



**KS-ORIGINAL.
AUSSENWÄNDE.**

1. Anforderungen	3
1.1 Standsicherheit	3
1.2 Brandschutz	3
1.3 Wärmeschutz	3
1.4 Schallschutz	5
1.5 Feuchte- und Witterungsschutz	5
1.6 Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit	6
1.7 Wirtschaftlichkeit	6
2. Konstruktionsübersicht	6
3. Zweischaliges Mauerwerk	7
3.1 Konstruktionsprinzip	7
3.2 Entwicklung	7
3.3 Baurechtliche Regelung	7
3.4 Konstruktionsübersicht	7
3.5 Komponenten	8
3.6 Eigenschaften	11
3.7 Dehnungsfugen	14
3.8 Details	16
4. Einschaliges Mauerwerk mit Wärmedämmung	19
4.1 Konstruktionsprinzip	19
4.2 KS-Thermohaut	20
4.3 Kalksandstein mit hinterlüfteter Außenwandbekleidung	28
5. Einschaliges Mauerwerk ohne Wärmedämmung	38
5.1 Konstruktionsübersicht	38
5.2 Eigenschaften	38
5.3 Anwendungsbereiche	38
6. Frei stehende KS-Wände	41
6.1 Standsicherheit	41
6.2 Gebrauchstauglichkeit	41
6.3 Witterungsschutz	41
Literatur	42

KALKSANDSTEIN
Außenwände

Stand: Januar 2008

Autor:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Frank Ulrich Vogdt,
TU Berlin

Redaktion:
Dipl.-Ing. K. Brechner, Rodgau
Dipl.-Ing. B. Diestelmeier, Dorsten
Dipl.-Ing. G. Meyer, Hannover
Dipl.-Ing. W. Raab, Röthenbach
Dipl.-Ing. D. Rudolph, Durmersheim
D. Scherer, Duisburg
Dipl.-Ing. H. Schulze, Buxtehude
Dipl.-Ing. H. Schwieger, Hannover

Herausgeber:
Bundesverband Kalksandsteinindustrie eV, Hannover

BV-9046

Alle Angaben erfolgen nach bestem Wissen
und Gewissen, jedoch ohne Gewähr.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit
schriftlicher Genehmigung.

Schutzgebühr € 5,-

Gesamtproduktion und
© by Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf

Von der Kalksandstein-Industrie wird bereits seit Jahrzehnten das Konzept der KS-Funktionswand (konsequente Funktionstrennung der Bauteilschichten von Außenwandkonstruktionen) verfolgt. Die daraus resultierende individuelle Anpassungsfähigkeit von KS-Außenwänden erweist sich dabei auch bei steigenden Anforderungen – zum Beispiel im Bereich des Wärmeschutzes – als zukunftsorientiert.

1. ANFORDERUNGEN

Kaum eine andere Baukonstruktion ist vielfältigeren Beanspruchungen ausgesetzt als eine Außenwandkonstruktion. Diese Beanspruchungen sind im Einzelnen:

- Eigenlasten,
- Winddruck- und Windsoglasten,
- Schnee- und Eislasten,
- Temperaturwechselbeanspruchung,
- Feuchtwechselbeanspruchung,
- Schlagregenbeanspruchung,
- UV-Beanspruchung,
- chemische Beanspruchung durch Luftschadstoffe oder Reinigungsmittel sowie
- Vandalismus.

Hieraus leiten sich folgende Anforderungen in statisch-konstruktiver sowie in bauphysikalischer Hinsicht ab, die dauerhaft erfüllt werden müssