssysteme.

Das Wärmedämmverbundsystem ist sicherlich eines der wichtigsten und fortschrittlichsten Ergebnisse dieser bisherigen Entwicklungsphase und mit einer abschließenden Putzschicht auch das wahrscheinlich am weitesten verbreitete System, ein Bauwerk vor störenden und schädigenden Einflüssen von außen zu bewahren.

Im Zuge der Recherchen zu dieser Arbeit ist jedoch festzustellen gewesen, dass für WDVS mit Deckschichten aus baukeramischen Platten noch keine, wie auch immer geartete, rechtliche Basis besteht, und somit keine Aussagen, betreffend der Ausführung einer keramischen Bekleidung, mit Hilfe von Normen, Richtlinien oder Gesetzen, getroffen werden können. Hier herrscht Nachholbedarf, der aufgrund der regional beschränkten verstärkten Anwendung auf den Norden Deutschlands, bis jetzt nur sehr träge vorstatten geht.

Zum Themengebiet Brandschutz wurden unterschiedliche Deckschichten und auch verschiedene Dämmstoffe näher beleuchtet, wobei aber keine wesentlichen neuen Erkenntnisse zu keramischen Belägen festzustellen waren.

In Untersuchungen zu den bauphysikalischen Eigenschaften eines WDVS, ausgeführt an drei grundverschiedenen Wandaufbauten mit Tragschichten aus Stahlbeton, Hochlochziegeln und einer Holzständerwand, jeweils einmal mit einem Silikatputz und einmal mit Flachverblendern in Klebe- und Fugenmörtel versehen, wurde festgestellt, dass sich die Anordnung eines keramischen Belages anstatt einer Putzschicht für den Schallschutz als, zwar nur gering, aber doch positiv, günstig erweist. Durch sein etwas höheres Gewicht ist die Körperschalldämpfende Wirkung der biegeweichen Keramik-Schale etwas besser, als bei herkömmlichen Oberflächen.

Durch Bemessung mit einem Computerunterstützten Simulationsprogramm war zu sehen, dass sich die Wahl der Deckschicht in keiner nennenswerten Weise auf den Wärmeschutz in den untersuchten Bauteilen auswirkt. Ausschlaggebend für Wärmespeicherung und -dämmung waren lediglich die Dicke und Art der Dämmstoffe und die Ausführung der Tragschicht.

In den Bemessungen zum Feuchtigkeitsschutz wurde ebenfalls ein Rechnerunterstütztes Simulationsprogramm angewendet, mit welchem über einen Zeitraum von drei Jahren und dem Klimastandort Wien, die Feuchtigkeitszustände und Dampfdiffusionsvorgänge in den einzelnen Bauteilschichten der zu analysierenden Wandaufbauten berechnet wurden. Ergebnis dieser Untersuchungen ist die Erkenntnis, dass die keramischen Verblender einerseits eine sehr stark wasserabweisende und somit erwünschte Funktion erfüllen, andererseits aber einmal aufgenommenes Wasser am zügigen Ausdiffundieren hindern, und somit zu längeren Aufenthaltszeiten des Wasserdampfes im Bauteil beitragen. Die Spitzenwerte der relativen Feuchtigkeit werden aber über keine nennenswerten Zeiträume so hoch, dass sie eine Gefährdung des Bauteils durch Frost-Tauwechsel oder Durchfeuchtung der Dämmschicht darstellen.

Eine sehr wesentliche Erfahrung aber konnte zur Standsicherheitstechnischen Betrachtung über thermische Beanspruchungen gemacht werden. Die Einflüsse aus tages- und jahreszeitlich bedingten Schwankungen von Lufttemperatur und Sonneneinstrahlung führen unmittelbar unter dem keramischen Belag zu teils extrem hohen Temperaturen und Temperaturdifferenzen zwischen Nacht und Tag. Dies hat Zwängungsspannungen in der Bekleidungsschicht, Schubbeanspruchungen in der Wärmedämmschicht und Verschiebungen der Dübelköpfe zur Folge. Um die Verformungen aus diesen Belastungen möglichst gering zu halten, und die Hülle des Bauwerks vor Schäden zu bewahren, müssen Feldbegrenzungsfugen in gewissen Abständen angeordnet werden. Deren Ausführung muss bis in die Dämmschicht reichen, der Unterputz ist mit Abschlussprofilen entlang der Fugenkanten auszuführen, und die Fugen sind mit geeigneten elastischen Fugendichtstoffen dauerhaft und dicht zu verschließen. Darüber hinaus sind Bauwerkstrennfugen, Bauanschlussfugen und Dehnungsfugen anzuordnen, letztere speziell an geometrisch bedingten Unstetigkeitsstellen und am vordringlichsten an Gebäudeaußen- und -innenkanten. Aufgrund der erhöhten Spannungen in den Randbereichen, kommt es ohne Dehnungsfugen an diesen Stellen zu den häufigsten Schadensfällen, die sich durch Risse entlang der Kanten, entweder dem Fugenverlauf folgend oder sogar durch die Eckverblender selbst führend, bemerkbar machen.

Zusammenfassend wäre zu sagen, dass sich Wärmedämmverbundsysteme mit Deckschichten aus baukeramischen Platten sehr wohl als sinnvolle Alternative zu WDVS mit Putzschichten anbieten. In ihrem bauphysikalischen Charakter sind alle erforderlichen Eigenschaften für eine hervorragend funktionierende Schutzfunktion für Gebäude vorhanden, die rechtliche Grundlage dafür muss allerdings erst noch geschaffen werden.

## SUMMARY

Due to economic progress and changes in our lifestyle in the course of the last century, new aspects were necessary in the consideration of the construction of space enclosing building components. Consequences of this were the development of new building materials, the establishment of certain standards of a legal and technical nature and also from the building design aspect and the origin of innovative new construction systems.

The external thermal insulation composite system is surely one of the most important and most progressive results of this past development phase and with a concluding plaster surface also probably the common system to protect a building from the disturbing and damaging influences from outside.

In the course of the searches to this work however it had to be stated that for etics with surface layers of ceramic slabs still none, however constituted, legal basis exists and thus no statements, by standards, guidelines or laws, can be met, concerning the construction of a ceramic clothing. Here there is a necessity to catch up, but due to a limited application concentrated to the north of Germany, progress is slow.

Concerning fire protection different surface layers and also different insulating materials were more near illuminated, however no substantial new findings were made relating to ceramic surfaces.

Investigations into the characteristics from the building design aspect of an etics, were implemented to three entirely different wall constructions with base courses of reinforced concrete, vertical coring bricks and a wooden wallboard, in each case once with a silicate rendering and once with closers in mortar and grout provided. It was stated that the arrangement of a ceramic surface instead of a plaster surface proved, as far as noise protection was concerned, it was, though a small improvement, but nevertheless favourably positive. Due to it's somewhat higher weight the sound-absorbing effect of the flexible ceramic bowl is a little better, than with conventional surfaces.

It was found by calculation with a computer aided simulator routine that the choice of the surface layer affects in no considerable way the heat protection in the examined construction units. As for heat storage and thermal insulation the decisive factors were only the thickness and kind of the insulating materials and the execution of the base course.

In the calculations for the humidity protection a computer aided simulation program was likewise used, concerning one period of three years and the climatic location of Vienna. Humidity conditions and vapour diffusion procedures in the individual construction unit layers of the wall constructions were analysed. Result of these investigations was that the ceramic closers fulfil, on the one hand, a very strongly water-rejecting and thus desired function, on the other hand however prevent brisk out-diffusion of once taken-up water, and thus contribute to longer residence times of the water vapour in the construction unit. However the peak values of the relative humidity become during no considerable periods as high as to represent an endangerment of the construction unit by freeze-thaw-cycles or moisture penetration of the insulating layer.

There were significant findings relating to the stability-technical view over thermal stresses. The influences from daily and seasonally caused fluctuations of air temperature and sun exposure led directly, under the ceramic surface, to partly extremely high temperatures and temperature differences between night and day. This entails compressive stresses in the clothing layer, thrust demands in the heat-insulating layer and shifts of the dowel heads. In order to keep the deformations from these loads as small as possible, and to protect the covering of the building against damages, field definition joints have to be arranged at certain distances. Their execution must extend into the insulating layer, the lower-plaster is to be implemented with end sections along the joint edges, and the joints are to be filled closely and with long lasting suitable flexible joint sealing materials. Beyond that building separation joints, building connecting joints and stretch joints are to be arranged, the latter especially at geometrically caused points of discontinuity and most urgently at building outside- and -inner edges. As a result of the increased tensions in the boundary regions, due to lack of stretch joints, in these places the most frequent cases of damage occur, which become apparent by tears along the edges, either following the joint process or even leading through the edge-closers themselves.

Summarizing it could be said that external thermal insulating composite systems with surface layers from ceramic slabs very probably present themselves as a meaningful alternative to etics with rendering surfaces. In their character, from the building design aspect, they present all the necessary properties for providing an outstanding protective function for buildings, however the legal basis for it still has to be created.

## **VERZEICHNISSE**



## Quellenverzeichnis

### Literatur:

- [1] BROCZA, Renate:  
**Wandaufbauten für Niedrigenergiehäuser in Holzbauweise – Bauphysikalische und Ökologische Betrachtung** - Diplomarbeit  
Technische Universität Wien: Fakultät für Bauingenieurwesen, Juni 2007
- [2] BEDNAR, Thomas; DREYER, Jürgen:  
**Die Genauigkeit von Simulationsprogrammen für den Wärme- und Feuchtehaushalt von Bauteilen**  
In: WTA-Schriftenreihe, Heft 18, Praktische Beurteilung des Feuchteverhaltens von Bauteilen durch moderne Rechenverfahren, Hrsg. KÜNZEL, Hartwig Michael  
Freiburg: Aedificatio Verlag, 1999, S.97-106
- [3] CZIESIELSKI, Erich; VOGDT, Frank Ulrich:  
**Schäden an Wärmedämm-Verbundsystemen**  
Reihe: Schadenfreies Bauen, Bd.20, Hrsg. ZIMMERMANN, Günter  
Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2000
- [4] FRANKE, Lutz; DECKELMANN, Gernod:  
**Der Feuchtehaushalt von Wärmedämmverbundsystemen mit keramischen Belägen – Vergleich zwischen Messung und rechnerischer Vorhersage**  
In: WTA-Schriftenreihe, Heft 18, Praktische Beurteilung des Feuchteverhaltens von Bauteilen durch moderne Rechenverfahren, Hrsg. KÜNZEL, Hartwig Michael  
Freiburg: Aedificatio Verlag, 1999, S.39-50
- [5] FRANKE, Lutz; DECKELMANN, Gernod:  
**Zum Nachweis des Feuchteschutzes von Wärmedämmverbundsystemen mit keramischen Belägen**  
In: Bauphysik, Berichte aus Forschung und Praxis; Festschrift zum 60. Geburtstag von Karl Gertis  
Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 1998, S.295-308
- [6] GROIBÖCK, Robert:  
**Putzfassaden** - Diplomarbeit  
Technische Universität Wien: Fakultät für Bauingenieurwesen, Mai 1999
- [7] HIMBURG, Stefan:  
**Zur Standsicherheit und Langzeitbeständigkeit von Wärmedämmverbundsystemen mit keramischen Bekleidungen** - Dissertation  
Technische Universität Berlin: Fachbereich 9 – Bauingenieurwesen und Angewandte Geowissenschaften, 16. Juli 1999
- [8] KIEHNLE, Hermine:  
**Kiehnle-Kochbuch**, Erstausgabe 1912  
Weil der Stadt: Hädecke Verlag, 1991
- [9] KÜNZEL, Helmut:  
**Heizen und Lüften früher und heute**  
In: Fensterlüftung und Raumklima, Hrsg. KÜNZEL, Helmut  
Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2006, S.12-21

- [10] PECH, Anton; KOLBITSCH, Andreas:  
**Wände**  
Reihe: Baukonstruktionen, Bd.4, Hrsg. PECH, Anton  
Wien: Springer-Verlag, 2005
- [11] PECH, Anton; PÖHN, Christian:  
**Bauphysik**  
Reihe: Baukonstruktionen, Bd.1, Hrsg. PECH, Anton  
Wien: Springer-Verlag, 2004
- [12] PÖHN, Christian; PECH, Anton; BEDNAR, Thomas; STREICHER, Wolfgang:  
**Bauphysik – Erweiterung 1: Energieeinsparung und Wärmeschutz, Energieausweis – Gesamtenergieeffizienz**  
Reihe: Baukonstruktionen, Bd.1/1, Hrsg. PECH, Anton  
Wien: Springer-Verlag, 2007
- [13] PUCHE, Manfred:  
**Mängel an Gebäude- und Bauteiloberflächen**  
Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & CO. KG, 2007
- [14] RIEDEL, Werner; OBERHAUS, Heribert; FRÖSSEL, Frank; HAEGELE, Wolfgang:  
**Wärmedämm-Verbundsysteme – Von der Thermohaut bis zur transparenten Wärmedämmung**  
Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2007  
© by Baulino Verlag, 2007

**Gesetze und Richtlinien:**

- [15] Anhang zur Richtlinie der Güteschutzgemeinschaft WDVS-Fachbetrieb  
**Verarbeitungs- und Ausführungshinweise für WDVS – Standarddetails für die Ausführung**  
Wien: Güteschutzgemeinschaft WDVS-Fachbetrieb, 14. März 2004
- [16] Bauordnung für Wien:  
**Wiener Stadtentwicklungs-, Stadtplanungs- und Baugesetzbuch (BO für Wien)**  
Wien: 2003
- [17] Bauproduktenrichtlinie:  
**Richtlinie 89/106/EWG zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten über Bauprodukte**  
1988-12-21
- [18] Bundesgesetzblatt 55:  
**Bundesgesetz über das Inverkehrbringen von Bauprodukten und den freien Warenverkehr mit diesen (Bauproduktegesetz – BauPG)**  
Republik Österreich: 1997-05-23
- [19] Bundesgesetzblatt 137:  
**Energieausweis-Vorlage-Gesetz (EAVG)**  
Republik Österreich: 2006-08-03
- [20] EPBD-Richtlinie:  
**Richtlinie 2002/91/EG über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden**  
Europäisches Parlament, 2002-12-16
- [21] ETAG 004  
**Leitlinie für die europäische technische Zulassung für außenseitige Wärmedämm-Verbundsysteme mit Putzschicht**  
Brüssel: Europäische Organisation für technische Zulassungen, März 2000
- [22] ETAG 014  
**Leitlinie für die europäische technische Zulassung für Kunststoffdübel zur Befestigung von außenseitigen Wärmedämm-Verbundsystemen mit Putzschicht**  
Brüssel: Europäische Organisation für technische Zulassungen, Jänner 2002
- [23] Landesgesetzblatt 30 idF LGBl. 71:  
**Gesetz über Bauprodukte und die Akkreditierung von Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstellen für Bauprodukte in Wien (Wiener Bauprodukten- und Akkreditierungsgesetz - WBAG)**  
Wien: 1996/2001
- [24] Leistungsbeschreibung Hochbau Leistungsgruppe 44  
**Wärmedämmverbundsysteme**
- [25] MA 37 – B 272/2004  
**Wärmedämmverbundsysteme, Dämmstoffdicke mehr als 10 cm**  
Wien: Magistratsabteilung 37, Baupolizei – Gruppe B, 29. November 2004
- [26] OIB-Richtlinie 1  
**Mechanische Festigkeit und Standsicherheit**  
Wien: Österreichisches Institut für Bautechnik, 2007-04-25

- [27] OIB-Richtlinie 2  
**Brandschutz**  
Wien: Österreichisches Institut für Bautechnik, 2007-04-25
- [28] OIB-Richtlinie 3  
**Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz**  
Wien: Österreichisches Institut für Bautechnik, 2007-04-25
- [29] OIB-Richtlinie 4  
**Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit**  
Wien: Österreichisches Institut für Bautechnik, 2007-04-25
- [30] OIB-Richtlinie 5  
**Schallschutz**  
Wien: Österreichisches Institut für Bautechnik, 2007-04-25
- [31] OIB-Richtlinie 6  
**Energieeinsparung und Wärmeschutz**  
Wien: Österreichisches Institut für Bautechnik, 2007-04-25

**Normen:**

- [32] DIN 18515-1  
**Außenwandbekleidungen – Angemörtelte Fliesen oder Platten, Grundsätze für Planung und Ausführung**  
Berlin: Deutsches Institut für Normung, 1998-08
- [33] ÖNORM B 2259  
**Herstellung von Außenwand-Wärmedämmverbundsystemen – Werkvertragsnorm**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 1999-05-01
- [34] ÖNORM B 3355-1  
**Trockenlegung von feuchtem Mauerwerk, Bauwerksdiagnostik und Planungsgrundlagen**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2006-03-01
- [35] ÖNORM B 3800-4  
**Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Bauteile: Einreihung in die Brandwiderstandsklassen**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2000-05-01
- [36] ÖNORM B 3800-5  
**Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 5: Brandverhalten von Fassaden – Anforderungen, Prüfungen und Beurteilungen**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2004-05-01
- [37] ÖNORM B 3806  
**Anforderungen an das Brandverhalten von Bauprodukten (Baustoffen) – VORNORM**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2005-07-01
- [38] ÖNORM B 4014-1  
**Belastungsannahmen im Bauwesen – Statische Windwirkungen (nicht schwingungsanfälliger Bauwerke)**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 1993-05-01
- [39] ÖNORM B 5320  
**Bauanschlussfuge für Fenster, Fenstertüren und Türen in Außenbauteilen, Grundlagen für Planung und Ausführung**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2006-09-01
- [40] ÖNORM B 6000  
**Werkmäßig hergestellte Dämmstoffe für den Wärme- und/oder Schallschutz im Hochbau – Arten und Anwendung**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2003-02-01
- [41] ÖNORM B 6021  
**Dämmstoffe für den Wärme- und/oder Schallschutz im Hochbau – Holzwolle-Dämmplatten WW und Holzwolle-Mehrschicht-Dämmplatten WW-C**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2003-07-01
- [42] ÖNORM B 6022  
**Dämmstoffe für den Wärme- und/oder Schallschutz im Hochbau – Holzspan-Dämmplatten WS und Holzspan-Mehrschicht-Dämmplatten**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2000-11-01

- [43] ÖNORM B 6035  
**Dämmstoffe für den Wärme- und/oder Schallschutz im Hochbau – Gebundene Mineralwolle MW**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2000-11-01
- [44] ÖNORM B 6050  
**Dämmstoffe für den Wärme- und/oder Schallschutz im Hochbau – Expandierter Polystyrol-Partikelschaumstoff EPS**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2003-07-01
- [45] ÖNORM B 6110  
**Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme aus expandiertem Polystyrol-Partikelschaumstoff EPS-F und Deckschichte**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut
- [46] ÖNORM B 6121  
**Kleber (Klebemörtel) für Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut
- [47] ÖNORM B 6122  
**Textilglasgitter für Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut
- [48] ÖNORM B 6124  
**Dübel für Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2007-12-01
- [49] ÖNORM B 6135  
**Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme aus Mineralwolle-Dämmplatten MW-PT und Deckschichte**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut
- [50] ÖNORM B 6400  
**Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme – Anwendung**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2004-08-01
- [51] ÖNORM B 6410  
**Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme – Verarbeitung**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2004-08-01
- [52] ÖNORM B 8110-1  
**Wärmeschutz im Hochbau – Teil 1: Anforderungen an den Wärmeschutz und Deklaration des Wärmeschutzes von Gebäuden/Gebäudeteilen – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2008-01-01
- [53] ÖNORM B 8110-2  
**Wärmeschutz im Hochbau – Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationschutz**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2003-07-01
- [54] ÖNORM B 8110-3  
**Wärmeschutz im Hochbau – Teil 3: Wärmespeicherung und Sonneneinflüsse**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 1999-12-01

- [55] ÖNORM B 8115-2  
**Schallschutz und Raumakustik im Hochbau – Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2006-12-01
- [56] ÖNORM B 8115-4  
**Schallschutz und Raumakustik im Hochbau – Teil 4: Maßnahmen zur Erfüllung der schalltechnischen Anforderungen**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2003-09-01
- [57] ÖNORM DIN 18202  
**Toleranzen im Hochbau – Bauwerke**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 1998-02-01
- [58] ÖNORM EN 12354-1  
**Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2000-11-01
- [59] ÖNORM EN 13494  
**Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Haftzugfestigkeit zwischen Klebemasse/Klebemörtel und Wärmedämmstoff sowie zwischen Unterputz und Wärmedämmstoff**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2003-03-01
- [60] ÖNORM EN 13495  
**Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Abreißfestigkeit von außenseitigen Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS) (Schaumblock-Verfahren)**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2003-03-01
- [61] ÖNORM EN 13496  
**Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der mechanischen Eigenschaften von Glasfasergewebe**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2003-03-01
- [62] ÖNORM EN 13497  
**Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Schlagfestigkeit von außenseitigen Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS)**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2003-03-01
- [63] ÖNORM EN 13498  
**Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung des Eindringwiderstandes von außenseitigen Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS)**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2003-03-01
- [64] ÖNORM EN 13499  
**Wärmedämmstoffe für Gebäude – Außenseitige Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) aus expandiertem Polystyrol – Spezifikation**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2004-02-01
- [65] ÖNORM EN 13500  
**Wärmedämmstoffe für Gebäude – Außenseitige Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) aus Mineralwolle – Spezifikation**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2004-02-01

- [66] ÖNORM EN 13501-1  
**Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten**  
Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2007-05-01
- [67] RVS 13.61/13.62  
**Instandsetzung von Kunstbauten**  
Wien: Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr, 1995-07-20

**Internet:**

- [68] AIGNER, Christian (Werbeagentur):  
**BAUDIRWAS.at - Alles zum Thema Haus – das Internetportal für Bauen, Wohnen, Energiesparen!**  
[www.baudirwas.at](http://www.baudirwas.at), 28.07.2008
- [69] BAUER, C.O.:  
**Notwendiges Wissen vom Recht für Prüferingenieure**  
[www.doku.net/artikel/notwendige.htm](http://www.doku.net/artikel/notwendige.htm), 27.05.2003
- [70] BAUMIT Baustoffe GmbH:  
**Baumit Baustoffe**  
[www.baumit.com](http://www.baumit.com), 26.09.2008
- [71] BauPraxis®:  
**Bauherren-Portal und Info-Magazin**  
[www.baupraxis.de](http://www.baupraxis.de), 24.10.2008
- [72] Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V.:  
**VIP-Bau.de – Evakuierte Wärmedämmung im Bauwesen**  
[www.vip-bau.de](http://www.vip-bau.de), 27.08.2008
- [73] Bundeskanzleramt der Republik Österreich:  
**Bundeskanzleramt : Rechtsinformationssystem**  
[www.ris2.bka.gv.at](http://www.ris2.bka.gv.at), 26.09.2008
- [74] Ceramika Nowa Gala S.A.:  
**Feinsteinzeugprodukte**  
[www.nowa-gala.com.pl](http://www.nowa-gala.com.pl), 26.09.2008
- [75] EOTA - European Organisation for Technical Approvals:  
**Europäische Zulassungsbehörde**  
[www.eota.be](http://www.eota.be), 06.08.2008
- [76] Fachinformationszentrum Chemie GmbH:  
**Brandverhalten**  
[www.chemgapedia.de](http://www.chemgapedia.de), 24.10.2008
- [77] Fachverband der Holzindustrie / Berufsgruppe Bau:  
**Der interaktive Bauteilkatalog**  
[www.dataholz.com](http://www.dataholz.com), 03.10.2008
- [78] Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme e.V.:  
**So funktionieren Wärmedämm-Verbundsysteme**  
[www.heizkosten-einsparen.de](http://www.heizkosten-einsparen.de), 27.08.2008
- [79] Güteschutzgemeinschaft WDVS-Fachbetrieb:  
**Verarbeitungs- und Ausführungshinweise für WDVS**  
[www.wdvsfachbetrieb.at](http://www.wdvsfachbetrieb.at), 21.09.2008
- [80] HALFEN-DEHA Vertriebsgesellschaft mbH:  
**Halfen-Deha Fassadensysteme**  
[www.halfen-deha.de](http://www.halfen-deha.de), 26.08.2008

- [81] ISOKLINKER Produktions GmbH:  
**Vollwärmeschutz mit Platten- und Ecksystem**  
[www.isoklinker.de](http://www.isoklinker.de), 27.10.2008
- [82] KNAUF INSULATION GmbH & Co. KG:  
**Heraklith Holzwolleplatten**  
[www.knaufinsulation.at](http://www.knaufinsulation.at), 23.09.2008
- [83] MOEDING Keramikfassaden GmbH:  
**Moeding Keramikfassaden**  
[www.moeding.de](http://www.moeding.de), 26.08.2008
- [84] MUREXIN AG:  
**Murexin Fliesenverlegetechnik**  
[www.murexin.at](http://www.murexin.at), 26.09.2008
- [85] NOWOTKA, Frank:  
**heiz-tipp.de - onlineratgeber**  
[www.heiz-tipp.de](http://www.heiz-tipp.de), 27.08.2008
- [86] OIB - Österreichisches Institut für Bautechnik:  
**Umsetzung der Bauproduktenrichtlinie**  
[www.oib.or.at](http://www.oib.or.at), 21.09.2008
- [87] ON – Österreichisches Normungsinstitut:  
**Ö-Normen**  
[www.on-norm.at](http://www.on-norm.at), 21.09.2008
- [88] PITTSBURGH CORNING Österreich Ges.m.b.H.:  
**Foamglas Wärmedämmung**  
[www.foamglas.at](http://www.foamglas.at), 30.09.2008
- [89] RENOWALL GmbH:  
**WDV-Klinkersystem mit Dämmplatten mit Fugenleitsystem**  
[www.renowall.de](http://www.renowall.de), 27.08.2008
- [90] STO Ges.m.b.H.:  
**Baustoffe**  
[www.sto.at](http://www.sto.at), 23.09.2008
- [91] va-Q-tec AG:  
**Vakuum Isolationen**  
[www.va-q-tec.com](http://www.va-q-tec.com), 23.09.2008
- [92] WIENERBERGER AG, ARGETON GmbH:  
**Argeton Ziegelplattenfassade**  
[www.argeton.de](http://www.argeton.de), 27.08.2008
- [93] WIKIPEDIA, Die freie Enzyklopädie:  
**Themen unter Stichwort**  
[de.wikipedia.org](http://de.wikipedia.org), 28.07.2008
- [94] WOPFINGER Baustoffindustrie GmbH:  
**Wopfinger Baustoffe**  
[www.wopfinger.at](http://www.wopfinger.at), 26.09.2008

**Weitere:**

[WF] WASCHAUREK, Florian:

**Autor der Diplomarbeit**

Sämtliche an dieser Stelle angeführten Fotos, Abbildungen und Tabellen wurden vom Autor selbst erstellt. Alle Rechte für diese Abbildungen liegen beim Autor.



## **Abbildungsverzeichnis**

Abb. 3.2-1: Einschalige Außenwand[68].....	10
Abb. 3.2-2: Wärmedämmverbundsystem (WDVS)[68].....	12
Abb. 3.2-3: Hinterlüftete Vormauerung[68].....	12
Abb. 3.2-4: Verblendmauerwerk[68].....	13
Abb. 3.2-5: Vorhangfassade[68].....	13
Abb. 3.3-1: Sichtmauerwerk[93].....	15
Abb. 3.3-2: L-Verblendmauerwerk[93].....	15
Abb. 3.3-3: Abfangung der Verblendschale[80].....	16
Abb. 3.3-4: Konsolanker[80].....	16
Abb. 3.3-5: Verblendmauerwerk[80].....	16
Abb. 3.3-6: Body Anker[80].....	17
Abb. 3.3-7: Natursteinmauerwerk[80].....	17
Abb. 3.3-8: Unterkonstruktion[80].....	18
Abb. 3.3-9: Einmörtelanker[80].....	18
Abb. 3.3-10: Natursteinverankerung[80].....	18
Abb. 3.3-11: Fassadenplattenanker[80].....	19
Abb. 3.3-12: Betonfassade[80].....	19
Abb. 3.3-13: Manschettenverbundanker[80].....	19
Abb. 3.3-14: Betonfassade[80].....	19
Abb. 3.3-15: Sandwichplattenanker[80].....	20
Abb. 3.3-16: Betonfassade[80].....	20
Abb. 3.3-17: Alphaton® Fassadensystem[83].....	21
Abb. 3.3-18: Longoton® Ziegelplatten[83].....	22
Abb. 3.3-19: Argeton Fassadensystem[92].....	22
Abb. 3.3-20: Argeton Ziegelplatte[WF].....	23
Abb. 3.3-21: WDVS Aufbau[78].....	23
Abb. 3.3-22: Doppelte Armierung[WF].....	24
Abb. 3.4-1: Sichtmauerwerk einschalig[WF].....	26
Abb. 3.4-2: Verblendmauerwerk einschalig[WF].....	26
Abb. 3.4-3: Verblendmauerwerk zweischalig kerngedämmt[WF].....	26
Abb. 3.4-4: Verblendmauerwerk zweischalig hinterlüftet[WF].....	27
Abb. 3.4-5: Vorhangfassade mit Stahlbetonplatten[WF].....	27
Abb. 3.4-6: Vorhangfassade mit Marmorplatten[WF].....	27
Abb. 3.4-7: Vorhangfassade mit Ziegelplatten[WF], [92].....	28
Abb. 3.4-8: WDVS mit verputzter Oberfläche[WF].....	28

Abb. 3.4-9: WDVS mit Flachverblendern[WF] .....	28
Abb. 4.2-1: Derzeitig für den Hochbau CE-kennzeichnungspflichtige Bauprodukte[86].....	34
Abb. 4.3-1: Ein Stück EPS[93] .....	38
Abb. 4.3-2: XPS-Wärmedämmplatten[68].....	39
Abb. 4.3-3: verschiedene Mineralwolleprodukte[68] .....	39
Abb. 4.3-4: Holzwolle-Leichtbauplatte[82] .....	40
Abb. 4.3-5: Schaumglasplatte[88].....	41
Abb. 4.3-6: Porenbetonsteine[68] .....	41
Abb. 4.3-7: Korkdämmung an Außenwand[68].....	42
Abb. 4.3-8: Aufbau eines VIP[90].....	43
Abb. 4.3-9: Vakuumisolationspaneel[91] .....	43
Abb. 4.5-1: Verklebtes WDVS[3].....	44
Abb. 4.5-2: Verklebt und verdübeltes WDVS[3].....	45
Abb. 4.5-3: Dämmstoff Rondelle MW und EPS[70] .....	46
Abb. 4.5-4: Verankertes WDVS[3] .....	47
Abb. 4.6-1: Einbetten des Armierungsgewebes[14].....	48
Abb. 4.7-1: Produktpalette von Klinker-Riemchen[89] .....	49
Abb. 4.7-2: Keramische Fliesen auf Trägerpapier[WF].....	49
Abb. 4.7-3: Flachverblender[14].....	49
Abb. 4.7-4: Floating-Buttering-Verfahren[89] .....	51
Abb. 4.7-5: Kellenverfugung[14] .....	51
Abb. 5.4-1: ÜA-Einbauzeichen[86].....	55
Abb. 5.4-2: CE-Kennzeichen[86] .....	56
Abb. 6.1-1: A1 - Stahlbeton / Silikatputz[WF].....	62
Abb. 6.1-2: A2 - Stahlbeton / Flachverblender[WF] .....	62
Abb. 6.1-3: B1 - Mauerwerk / Silikatputz[WF] .....	63
Abb. 6.1-4: B2 - Mauerwerk / Flachverblender[WF].....	63
Abb. 6.1-5: C1 - Holzständerwand / Silikatputz[WF].....	64
Abb. 6.1-6: C2 - Holzständerwand / Flachverblender[WF] .....	64
Abb. 6.2-1: WDVS unverformt[WF].....	69
Abb. 6.2-2: WDVS verformt[WF].....	69
Abb. 6.2-3: Stauchung von Fugen aufgrund Ausdehnung der Keramik[14] .....	70
Abb. 6.2-4: Klaffender Riss durch Verlust des Haftverbunds Keramik-Mörtel[14] .....	70
Abb. 6.2-5: seitlich versetzter Riss durch Fuge und Eckverblender[7] .....	71
Abb. 6.2-6: Riss entlang Hauskante[3] .....	71
Abb. 6.2-7: Riss aufgrund „falscher“ Dehnungsfuge[14].....	71
Abb. 6.5-1: A1 - IR-Darstellung[WF] .....	81

---

Abb. 6.5-2: A1 - Isothermen[WF] .....	81
Abb. 6.5-3: A1 - Wärmefluss[WF] .....	81
Abb. 6.5-4: A2 - IR-Darstellung[WF] .....	82
Abb. 6.5-5: A2 - Isothermen[WF] .....	82
Abb. 6.5-6: A2 - Wärmefluss[WF] .....	82
Abb. 6.5-7: B1 - IR-Darstellung[WF] .....	83
Abb. 6.5-8: B1 - Isothermen[WF] .....	83
Abb. 6.5-9: B1 - Wärmefluss[WF] .....	83
Abb. 6.5-10: B2 - IR-Darstellung[WF] .....	84
Abb. 6.5-11: B2 - Isothermen[WF] .....	84
Abb. 6.5-12: B2 - Wärmefluss[WF] .....	84
Abb. 6.5-13: C1 - IR-Darstellung[WF] .....	85
Abb. 6.5-14: C1 - Isothermen[WF] .....	85
Abb. 6.5-15: C1 - Wärmefluss[WF] .....	85
Abb. 6.5-16: C2 - IR-Darstellung[WF] .....	86
Abb. 6.5-17: C2 - Isothermen[WF] .....	86
Abb. 6.5-18: C2 - Wärmefluss[WF] .....	86
Abb. 6.6-1: Wassergehalt von Wandaufbau A1[WF] .....	93
Abb. 6.6-2: Wassergehalt von Wandaufbau A2[WF] .....	95
Abb. 6.6-3: Wassergehalt von Wandaufbau B1[WF] .....	96
Abb. 6.6-4: Wassergehalt von Wandaufbau B2[WF] .....	97
Abb. 6.6-5: Wassergehalt von Wandaufbau C1[WF] .....	98
Abb. 6.6-6: Wassergehalt von Wandaufbau C2[WF] .....	99
Abb. 6.6-7: Vergleich von Wassergehalt und relativer Feuchte aller Wandaufbauten[WF] ..	101
Abb. 7.2-1: System Sto[90] .....	103
Abb. 7.2-2: Von oben streifenweise, zwischen den Höhenmarkierungen, nach unten[90] ..	104
Abb. 7.3-1: WDVS mit keramischer Bekleidung[90] .....	104
Abb. 7.3-2: System Wopfinger[WF] .....	105
Abb. 7.4-1: System Renowall[89] .....	105
Abb. 7.5-1: System Isoklinker[81] .....	106
Abb. 7.5-2: Dübel-Befestigungshülse[81] .....	106



---

**Tabellenverzeichnis**

Tab. 3.4-1: Vergleichsmatrix[WF] .....	29
Tab. 4.1-1: Begriffliche Einordnung der TechnikklauseIn[13] .....	32
Tab. 6.1-1: Übersicht der Wandaufbauten[WF] .....	65



## **ANHÄNGE**



## Anhang A

e-Mail aus dem Büro der EOTA[75]

**Waschaurek Florian**

---

**Von:** P Caluwaerts [pcaluwaerts@eota.eu]  
**Gesendet:** Mittwoch, 06. August 2008 15:03  
**An:** flowasch@gmx.at  
**Betreff:** RE: Contact Form EOTA website

Dear Mr Waschaurek,

This item has indeed not (yet) been handled as a separate part of the ETAG 004. Nevertheless an assessment method has already been developed by the Approval Bodies for this type of systems on demand of particular applicants. Given the confidential nature of the demand, we recommend you to take contact with one of our members e.g. the Austrian one, OIB, to get the details of the assessment methods agreed jointly by the Approval Bodies, which could then possibly also serve as the basis for the assessment of your product and the issuing of the relevant ETA. E-mail address of OIB: [mail@oib.or.at](mailto:mail@oib.or.at)

Hope this helps you further.  
 Meanwhile  
 Best regards

Paul Caluwaerts  
 EOTA SG

---

**From:** EOTA Website [mailto:info@eota.eu]  
**Sent:** vrijdag 1 augustus 2008 15:19  
**To:** Info Eota  
**Subject:** Contact Form EOTA website

**naam:** WASCHAUREK  
**voornaam:** Florian  
**bedrijf:** Dipl.-Ing. Wilhelm Sedlak G.m.b.H.  
**straat:** Quellenstraße  
**nummer:** 163  
**postcode:** 1100  
**gemeente:** Vienna  
**land:** Austria  
**tel:** -----  
**fax:**  
**e-mail:** flowasch@gmx.at

**Mededeling:** Sehr geehrte Herrschaften! In der ETAG 004 steht unter Punkt 2.1 Geltungsbereich: "Systeme mit anderen Bekleidungen wie z.B. Riemchen oder Fliesen werden in weiteren Teilen der Leitlinie behandelt." Nach genauerer Suche musste ich aber feststellen, dass ich dazu nichts finde. Es geht mir um die Klinker-Riemchen als Deckschicht von WDV-Systemen. Könnten Sie mir da vielleicht weiterhelfen, wie ich an die dazugehörigen Informationen komme? Ich wäre Ihnen zu äußerstem Dank verpflichtet. Hochachtungsvoll Florian WASCHAUREK Hello There! In ETAG 004 is written under 2.1 Scope: "Systems using other facings such as brick slips or tiles will be dealt with in subsequent parts." I was searching for more information, but couldn't find it sadly. I'm looking especially for brick-slips as facing for etic-systems. Could you please help me get the right informations to this point? With regards Florian WASCHAUREK



## Anhang B

U-Wert-Berechnungen[WF]

<b>Berechnung U-Wert</b>				
<b>Bauteilbezeichnung:</b> WDVS-Beton-Putz		<b>Bauteilnr.:</b>	<b>A1</b>	
<b>U<sub>vorh</sub></b>		0,30	Nachweis erbracht O nicht erbracht O	
<b>U<sub>zul</sub> lt. WBO</b>		0,35		
Schicht	d <sub>i</sub>	λ <sub>i</sub>	R <sub>Tj</sub> = d <sub>i</sub> /λ <sub>i</sub>	
	Dicke	Wärmeleitfähigkeit	Wärmedurchgangsw.	
	[m]	[W/(m*K)]	[m <sup>2</sup> *K/W]	
1	Silikatputz	0,003	0,7	0,004
2	Klebspachtel mit Textilglasgitter	0,005	0,5	0,010
3	EPS-F (gedübelt)	0,120	0,04	3,000
4	Klebspachtel	0,005	0,5	0,010
5	Stahlbeton	0,200	2,1	0,095
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20	Wärmeübergangswiderstand R <sub>s,i</sub> + R <sub>s,e</sub>			0,17
$\sum d_i = 0,333$		$1/U = R_{si} + \sum R_{Tj} + R_{se}$		3,29
		<b>U<sub>vorh</sub> =</b>		<b>0,30</b>

# Berechnung U-Wert

<b>Bauteilbezeichnung:</b> WDVS-Beton-Klinker		<b>Bauteilnr.:</b> A2	
<b>U<sub>vorh</sub></b>		0,30	Nachweis erbracht O nicht erbracht O
<b>U<sub>zul</sub> lt. WBO</b>		0,35	
Schicht	d <sub>i</sub>	λ <sub>i</sub>	R <sub>Tj</sub> = d <sub>i</sub> /λ <sub>i</sub>
	Dicke	Wärmeleitzahl	Wärmedurchgangsw.
	[m]	[W/(m*K)]	[m²*K/W]
1	Flachverblender - 84%	0,013	0,7
2	Fugenmörtel 10mm - 16% > 6%	0,002	0,87
3	Klebemörtel	0,005	0,87
4	Klebespachtel m. Textilglasgitter 2-lagig	0,005	0,5
5	EPS-F (gedübelt)	0,120	0,04
6	Klebespachtel	0,005	0,5
7	Stahlbeton	0,200	2,1
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20	Wärmeübergangswiderstand R <sub>s,i</sub> + R <sub>s,e</sub>		0,17
$\sum d_j = 0,35$		$1/U = R_{s,i} + \sum R_{Tj} + R_{s,e}$ $= 3,31$	
		<b>U<sub>vorh</sub> = 0,30</b>	

# Berechnung U-Wert

<b>Bauteilbezeichnung:</b> WDVS-Ziegel-Putz		<b>Bauteilnr.:</b> B1		
<b>U<sub>vorh</sub></b>		0,31	Nachweis erbracht O nicht erbracht O	
<b>U<sub>zul</sub> lt. WBO</b>		0,35		
Schicht	d <sub>i</sub>	λ <sub>i</sub>	R <sub>Tj</sub> = d <sub>i</sub> /λ <sub>i</sub>	
	Dicke	Wärmeleitfähigkeit	Wärmedurchgangsw.	
	[m]	[W/(m*K)]	[m²*K/W]	
1	Silikatputz	0,003	0,7	0,004
2	Klebspachtel mit Textilglasgitter	0,005	0,5	0,010
3	EPS-F (gedübelt)	0,080	0,04	2,000
4	Klebspachtel	0,005	0,5	0,010
5	Hochlochziegel (Plan i.Dünnbettmörtel)	0,250	0,238	1,050
6	Glättputz	0,015	0,6	0,025
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20	Wärmeübergangswiderstand R <sub>s,i</sub> + R <sub>s,e</sub>			0,17
$\sum d_i = 0,358$		$1/U = R_{s,i} + \sum R_{Tj} + R_{s,e}$ $=$		3,27
<b>U<sub>vorh</sub> =</b>			<b>0,31</b>	

# Berechnung U-Wert

<b>Bauteilbezeichnung:</b> WDVS-Ziegel-Klinker		<b>Bauteilnr.:</b> B2	
<b>U<sub>vorh</sub></b>		0,30	Nachweis erbracht O nicht erbracht O
<b>U<sub>zul</sub> lt. WBO</b>		0,35	
Schicht	d <sub>i</sub>	λ <sub>i</sub>	R <sub>Tj</sub> = d <sub>i</sub> /λ <sub>i</sub>
	Dicke	Wärmeleitzahl	Wärmedurchgangsw.
	[m]	[W/(m*K)]	[m²*K/W]
1	Flachverblender - 84%	0,013	0,7
2	Fugenmörtel 10mm - 16% > 6%	0,002	0,87
3	Klebemörtel	0,005	0,87
4	Klebespachtel m. Textilglasgitter 2-lagig	0,005	0,5
5	EPS-F (gedübelt)	0,080	0,04
6	Klebespachtel	0,005	0,5
7	Hochlochziegel (Plan i. Dünnbettmörtel)	0,250	0,238
8	Glättputz	0,015	0,6
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20	Wärmeübergangswiderstand R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub>		0,17
$\sum d_j = 0,375$		$1/U = R_{si} + \sum R_{Tj} + R_{se}$ $= 3,29$	
		<b>U<sub>vorh</sub> = 0,30</b>	

<h1>Berechnung U-Wert</h1>				
Bauteilbezeichnung: <b>WDVS-HolzLB-Putz</b>		Bauteilnr.: <b>C1</b>		
<b>U<sub>vorh</sub></b>		0,23		
<b>U<sub>zul</sub> lt. WBO</b>		0,35		
Schicht	d <sub>i</sub>	λ <sub>i</sub>	R <sub>Tj</sub> = d <sub>i</sub> /λ <sub>i</sub>	
	Dicke [m]	Wärmeleitzahl [W/(m*K)]	Wärmedurchgangsw. [m²*K/W]	
1	Silikatputz	0,003	0,7	0,004
2	Klebspachtel mit Textilglasgitter	0,005	0,5	0,010
3	EPS-F (gedübelt)	0,040	0,04	1,000
4	Suprakleber	0,005	0,8	0,006
5	OSB-Platte	0,012	0,13	0,092
6	Vollholzsteher (60/120, e=625mm) 10%	0,012	0,11	0,109
7	MW-W dazwischen - 90%	0,108	0,04	2,700
8	OSB-Platte	0,015	0,13	0,115
9	Dampfbremse (sd > 23 m)			
10	Gipskartonplatte GKF	0,013	0,21	0,060
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20	Wärmeübergangswiderstand R <sub>s,i</sub> + R <sub>s,e</sub>			0,17
$\sum d_i = 0,2125$		$1/U = R_{s,i} + \sum R_{Tj} + R_{s,e}$ =		4,27
<b>U<sub>vorh</sub> =</b>			<b>0,23</b>	

# Berechnung U-Wert

<b>Bauteilbezeichnung:</b> WDVS-HolzLB-Klinker		<b>Bauteilnr.:</b> C2		
<b>U<sub>vorh</sub></b>		0,23	Nachweis erbracht O nicht erbracht O	
<b>U<sub>zul</sub> lt. WBO</b>		0,35		
Schicht	d <sub>i</sub>	λ <sub>i</sub>	R <sub>Tj</sub> = d <sub>i</sub> /λ <sub>i</sub>	
	Dicke	Wärmeleitzahl	Wärmedurchgangsw.	
	[m]	[W/(m*K)]	[m²*K/W]	
1	Flachverblender - 84%	0,013	0,7	0,018
2	Fugenmörtel 10mm - 16% > 6%	0,002	0,87	0,003
3	Klebemörtel	0,005	0,87	0,006
4	Klebespachtel m. Textilglasgitter 2-lagig	0,005	0,5	0,010
5	EPS-F (gedübelt)	0,040	0,04	1,000
6	Suprakleber	0,005	0,8	0,006
7	OSB-Platte	0,012	0,13	0,092
8	Vollholzsteher (60/120, e=625mm) 10%	0,012	0,11	0,109
9	MW-W dazwischen - 90%	0,108	0,04	2,700
10	OSB-Platte	0,015	0,13	0,115
11	Dampfbremse (sd > 23 m)			
12	Gipskartonplatte GKF	0,013	0,21	0,060
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20	Wärmeübergangswiderstand R <sub>s,i</sub> + R <sub>s,e</sub>			0,17
$\sum d_i = 0,2295$		$1/U = R_{si} + \sum R_{Tj} + R_{se}$ $=$		4,29
			<b>U<sub>vorh</sub> =</b>	<b>0,23</b>

## Anhang C

Schallschutz-Nachweise[WF]

<b>Nachweis des Schallschutzes</b>					
<b>Luftschallschutz nach ÖN EN 12354-1</b>					
<b>Objekt:</b>		<b>Verfasser der Unterlagen:</b>			
<b>Bauteilbezeichnung: WDVS-Beton-Putz</b>		<b>Bauteil Nr.: A1</b>			
<b>Bewertetes Bauschalldämm-Maß</b> lt. WBO		<b>Rw</b>	<b>61</b>	<b>[dB]</b>	
		mindestens	<b>43</b>	<b>[dB]</b>	
<b>Konstruktionsaufbau und Berechnung</b>					
Baustoffschichten		d	r	r*d	s'
von oben nach unten/von außen nach innen		Dicke	Dichte	Flächengew.	dyn. Steifigkeit
Nr.	Bezeichnung	[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[MN/m <sup>2</sup> ]
1	Silikatputz	0,003	1800	5,4	
2	Klebespachtel mit Textilglasgitter	0,005	1200	6	
3	EPS-F (gedübelt)	0,12	18	2,16	10
4	Klebespachtel	0,005	1200	6	
5	Stahlbeton	0,20	2400	480	
6					
7					
8					
9					
10					
Dicke des Bauteils		0,333			
Flächenbezogene Masse m' des Bauteils				499,56	[kg/m <sup>2</sup> ]
Dynamische Steifigkeit (Dämmung)				10	[MN/m <sup>2</sup> ]
Flächenbezogene Masse m' der biegesteifen Schale			m <sub>1</sub> '	480	[kg/m <sup>2</sup> ]
Flächenbezogene Masse m' der biegeweichen Schale			m <sub>2</sub> '	11,4	[kg/m <sup>2</sup> ]
Bew. Schalldämm-Maß der Masseschicht		$R_w = 32,4 \cdot \log m_1' - 26$		60,9	[dB]
Resonanzfrequenz f <sub>0</sub>		$f_0 = 160 \cdot \sqrt{s' \cdot (1/m_1' + 1/m_2')}$		152	[Hz]
Veränd. d. bew. Schalldämm-Maß DRw		ÖN EN 12354-1:2000 Tabelle D3 (Seite 44)		0	[dB]
<b>Gesamtes bewertetes Schalldämm-Maß</b>		$R_{w,gesamt} = R_w + DR_w$		60,9	[dB]
Anmerkung: ÖN EN 12354-1:2000 Tabelle D3 (Seite 44)					

## Nachweis des Schallschutzes

### Luftschallschutz nach ÖN EN 12354-1

<b>Objekt:</b>		<b>Verfasser der Unterlagen:</b>			
<b>Bauteilbezeichnung: WDV5-Beton-Klinker</b>		<b>Bauteil Nr.: A2</b>			
<b>Bewertetes Bauschalldämm-Maß</b> lt. WBO	<b>R<sub>w</sub></b>	<b>62</b>	[dB]		
	mindestens	<b>43</b>	[dB]		
<b>Konstruktionsaufbau und Berechnung</b>					
	<b>Baustoffschichten</b>	<b>d</b>	<b>r</b>	<b>r*d</b>	<b>s`</b>
	von oben nach unten/von außen nach innen	Dicke	Dichte	Flächengew.	dyn. Steifigkeit
Nr.	Bezeichnung	[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[MN/m <sup>2</sup> ]
1	Flachverblender - 84%	0,013	2000	25,2	
2	Fugenmörtel 10mm - 16% > 6%	0,002	1500	3,6	
3	Klebemörtel	0,005	1400	7	
4	Klebspachtel m. Textilglasgitter 2-lagig	0,005	1200	6	
5	EPS-F (gedübelt)	0,12	18	2,16	10
6	Klebspachtel	0,005	1200	6	
7	Stahlbeton	0,20	2400	480	
8					
9					
10					
Dicke des Bauteils		0,35			
Flächenbezogene Masse m` des Bauteils				529,96	[kg/m <sup>2</sup> ]
Dynamische Steifigkeit (Dämmung)				10	[MN/m <sup>2</sup> ]
Flächenbezogene Masse m` der biegesteifen Schale			m <sub>1</sub> `	480	[kg/m <sup>2</sup> ]
Flächenbezogene Masse m` der biegeweichen Schale			m <sub>2</sub> `	41,8	[kg/m <sup>2</sup> ]
Bew. Schalldämm-Maß der Masseschicht		<b>R<sub>w</sub> = 32,4*log m<sub>1</sub>` - 26</b>		60,9	[dB]
Resonanzfrequenz f <sub>0</sub>		f <sub>0</sub> = 160*√s`*(1/m <sub>1</sub> ` + 1/m <sub>2</sub> `)		81,6	[Hz]
Veränd. d. bew. Schalldämm-Maß <b>DR<sub>w</sub></b>		ÖN EN 12354-1:2000 Tabelle D3 (Seite 44)		1,4	[dB]
<b>Gesamtes bewertetes Schalldämm-Maß</b>		<b>R<sub>w,gesamt</sub> = R<sub>w</sub> + DR<sub>w</sub></b>		62,3	[dB]
Anmerkung: ÖN EN 12354-1:2000 Tabelle D3 (Seite 44)					

<b>Nachweis des Schallschutzes</b>					
<b>Luftschallschutz nach ÖN EN 12354-1</b>					
<b>Objekt:</b>			<b>Verfasser der Unterlagen:</b>		
<b>Bauteilbezeichnung: WDVS-Ziegel-Putz</b>			<b>Bauteil Nr.: B1</b>		
<b>Bewertetes Bauschalldämm-Maß</b> lt. WBO		<b>Rw</b>	<b>50</b>	<b>[dB]</b>	
		mindestens	<b>43</b>	<b>[dB]</b>	
<b>Konstruktionsaufbau und Berechnung</b>					
	<b>Baustoffschichten</b>	<b>d</b>	<b>r</b>	<b>r*d</b>	<b>s`</b>
	von oben nach unten/von außen nach innen	Dicke	Dichte	Flächengew.	dyn. Steifigkeit
Nr.	Bezeichnung	[m]	[kg/m³]	[kg/m²]	[MN/m²]
1	Silikatputz	0,003	1800	5,4	
2	Klebespachtel mit Textilglasgitter	0,005	1200	6	
3	EPS-F (gedübelt)	0,08	18	1,44	10
4	Klebespachtel	0,005	1200	6	
5	Hochlochziegel (Plan i. Dünnbettmörtel)	0,25	860	215	
6	Glättputz	0,015	1150	17,25	
7					
8					
9					
10					
Dicke des Bauteils		0,358			
Flächenbezogene Masse m` des Bauteils				251,09	[kg/m²]
Dynamische Steifigkeit (Dämmung)				10	[MN/m²]
Flächenbezogene Masse m` der biegesteifen Schale			m <sub>1</sub> `	215	[kg/m²]
Flächenbezogene Masse m` der biegeweichen Schale			m <sub>2</sub> `	11,4	[kg/m²]
Bew. Schalldämm-Maß der Masseschicht		$Rw = 32,4 * \log m_i` - 26$		49,6	[dB]
Resonanzfrequenz f <sub>0</sub>		$f_0 = 160 * \sqrt{s` * (1/m_1` + 1/m_2`)}$		154	[Hz]
Veränd. d. bew. Schalldämm-Maß <b>DRw</b>		ÖN EN 12354-1:2000 Tabelle D3 (Seite 44)		0	[dB]
<b>Gesamtes bewertetes Schalldämm-Maß</b>		$Rw_{gesamt} = Rw + DRw$		49,6	[dB]
Anmerkung: ÖN EN 12354-1:2000 Tabelle D3 (Seite 44)					

## Nachweis des Schallschutzes

### Luftschallschutz nach ÖN EN 12354-1

<b>Objekt:</b>		<b>Verfasser der Unterlagen:</b>			
<b>Bauteilbezeichnung: WDV5-Ziegel-Klinker</b>		<b>Bauteil Nr.: B2</b>			
<b>Bewertetes Bauschalldämm-Maß</b> lt. WBO		<b>R<sub>w</sub></b>	<b>51</b>	<b>[dB]</b>	
		mindestens	<b>43</b>	<b>[dB]</b>	
<b>Konstruktionsaufbau und Berechnung</b>					
	<b>Baustoffschichten</b>	<b>d</b>	<b>r</b>	<b>r*d</b>	<b>s`</b>
	von oben nach unten/von außen nach innen	Dicke	Dichte	Flächengew.	dyn. Steifigkeit
Nr.	Bezeichnung	[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[MN/m <sup>2</sup> ]
1	Flachverblender - 84%	0,013	2000	25,2	
2	Fugenmörtel 10mm - 16% > 6%	0,002	1500	3,6	
3	Klebemörtel	0,005	1400	7	
4	Klebspachtel m. Textilglasgitter 2-lagig	0,005	1200	6	
5	EPS-F (gedübelt)	0,08	18	1,44	10
6	Klebspachtel	0,005	1200	6	
7	Hochlochziegel (Plan i. Dünnbettmörtel)	0,25	860	215	
8	Glättputz	0,015	1150	17,25	
9					
10					
Dicke des Bauteils		0,375			
Flächenbezogene Masse m` des Bauteils				281,49	[kg/m <sup>2</sup> ]
Dynamische Steifigkeit (Dämmung)				10	[MN/m <sup>2</sup> ]
Flächenbezogene Masse m` der biegesteifen Schale			m <sub>1</sub> `	215	[kg/m <sup>2</sup> ]
Flächenbezogene Masse m` der biegeweichen Schale			m <sub>2</sub> `	41,8	[kg/m <sup>2</sup> ]
Bew. Schalldämm-Maß der Masseschicht		<b>R<sub>w</sub> = 32.4*log m<sub>1</sub>` - 26</b>		<b>49,6</b>	<b>[dB]</b>
Resonanzfrequenz f <sub>0</sub>		f <sub>0</sub> = 160*√s`*(1/m <sub>1</sub> ` + 1/m <sub>2</sub> `)		<b>85,5</b>	<b>[Hz]</b>
Veränd. d. bew. Schalldämm-Maß <b>DR<sub>w</sub></b>		ÖN EN 12354-1:2000 Tabelle D3 (Seite 44)		<b>1,4</b>	<b>[dB]</b>
<b>Gesamtes bewertetes Schalldämm-Maß</b>		<b>R<sub>w,gesamt</sub> = R<sub>w</sub> + DR<sub>w</sub></b>		<b>51,0</b>	<b>[dB]</b>
Anmerkung: ÖN EN 12354-1:2000 Tabelle D3 (Seite 44)					

<b>Nachweis des Schallschutzes</b> <b>Luftschallschutz nach ÖN EN 12354-1</b>					
<b>Objekt:</b>			<b>Verfasser der Unterlagen:</b>		
<b>Bauteilbezeichnung: WDVS-HolzLB-Putz</b>			<b>Bauteil Nr.: C1</b>		
<b>Bewertetes Bauschalldämm-Maß</b> lt. WBO		<b>Rw</b>	<b>43</b>	<b>[dB]</b>	
		mindestens	<b>43</b>	<b>[dB]</b>	
<b>Konstruktionsaufbau und Berechnung</b>					
	<b>Baustoffschichten</b>	<b>d</b>	<b>r</b>	<b>r*d</b>	<b>s`</b>
	von oben nach unten/von außen nach innen	Dicke	Dichte	Flächengew.	dyn.Steifigkeit
Nr.	Bezeichnung	[m]	[kg/m³]	[kg/m²]	[MN/m²]
1	Silikatputz	0,003	1800	5,4	
2	Klebespachtel mit Textilglasgitter	0,005	1200	6	
3	EPS-F (gedübelt)	0,04	18	0,72	
4	Suprakleber	0,005	1300	6,5	
5	OSB-Platte	0,012	680	8,16	
6	Vollholzsteher (60/120, e=625mm) 10%	0,012	400	4,8	
7	MW-W dazwischen - 90%	0,108	55	5,94	
8	OSB-Platte	0,015	680	10,2	
9	Dampfbremse (sd > 23 m)				
10	Gipskartonplatte GKF	0,013	900	11,25	
Dicke des Bauteils		0,213			
Flächenbezogene Masse m` des Bauteils				58,97	[kg/m²]
Dynamische Steifigkeit (Dämmung)					[MN/m²]
Flächenbezogene Masse m` der biegesteifen Schale			m <sub>1</sub> `		[kg/m²]
Flächenbezogene Masse m` der biegeweichen Schale			m <sub>2</sub> `		[kg/m²]
Bew. Schalldämm-Maß der Masseschicht		$Rw = 32.4 * \log m_1' - 26$			[dB]
Resonanzfrequenz f <sub>0</sub>		$f_0 = 160 * \sqrt{s' * (1/m_1' + 1/m_2')}$			[Hz]
Veränd. d. bew. Schalldämm-Maß DRw		ÖN EN 12354-1:2000 Tabelle D3 (Seite 44)			[dB]
<b>Gesamtes bewertetes Schalldämm-Maß</b>		$Rw_{gesamt} = Rw + DRw$			[dB]
Anmerkung: ÖN EN 12354-1:2000 Tabelle D3 (Seite 44)					

## Nachweis des Schallschutzes

### Luftschallschutz nach ÖN EN 12354-1

<b>Objekt:</b>		<b>Verfasser der Unterlagen:</b>			
<b>Bauteilbezeichnung: WDV5-HolzLB-Klinker</b>		<b>Bauteil Nr.: C2</b>			
<b>Bewertetes Bauschalldämm-Maß</b> lt. WBO	<b>R<sub>w</sub></b>	44	[dB]		
	mindestens	43	[dB]		
<b>Konstruktionsaufbau und Berechnung</b>					
	<b>Baustoffschichten</b>	<b>d</b>	<b>r</b>	<b>r*d</b>	<b>s`</b>
	von oben nach unten/von außen nach innen	Dicke	Dichte	Flächengew.	dyn.Steifigkeit
Nr.	Bezeichnung	[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[MN/m <sup>2</sup> ]
1	Flachverblender - 84%	0,013	2000	25,2	
2	Fugenmörtel 10mm - 16% > 6%	0,002	1500	3,6	
3	Klebmörtel	0,005	1400	7	
4	Klebespachtel m. Textilglasgitter 2-lagig	0,005	1200	6	
5	EPS-F (gedübelt)	0,04	18	0,72	
6	Suprakleber	0,005	1300	6,5	
7	OSB-Platte	0,012	680	8,16	
8	Vollholzsteher (60/120, e=625mm) 10%	0,012	400	4,8	
9	MW-W dazwischen - 90%	0,108	55	5,94	
10	OSB-Platte	0,015	680	10,2	
11	Dampfbremse (sd > 23 m)				
12	Gipskartonplatte GKF	0,013	900	11,25	
Dicke des Bauteils		0,23			
Flächenbezogene Masse m` des Bauteils				89,37	[kg/m <sup>2</sup> ]
Dynamische Steifigkeit (Dämmung)					[MN/m <sup>2</sup> ]
Flächenbezogene Masse m` der biegesteifen Schale			m <sub>1</sub> `		[kg/m <sup>2</sup> ]
Flächenbezogene Masse m` der biegeweichen Schale			m <sub>2</sub> `		[kg/m <sup>2</sup> ]
Bew. Schalldämm-Maß der Masseschicht		R <sub>w</sub> = 32,4*log m <sub>1</sub> ` - 26			[dB]
Resonanzfrequenz f <sub>0</sub>		f <sub>0</sub> = 160*√s`*(1/m <sub>1</sub> ` + 1/m <sub>2</sub> `)			[Hz]
Veränd. d. bew. Schalldämm-Maß DR <sub>w</sub>		ÖN EN 12354-1:2000 Tabelle D3 (Seite 44)			[dB]
<b>Gesamtes bewertetes Schalldämm-Maß</b>		R <sub>w,gesamt</sub> = R <sub>w</sub> + DR <sub>w</sub>			[dB]
Anmerkung: ÖN EN 12354-1:2000 Tabelle D3 (Seite 44)					

## Anhang D

Empfehlungen für Abstände von Feldbegrenzungsfugen in WDVS mit keramischen Bekleidungen [7]

Dicke WäDä [mm]	Eigenschaften der keramischen Bekleidungsschicht																	
	Farbe: Schwarz - Blau Dunkel						Farbe: Braun - Rot Mittel						Farbe: Gelb - Weiß Hell					
	Wärmedehnzahl: $\alpha_T$ [ $10^{-6}$ 1/K]						Wärmedehnzahl: $\alpha_T$ [ $10^{-6}$ 1/K]						Wärmedehnzahl: $\alpha_T$ [ $10^{-6}$ 1/K]					
	9	8	7	6	5	4	9	8	7	6	5	4	9	8	7	6	5	4
Abstände der Feldbegrenzungsfugen (Vertikal- und Horizontalfugen) [m]																		
<b>40</b>	2,0	2,0	2,0	2,0	2,5	3,0	2,0	2,0	2,0	2,5	3,0	4,0	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
<b>60</b>	2,0	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	7,0	3,0	3,5	4,0	5,0	7,0	10,0
<b>80</b>	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	3,0	3,5	4,0	5,0	7,0	12,0	4,0	5,0	6,0	7,0	9,0	12,0
<b>100</b>	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	8,0	4,0	5,0	6,0	7,0	9,0	12,0	5,0	6,0	7,0	9,0	10,0	12,0
<b>120</b>	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0	10,0	5,0	6,0	7,0	8,0	12,0	15,0	6,0	7,0	8,0	9,0	12,0	15,0
<b>150</b>	4,0	5,0	6,0	7,0	9,0	15,0	6,0	7,0	8,0	10,0	12,0	15,0	8,0	8,0	9,0	10,0	12,0	15,0

### Erläuterungen:

Graue Felder:           Hauptanwendungsbereich  
 Normalschrift        Aus Begrenzung der Schubbeanspruchung der Wärmedämmung  
 Kursivschrift         Aus Begrenzung der Beanspruchungen in der Bekleidungsschicht

Gültig für Süd-, West- und Ostorientierung der Wandflächen.  
 Für nordorientierte Wandflächen gelten für alle Farben einheitlich die Werte für helle Farben

Bei Fugenabständen  $a \leq 3,0$  m können bis zu einer Geschoßhöhe von  $h \leq 3,5$  m  
 geschoßhohe Horizontalfugen angeordnet werden

Empfehlungen für Abstände von Feldbegrenzungsfugen in WDVS mit keramischen Bekleidungen  
 bei Verwendung von **Mineralfaser-Dämmplatten des Anwendungstyps HD**

	Wärmedehnzahl der keramischen Bekleidungsschicht: $\alpha_T$ [ $10^{-6}$ 1/K]					
	9	8	7	6	5	4
<b>Dicke WäDä</b>	<b>Abstände der Feldbegrenzungsfugen (Vertikal- und Horizontalfugen) [m]</b>					
<b>40</b>	3,0	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0
<b>60</b>	3,5	4,0	4,0	5,0	6,0	8,0
<b>80</b>	4,0	5,0	5,0	6,0	7,0	9,0
<b>100</b>	5,0	5,0	6,0	7,0	8,0	10,0
<b>120</b>	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
<b>150</b>	6,0	6,0	7,0	8,0	10,0	12,0
<b>200</b>	7,0	7,0	8,0	9,0	12,0	15,0

**Erläuterungen:**

Graue Felder: Hauptanwendungsbereich

Alle Fugenabstände resultieren aus einer Begrenzung der Beanspruchungen in der Bekleidungsschicht

Gültig für alle Wandflächen unabhängig von der Himmelsrichtung.  
Maßgeblich ist eine Abkühlung der Wand

Bei Fugenabständen  $a \leq 3,0$  m können bis zu einer Geschoßhöhe von  $h \leq 3,5$  m geschoßhohe Horizontalfugen angeordnet werden

Empfehlungen für Abstände von Feldbegrenzungsfugen in  
WDVS mit keramischen Bekleidungen bei Verwendung von  
**Polystyrol-Dämmplatten PS 15**

		Eigenschaften der keramischen Bekleidungsschicht																	
		Farbe: Schwarz - Blau <b>Dunkel</b>						Farbe: Braun - Rot <b>Mittel</b>						Farbe: Gelb - Weiß <b>Hell</b>					
Dicke WäDä [mm]	Wärmedehnzahl: $\alpha_T$ [10 <sup>-6</sup> 1/K]	Wärmedehnzahl: $\alpha_T$ [10 <sup>-6</sup> 1/K]						Wärmedehnzahl: $\alpha_T$ [10 <sup>-6</sup> 1/K]						Wärmedehnzahl: $\alpha_T$ [10 <sup>-6</sup> 1/K]					
		9	8	7	6	5	4	9	8	7	6	5	4	9	8	7	6	5	4
Dü Ø8	Abstände der Feldbegrenzungsfugen (Vertikal- und Horizontalfugen) [m]																		
<b>60</b>	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	10	5,0	5,0	6,0	7,0	8,0	10,0	5,0	5,0	6,0	7,0	8,0	10,0	
<b>80</b>	6,0	6,0	7,0	8,0	9,0	12,0	6,0	6,0	7,0	8,0	9,0	12,0	6,0	6,0	7,0	8,0	9,0	12,0	
<b>100</b>	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	
<b>120</b>	7,0	7,0	8,0	9,0	12,0	15,0	7,0	7,0	8,0	9,0	12,0	15,0	7,0	7,0	8,0	9,0	12,0	15,0	
<b>150</b>	8,0	8,0	9,0	10,0	12,0	15,0	8,0	8,0	9,0	10,0	12,0	15,0	8,0	8,0	9,0	10,0	12,0	15,0	
<b>200</b>	9,0	10,0	11,0	12,0	15,0	15,0	9,0	10,0	11,0	12,0	15,0	15,0	9,0	10,0	11,0	12,0	15,0	15,0	

**Erläuterungen:**

Graue Felder: Hauptanwendungsbereich

Normalschrift Aus Begrenzung der Beanspruchungen in der Bekleidungsschicht

*Kursivschrift* Aus Begrenzung der Dübelkopfverformung

Gültig für Süd-, West- und Ostorientierung der Wandflächen.

Für nordorientierte Wandflächen gelten für alle Farben einheitlich die Werte für helle Farben

Empfehlungen für Abstände von Feldbegrenzungsfugen in WDVS mit keramischen Bekleidungen bei Verwendung von **Mineralfaser-Lamellenplatten in Kombination mit Dübeln Ø 8 mm**

		Eigenschaften der keramischen Bekleidungsschicht																	
		Farbe: Schwarz - Blau Dunkel						Farbe: Braun - Rot Mittel						Farbe: Gelb - Weiß Hell					
Dicke WäDä [mm]	Wärmedehnzahl: $\alpha_T$ [10 <sup>-6</sup> 1/K]	Wärmedehnzahl: $\alpha_T$ [10 <sup>-6</sup> 1/K]						Wärmedehnzahl: $\alpha_T$ [10 <sup>-6</sup> 1/K]						Wärmedehnzahl: $\alpha_T$ [10 <sup>-6</sup> 1/K]					
		9	8	7	6	5	4	9	8	7	6	5	4	9	8	7	6	5	4
Dü Ø10	Abstände der Feldbegrenzungsfugen (Vertikal- und Horizontalfugen) [m]																		
60	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	6,0	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	10,0	3,5	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	
80	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	9,0	4,0	5,0	6,0	7,0	9,0	12,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	12,0	
100	4,0	5,0	6,0	7,0	9,0	12,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	
120	5,0	6,0	7,0	9,0	12,0	15,0	7,0	7,0	8,0	9,0	12,0	15,0	7,0	7,0	8,0	9,0	12,0	15,0	
150	8,0	8,0	9,0	10,0	12,0	15,0	8,0	8,0	9,0	10,0	12,0	15,0	8,0	8,0	9,0	10,0	12,0	15,0	
200	9,0	10,0	11,0	12,0	15,0	15,	9,0	10,0	11,0	12,0	15,0	15,	9,0	10,0	11,0	12,0	15,0	15,	

**Erläuterungen:**

Graue Felder: Hauptanwendungsbereich

Normalschrift Aus Begrenzung der Beanspruchungen in der Bekleidungsschicht

*Kursivschrift* Aus Begrenzung der Dübelkopfverformung

Gültig für Süd-, West- und Ostorientierung der Wandflächen.

Für nordorientierte Wandflächen gelten für alle Farben einheitlich die Werte für helle Farben

Empfehlungen für Abstände von Feldbegrenzungsfugen in WDVS mit keramischen Bekleidungen bei Verwendung von **Mineralfaser-Lamellenplatten in Kombination mit Dübeln Ø 10 mm**

## Anhang E

### Baustoffkennwerte für WUFI@2D[WF]

**Material Properties** x

Material Name

Material Data | Info | Details

**Basic Values**

Bulk Density [kg/m <sup>3</sup> ]	2400
Porosity [m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0.18
Spec. Heat Capacity [J/kgK]	850
Thermal Conductivity dry [W/mK]	2.1
Water Vapour Diffusion Resistance Factor dry [-]	90

**Generation Parameter**

Thermal Conductivity Supplement [%/M.-%]	8
--	---

**Additional**

Material Color	
Typical Built-In Moisture [kg/m <sup>3</sup> ]	175

**Moisture Storage Function**

Liquid Transport Coefficient  
Thermal Conductivity, moisture-dependent  
Water Vapour Diffusion Resistance Factor, moisture-depend

Graph | Table

Generate

**Material Properties** x

Material Name

Material Data | Info | Details

**Basic Values**

Bulk Density [kg/m <sup>3</sup> ]	1200
Porosity [m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0.43
Spec. Heat Capacity [J/kgK]	850
Thermal Conductivity dry [W/mK]	0.5
Water Vapour Diffusion Resistance Factor dry [-]	15

**Additional**

Material Color	
Typical Built-In Moisture [kg/m <sup>3</sup> ]	163.15

**Moisture Storage Function**

Liquid Transport Coefficient  
Thermal Conductivity, moisture-dependent  
Water Vapour Diffusion Resistance Factor, moisture-depend

Graph | Table

Generate

**Material Properties** ✕

Material Name:

Material Data | Info | Details

**Basic Values**

Bulk Density [kg/m³]	18
Porosity [m³/m³]	0.95
Spec. Heat Capacity [J/kgK]	1500
Thermal Conductivity dry [W/mK]	0.04
Water Vapour Diffusion Resistance Factor dry [-]	60

**Additional Values**

Material Color	<input type="text" value=""/>
Typical Built-In Moisture [kg/m³]	<input type="text" value=""/>

**Moisture Storage Function**

Liquid Transport Coefficient  
 Thermal Conductivity, moisture-dependent  
 Water Vapour Diffusion Resistance Factor, moisture-depend

Graph | Table

Generate

**Material Properties** ✕

Material Name:

Material Data | Info | Details

**Basic Values**

Bulk Density [kg/m³]	1800
Porosity [m³/m³]	0.24
Spec. Heat Capacity [J/kgK]	850
Thermal Conductivity dry [W/mK]	0.7
Water Vapour Diffusion Resistance Factor dry [-]	30

**Generation Parameter**

Water Absorption Coefficient [kg/m²s <sup>0.5</sup> ]	0.00167
Thermal Conductivity Supplement [%/M.-%]	8

**Additional Values**

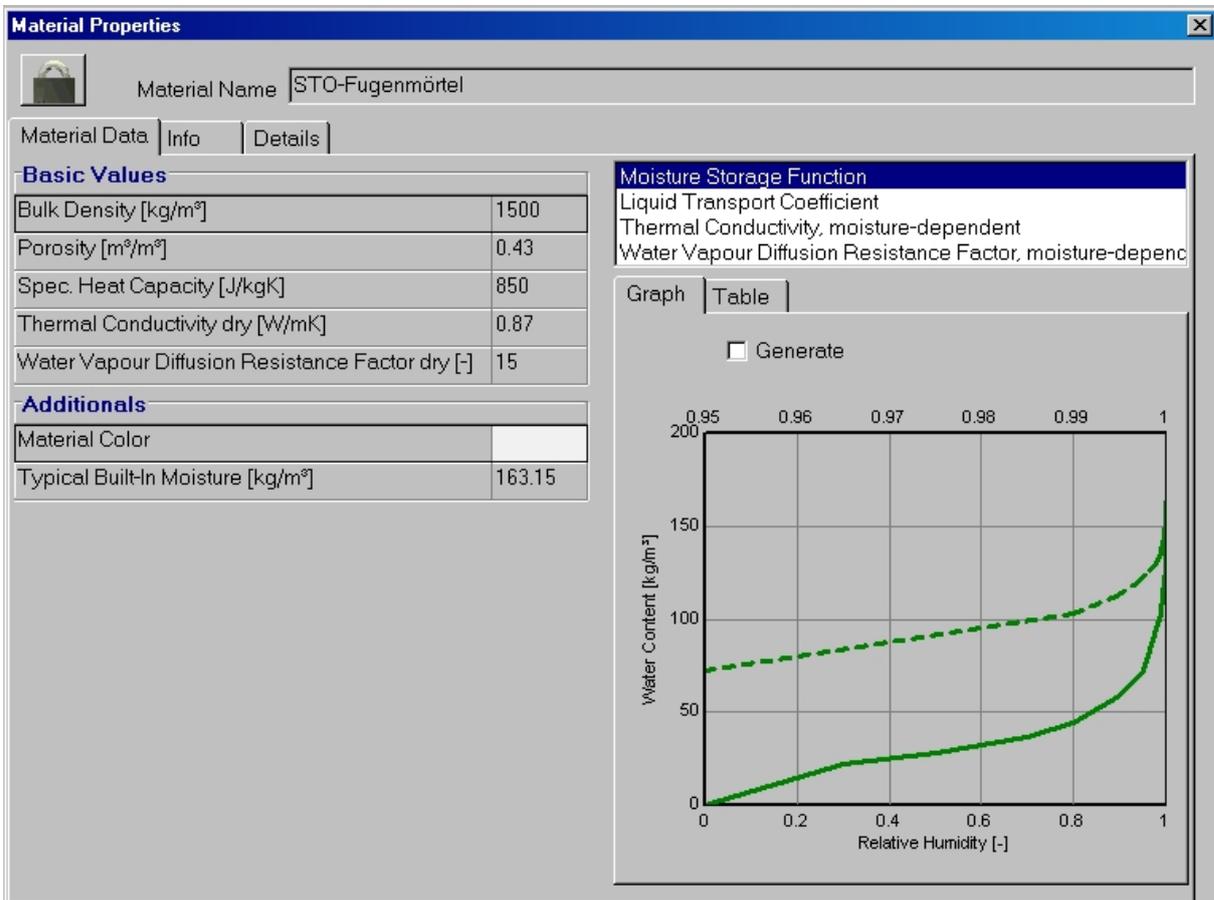
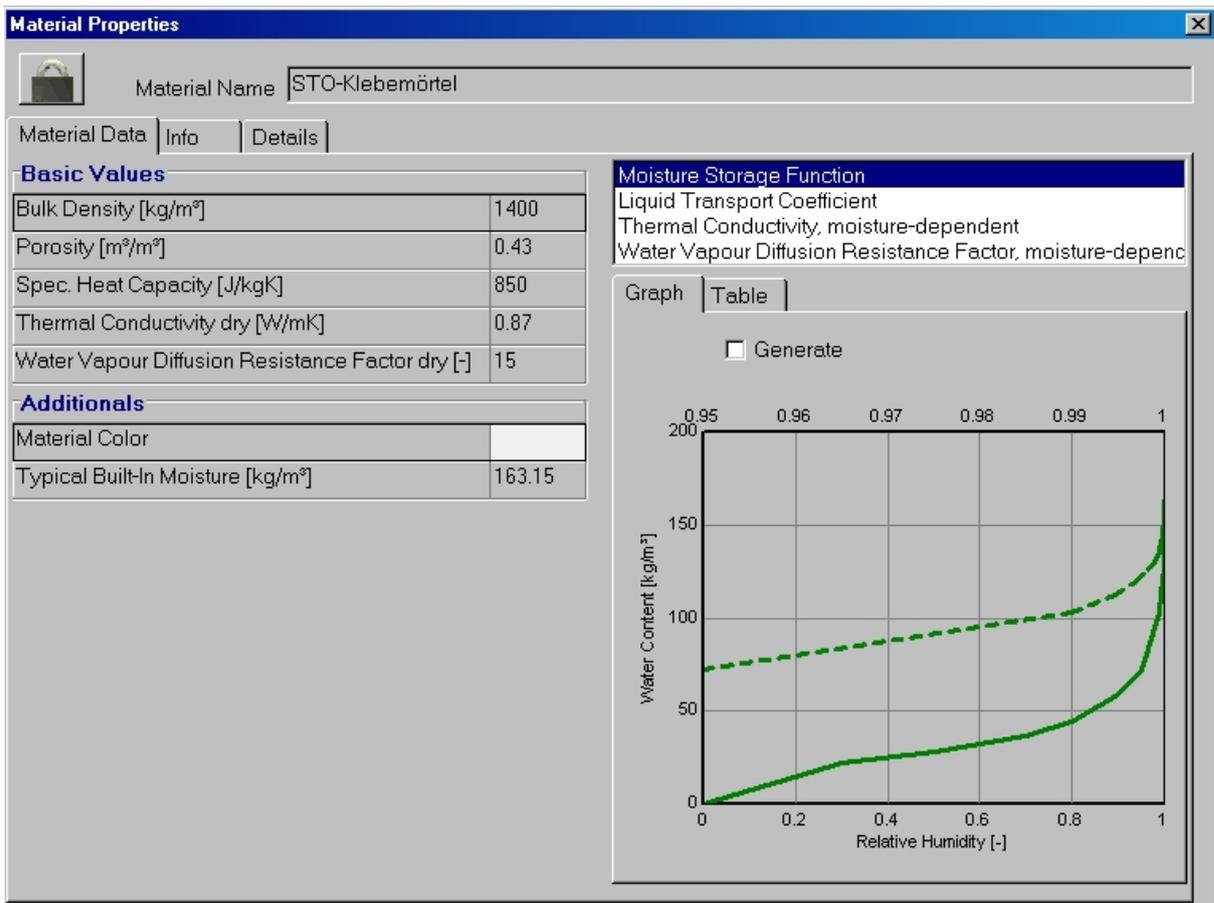
Material Color	<input type="text" value=""/>
Typical Built-In Moisture [kg/m³]	210

**Moisture Storage Function**

Liquid Transport Coefficient  
 Thermal Conductivity, moisture-dependent  
 Water Vapour Diffusion Resistance Factor, moisture-depend

Graph | Table

Generate



**Material Properties** ✕

Material Name:

Material Data | Info | Details

**Basic Values**

Bulk Density [kg/m³]	2000
Porosity [m³/m³]	0.38
Spec. Heat Capacity [J/kgK]	850
Thermal Conductivity dry [W/mK]	0.7
Water Vapour Diffusion Resistance Factor dry [-]	80

**Generation Parameter**

Thermal Conductivity Supplement [%/M.-%]	15
--	----

**Additional**

Material Color	
Typical Built-In Moisture [kg/m³]	100

**Moisture Storage Function**

Liquid Transport Coefficient  
 Thermal Conductivity, moisture-dependent  
 Water Vapour Diffusion Resistance Factor, moisture-depend

Graph | Table

Generate

**Material Properties** ✕

Material Name:

Material Data | Info | Details

**Basic Values**

Bulk Density [kg/m³]	1150
Porosity [m³/m³]	0.31
Spec. Heat Capacity [J/kgK]	850
Thermal Conductivity dry [W/mK]	0.6
Water Vapour Diffusion Resistance Factor dry [-]	10

**Additional**

Material Color	
Typical Built-In Moisture [kg/m³]	264.27

**Moisture Storage Function**

Liquid Transport Coefficient  
 Thermal Conductivity, moisture-dependent  
 Water Vapour Diffusion Resistance Factor, moisture-depend

Graph | Table

Generate

**Material Properties**

Material Name: Porotherm 25-38 M.i Plan

Material Data | Info | Details

**Basic Values**

Bulk Density [kg/m³]	860
Porosity [m³/m³]	0.6
Spec. Heat Capacity [J/kgK]	920
Thermal Conductivity dry [W/mK]	0.238
Water Vapour Diffusion Resistance Factor dry [-]	8

**Moisture Storage Function**

Liquid Transport Coefficient  
Thermal Conductivity, moisture-dependent  
Water Vapour Diffusion Resistance Factor, moisture-depend

Graph | Table

Generate     Simple  
 Enhanced

**Generation of the Moisture Storage Function**

	RH [-]	W.Cont. [kg/m³]
Reference Water Content	0.8	13
Free Water Saturation	1.0	193

**Generation Parameter**

Thermal Conductivity Supplement [%/M.-%]	10
--	----

**Additional**

Material Color	
Typical Built-In Moisture [kg/m³]	100

**Material Properties**

Material Name: Gipskartonplatte GKF

Material Data | Info | Details

**Basic Values**

Bulk Density [kg/m³]	900
Porosity [m³/m³]	0.65
Spec. Heat Capacity [J/kgK]	1050
Thermal Conductivity dry [W/mK]	0.21
Water Vapour Diffusion Resistance Factor dry [-]	8

**Moisture Storage Function**

Liquid Transport Coefficient  
Thermal Conductivity, moisture-dependent  
Water Vapour Diffusion Resistance Factor, moisture-depend

Graph | Table

Generate

**Generation Parameter**

Thermal Conductivity Supplement [%/M.-%]	8
--	---

**Additional**

Material Color	
Typical Built-In Moisture [kg/m³]	8

**Material Properties** ✕

Material Name

Material Data | Info | Details

**Basic Values**

Bulk Density [kg/m³]	130
Porosity [m³/m³]	0.001
Spec. Heat Capacity [J/kgK]	2300
Thermal Conductivity dry [W/mK]	2.3
Water Vapour Diffusion Resistance Factor dry [-]	5E4

**Additional Values**

Material Color	
Typical Built-In Moisture [kg/m³]	

**Moisture Storage Function**

Liquid Transport Coefficient  
 Thermal Conductivity, moisture-dependent  
 Water Vapour Diffusion Resistance Factor, moisture-depend

Graph | Table

Generate

**Material Properties** ✕

Material Name

Material Data | Info | Details

**Basic Values**

Bulk Density [kg/m³]	680
Porosity [m³/m³]	0.9
Spec. Heat Capacity [J/kgK]	1700
Thermal Conductivity dry [W/mK]	0.13
Water Vapour Diffusion Resistance Factor dry [-]	200

**Generation Parameter**

Thermal Conductivity Supplement [%/M.-%]	1.5
--	-----

**Additional Values**

Material Color	
Typical Built-In Moisture [kg/m³]	92

**Moisture Storage Function**

Liquid Transport Coefficient  
 Thermal Conductivity, moisture-dependent  
 Water Vapour Diffusion Resistance Factor, moisture-depend

Graph | Table

Generate

**Material Properties** ✕

Material Name: Holzsteher

Material Data | Info | Details

**Basic Values**

Bulk Density [kg/m³]	400
Porosity [m³/m³]	0.73
Spec. Heat Capacity [J/kgK]	2500
Thermal Conductivity dry [W/mK]	0.11
Water Vapour Diffusion Resistance Factor dry [-]	50

**Generation Parameter**

Thermal Conductivity Supplement [%/M.-%]	1.3
--	-----

**Additional**

Material Color	
Typical Built-In Moisture [kg/m³]	60

**Moisture Storage Function**

Liquid Transport Coefficient  
Thermal Conductivity, moisture-dependent  
Water Vapour Diffusion Resistance Factor, moisture-depend

Graph | Table

Generate

**Material Properties** ✕

Material Name: Mineralwolle MW-W

Material Data | Info | Details

**Basic Values**

Bulk Density [kg/m³]	55
Porosity [m³/m³]	0.95
Spec. Heat Capacity [J/kgK]	1030
Thermal Conductivity dry [W/mK]	0.04
Water Vapour Diffusion Resistance Factor dry [-]	1

**Additional**

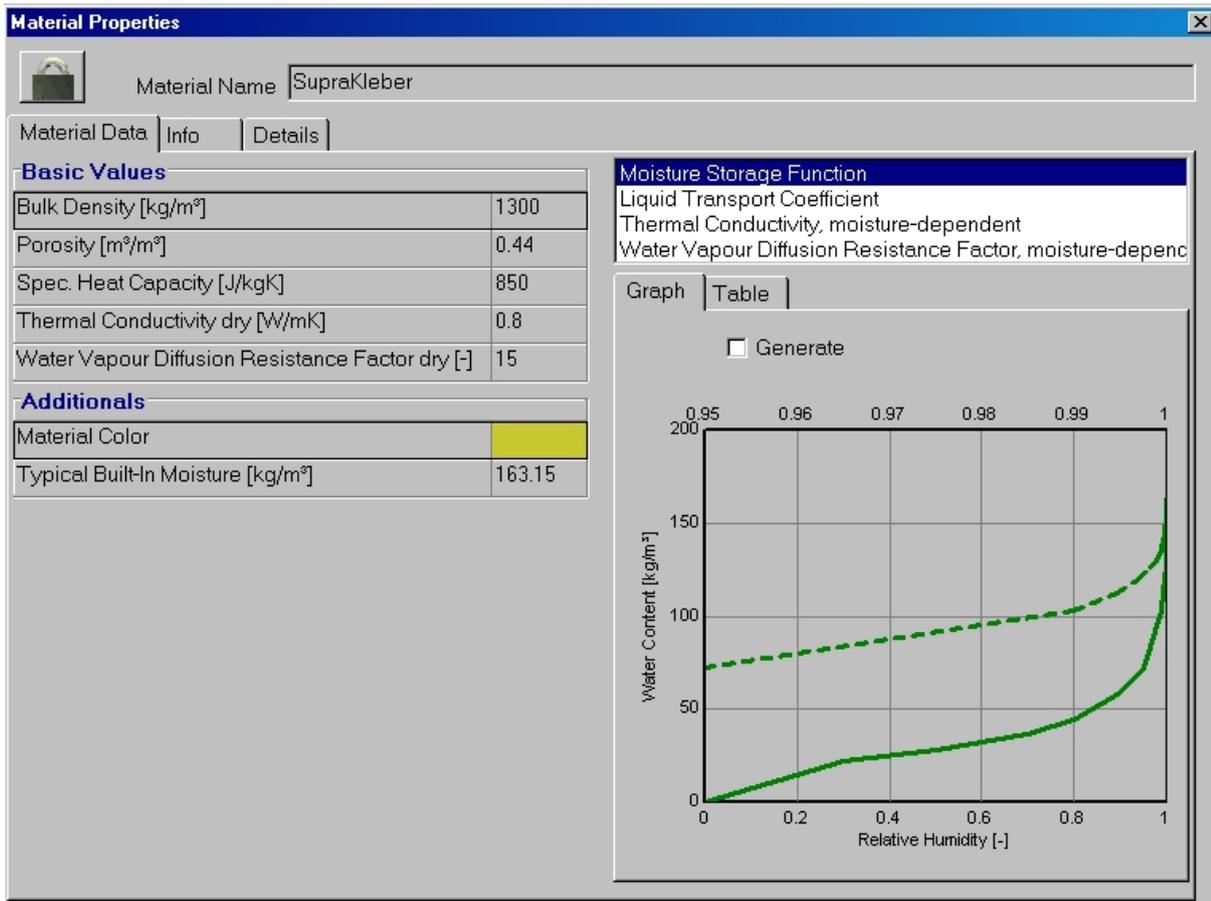
Material Color	
Typical Built-In Moisture [kg/m³]	

**Moisture Storage Function**

Liquid Transport Coefficient  
Thermal Conductivity, moisture-dependent  
Water Vapour Diffusion Resistance Factor, moisture-depend

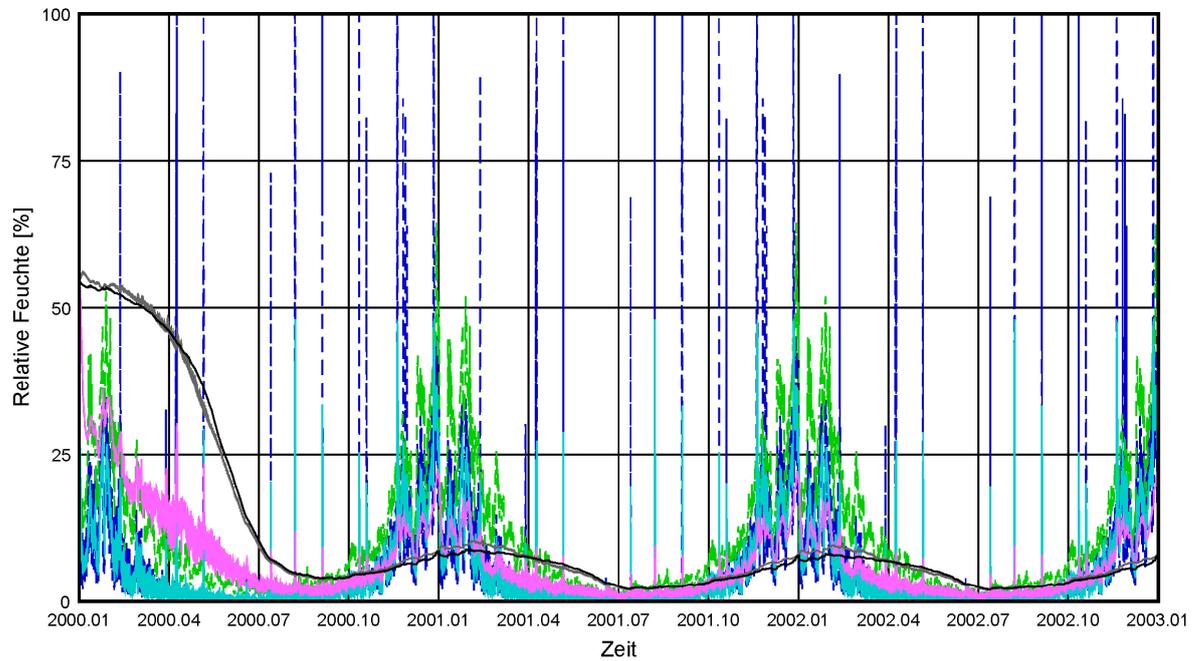
Graph | Table

Generate

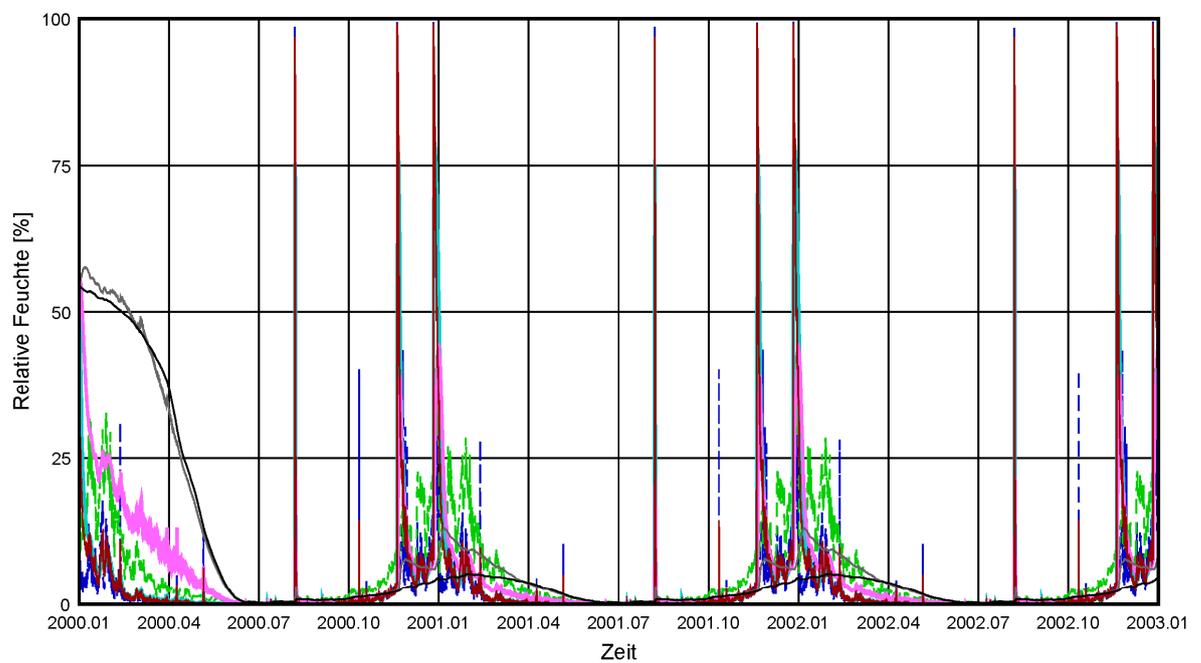


## Anhang F

### Relative Feuchtigkeit – Wandaufbauten A1 und A2[WF]

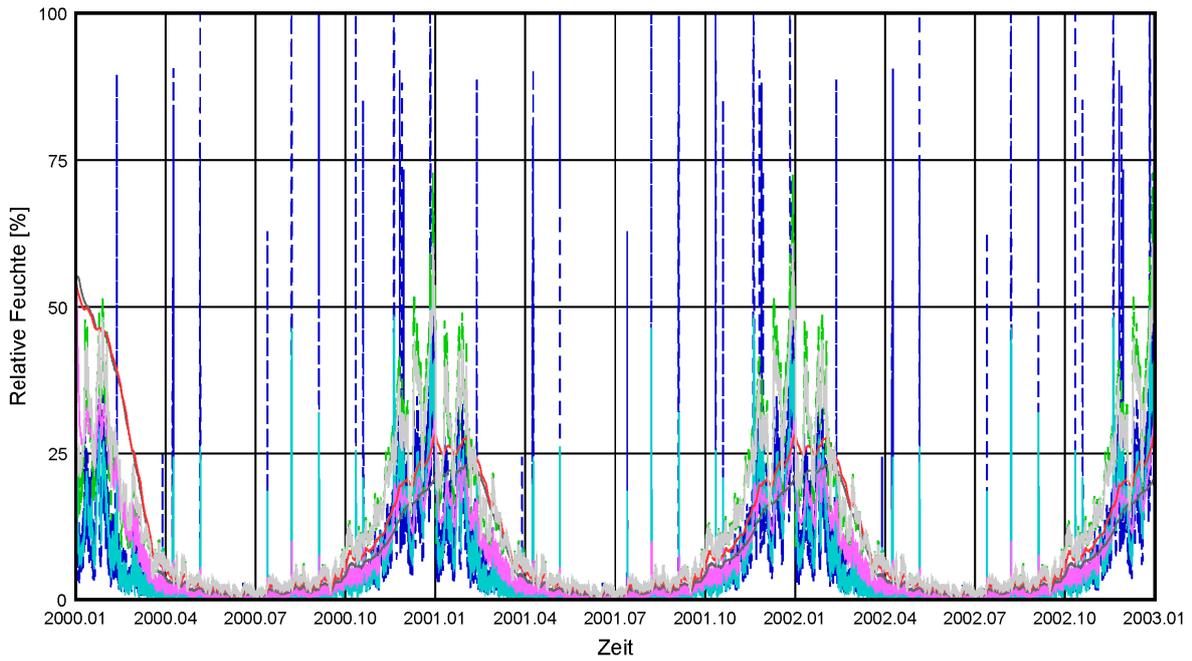


— Stahlbeton — Klebespachtel — EPS-F — Armierungsschicht & Silikatputz  
 - - Innen-Wandoberfläche // - - Außen-Wandoberfläche

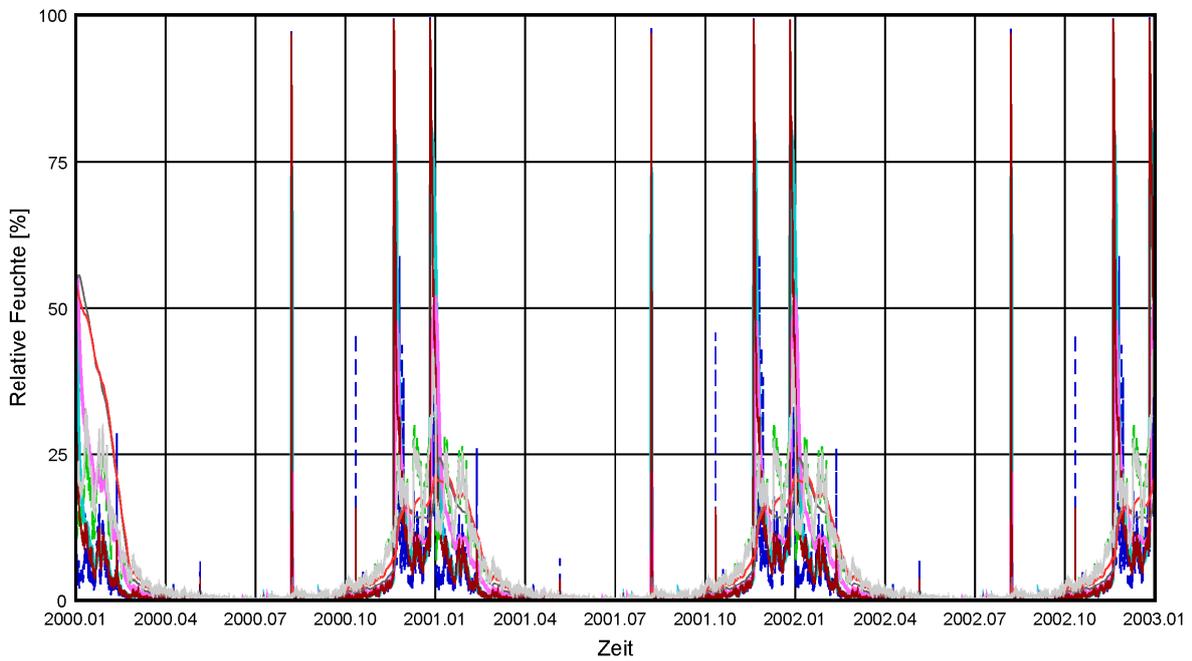


— Stahlbeton — Klebespachtel — Flachverblender — EPS-F — Armierungsschicht & Klebe-/Fugenmörtel  
 - - Innen-Wandoberfläche // - - Außen-Wandoberfläche

Relative Feuchtigkeit – Wandaufbauten B1 und B2[WF]

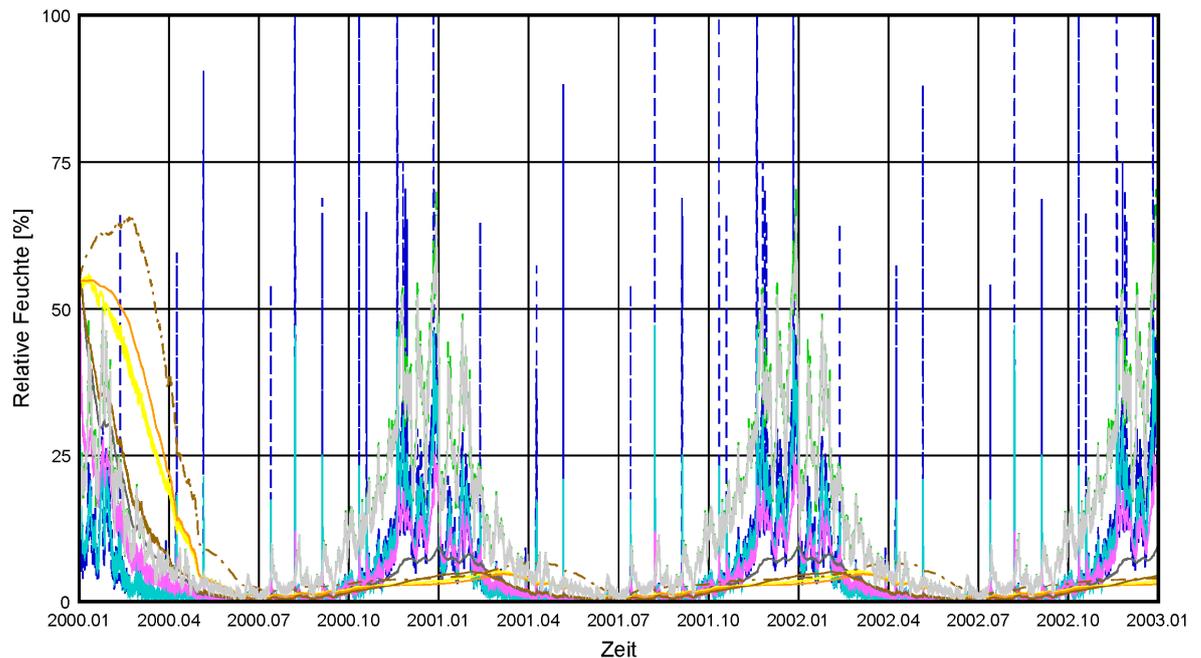


— Glättputz — Porothersm — Klebespachtel — EPS-F — Armierungsschicht & Silikatputz  
 - - Innen-Wandoberfläche // - - Außen-Wandoberfläche

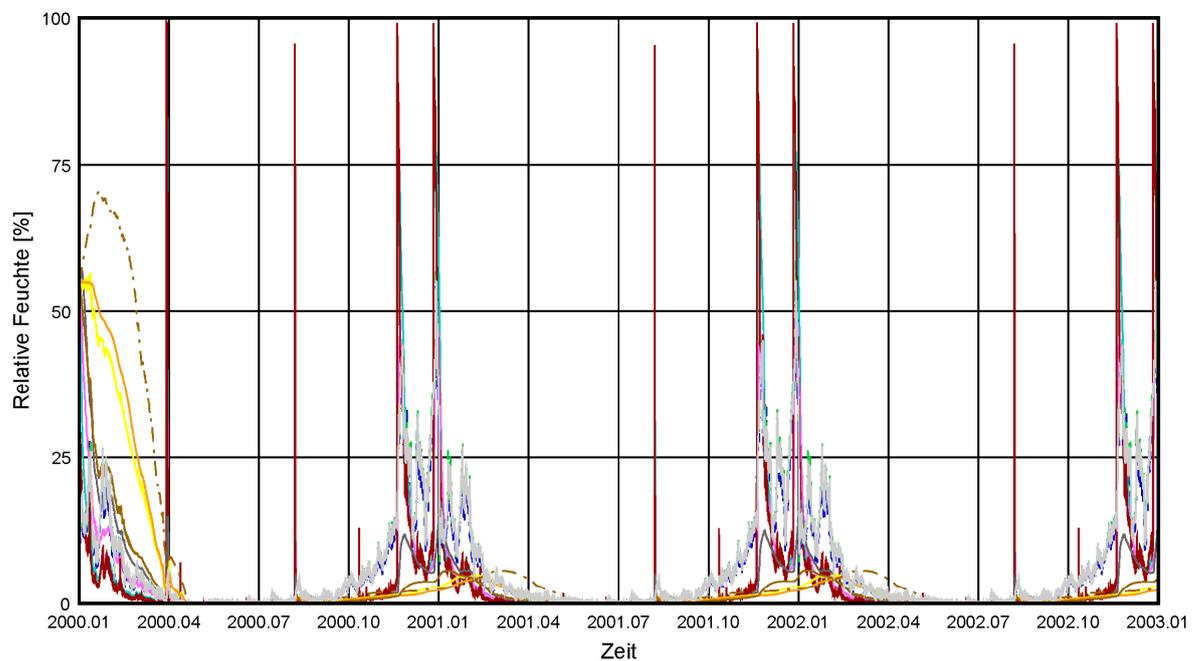


— Glättputz — Porothersm — Klebespachtel — Flachverblender — EPS-F — Armierungsschicht & Klebe-/Fugenmörtel  
 - - Innen-Wandoberfläche // - - Außen-Wandoberfläche

Relative Feuchtigkeit – Wandaufbauten C1 und C2[WF]

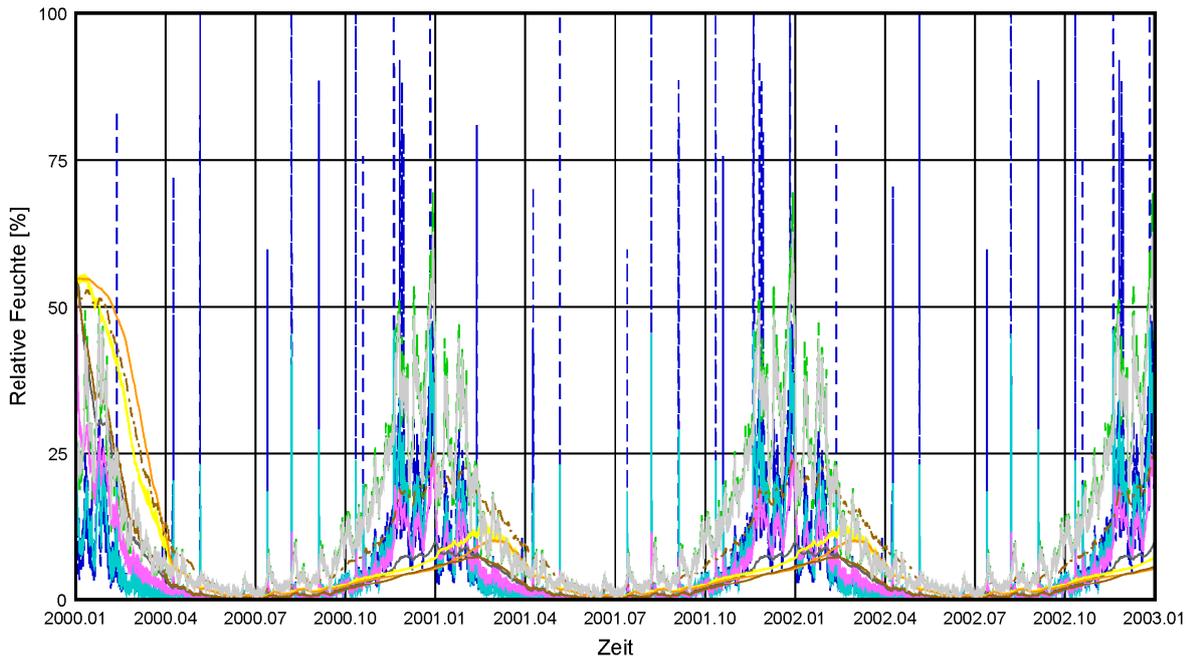


— Gipskartonplatte — OSB-Platte innen — OSB-Platte außen — Holzsteher — MW-W — SupraKleber — EPS-F  
 — Armierungsschicht & Silikatputz // — Innen-Wandoberfläche // — Außen-Wandoberfläche

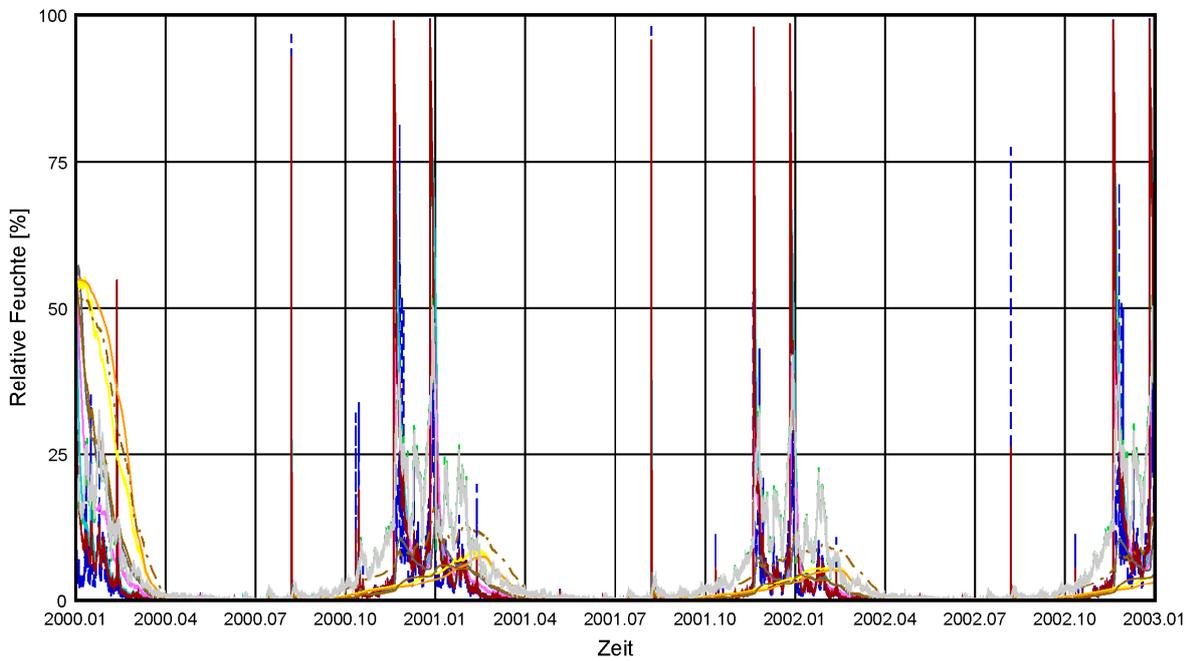


— Gipskartonplatte — OSB-Platte innen — OSB-Platte außen — Holzsteher — MW-W — SupraKleber — Flachverbl.  
 — EPS-F — Armierungsschicht & Klebe-/Fugenmörtel // — Innen-Wandoberfläche // — Außen-Wandoberfläche

Relative Feuchtigkeit – Wandaufbauten C1oD und C2oD[WF]



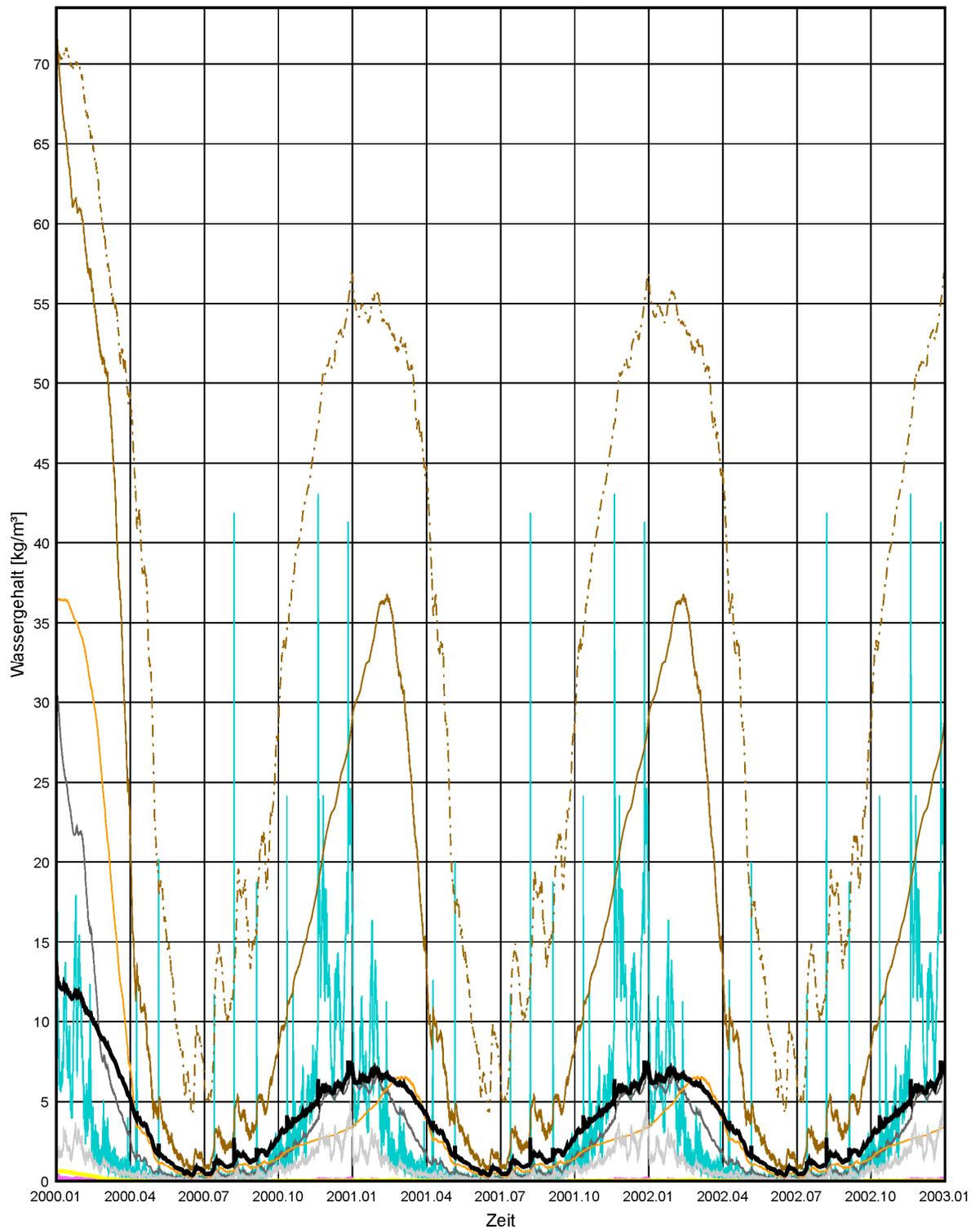
- Gipskartonplatte — OSB-Platte innen — OSB-Platte außen — Holzsteher — MW-W — SupraKleber — EPS-F
- Armierungsschicht & Klebe-/Fugenmörtel // - - Innen-Wandoberfläche // - - Außen-Wandoberfläche



- Gipskartonplatte — OSB-Platte innen — OSB-Platte außen — Holzsteher — MW-W — SupraKleber — Flachverbl.
- EPS-F — Armierungsschicht & Klebe-/Fugenmörtel // - - Innen-Wandoberfläche // - - Außen-Wandoberfläche

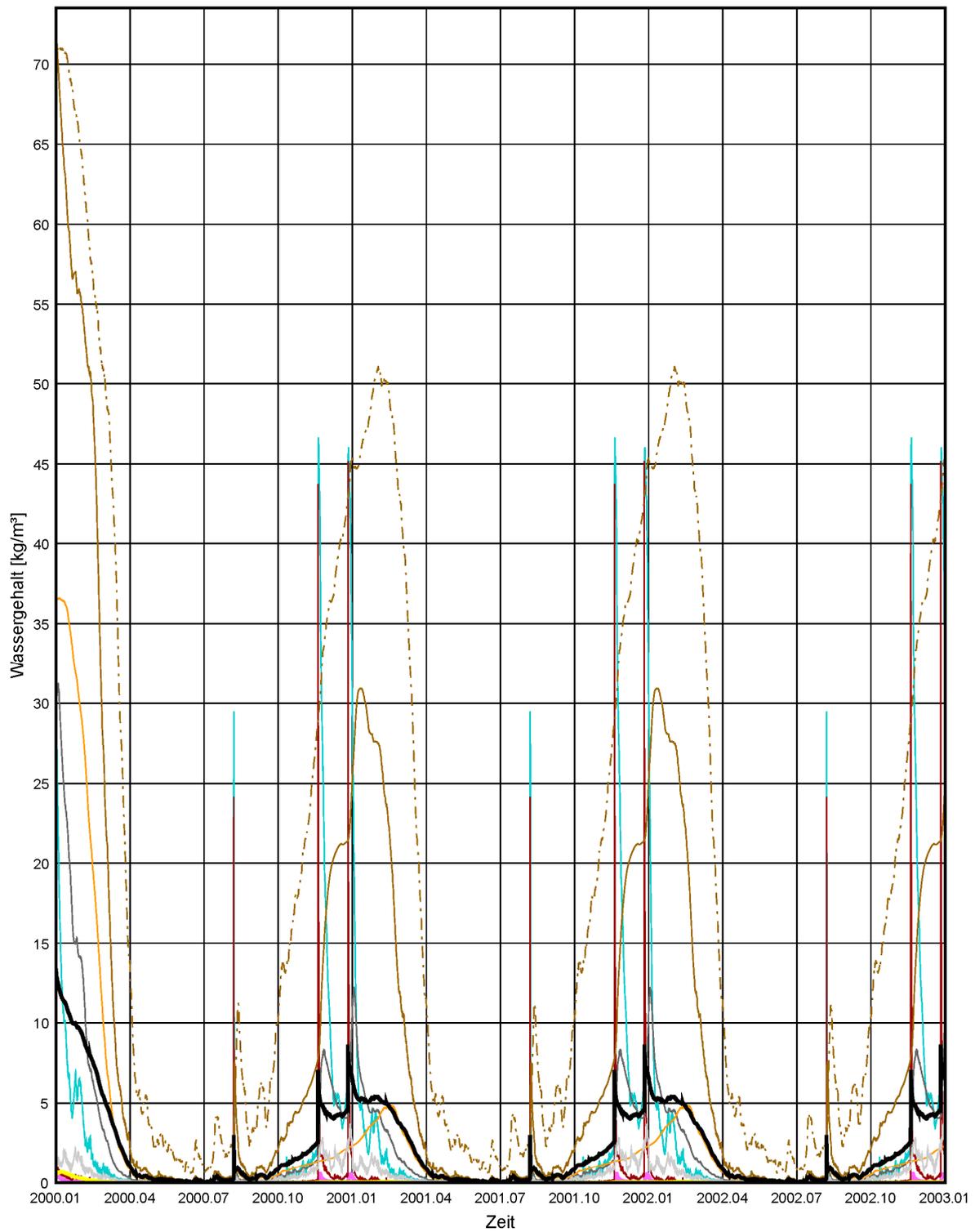
## Anhang G

### Wassergehalt – Wandaufbau C1oD[WF]



— Gesamter Wandaufbau // Einzelne Schichten: — Gipskartonplatte — OSB-Platte innen — OSB-Platte außen  
 — Holzsteher — MW-W — SupraKleber — EPS-F — Armierungsschicht & Silikatputz

## Wassergehalt – Wandaufbau C2oD[WF]

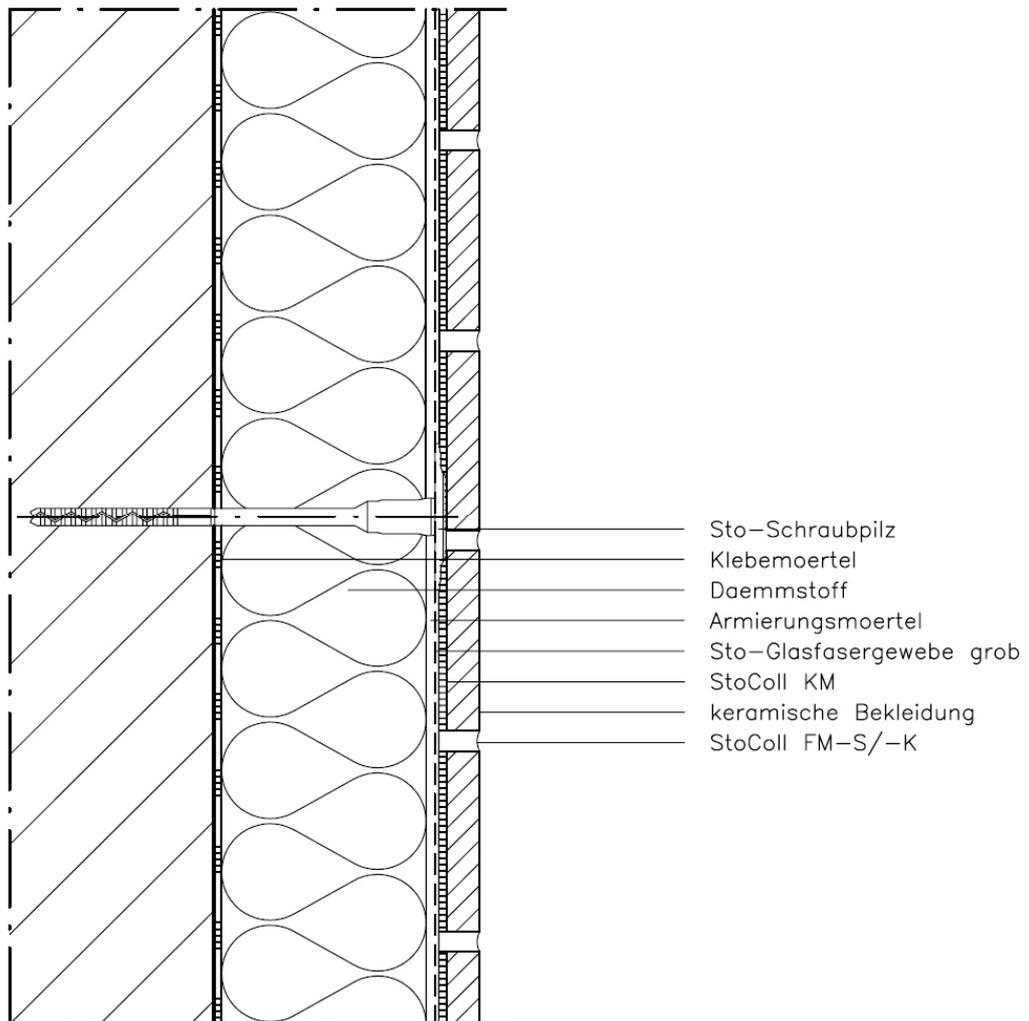


— Gesamter Wandaufbau // Einzelne Schichten: — Gipskartonplatte — OSB-Platte innen — OSB-Platte außen  
 — Holzsteher — MW-W — SupraKleber — Flachverblender — EPS-F — Armierungsschicht & Klebe-/Fugenmörtel

## Anhang H

Systemaufbau StoTherm mit keramischer Bekleidung[90]

### StoTherm mit keramischer Bekleidung **sto**



Darstellung eines Waermedaemmverbundsystems. Angrenzende Gewerke nur schematisch.

**Systemaufbau (1:2,5)**

Sto AG  
**02/03**

**K W 010**



## Anhang I

Verarbeitungsempfehlung System Wopfinger[70], [84], [94]

Verarbeitungsempfehlung

# Fliesenverlegung auf EPS-F

**Allgemeines** Keramische Fliesen im Außenbereich müssen frostbeständig sein und eine geringe Wasseraufnahme aufweisen.

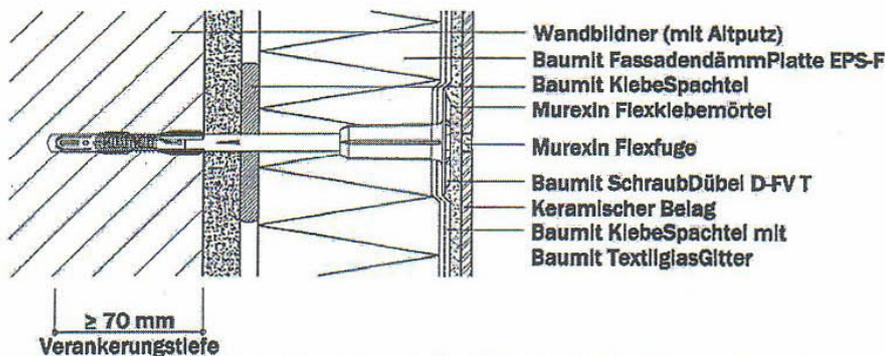
**Fliese**

Format:	max. 30 x 30 cm (max. Fläche pro Fliese 0,1 m <sup>2</sup> )
Farbton:	Hellbezugswert $\geq 30\%$
Fugen:	Fugenbreite 8 – 10 mm
Gewicht:	max. 0,4 kN/m <sup>2</sup> (40 kg/m <sup>2</sup> )
Felderteilung:	max. 4,0 m (Dehnfugen beachten)

**Aufbau**

EPS-F gem. ÖNORM B 6000  
 Baunit KlebeSpachtel  
 Baunit TextilglasGitter  
 Baunit KlebeSpachtel  
 Baunit SchraubDübel D-FV T  
 Murexin Flexklebemörtel  
 Murexin Flexfuge od. Murexin Fugenmörtel extrem

**Systemskizze**



**Untergrund** Die Prüfung des Untergrundes hat nach ÖNORM B 3346, B 2259 und B 6410, sowie für die Verfliesung nach B 2207 zu erfolgen. Die Ebenheit des Untergrundes hat der ÖNORM DIN 18202 zu entsprechen. Der Untergrund muss sauber, trocken, frostfrei, staubfrei, nicht wasserabweisend, frei von Ausblühungen, tragfähig und frei von losen Teilen sein.

**Verarbeitung** **Kleben:** Baunit KlebeSpachtel in Form von Randwulst-Punkt-Methode auf die EPS-F Platten auftragen (Schichtdicke ca. 1 bis 2 cm; mind. 40 % Klebefläche). Bei ebenen Untergründen auch vollflächiges Auftragen mittels 10 mm Zahnschachtel möglich.

**Armieren:** Nach Verlegung der Dämmplatten (Standzeit mind. 24 Stunden) Baunit KlebeSpachtel mittels Zahnschachtel aufziehen und in die noch feuchte Spachtelmasse Baunit TextilglasGitter mittig einbetten. Textilglasgitterstöße mind. 10 cm überlappen. Um eine ausreichende Überdeckung sicherzustellen, muss das eingebettete Baunit TextilglasGitter nass in nass mit Baunit KlebeSpachtel überzogen werden. Textilglasgitter darf nicht sichtbar sein. Schichtdicke mind. 2 bis 3 mm.

**Dübelung:** Nach einer Standzeit der Armierungsschicht von mind. 24 Stunden, wird

durch die Armierungsschicht mit Baunit Schraubdübel D-FV T gedübelt (mind. 70 mm Verankerung im tragendem Untergrund; mind. 6 Stk. Dübel/m<sup>2</sup>). Anschließend Dübelköpfe mit Baunit Klebepachtel verschließen. Standzeit mind. 7 Tage.

**Fliesenverlegung:** Murexin Flexklebemörtel wird nach einer Standzeit von mind. 7 Tagen in gleichmäßiger Schichtdicke aufgebracht und mittels entsprechender Kammkelle in einem Winkel von ca. 45 Grad zum Untergrund durchgekämmt. Die Rückseite der Fliesen wird mit Flexklebemörtel beschichtet und in das frische Mörtelbett (nass in Nass) eingedrückt (kombiniertes Verlegeverfahren; Buttering-Floating-Verfahren). Evt. Mörtelreste mit einem nassen Schwamm entfernen. Nicht mehr als 1,5 m<sup>2</sup> vorbereiten. Vor der endgültigen Aushärtung des Klebers werden die Fugen ausgekratzt, um das spätere Verfugen einwandfrei zu ermöglichen. Nach der Verlegung ca. 48 Stunden vor mechanischer Belastung schützen.

Empfohlenes Werkzeug	
	Kammkelle
Bei Verlegung von Fliesen mit glatter Rückseite	6 mm
Bei Verlegung von Fliesen mit genoppter Rückseite	10 mm

**Verfugung:** Murexin Flexfuge mit Fugenbrett oder Gummispachtel diagonal zur Fugenrichtung einstreichen. Reinigung nach ca. 5 – 15 Minuten mit reinem Wasser und Schwamm. Nach Abtrocknung den noch verbleibenden Zementfilm ggf. mehrmals mit reinem Wasser abwaschen. Nach der Verfugung ca. 24 Stunden vor mechanischer Belastung schützen.

**Hinweise und Allgemeines** Nicht bei Temperaturen (Luft-, Material- u. Umgebungstemperatur) unter +5° C, direkter Sonneneinstrahlung, Regen, stärkerem Wind oder bei Zugluft verarbeiten, bzw. bis zur Erhärtung entsprechend schützen! Hohe Luftfeuchtigkeit und niedrige Temperaturen verzögern, höhere Temperaturen beschleunigen die Abbindung und Erhärtung!  
Keine Fremdmaterialien zugeben! Untergrund und Verlegematerial nicht vornässen!

**Für weitere Informationen sind die jeweiligen spezifischen Produktdatenblätter zu beachten!**

lca/gkō

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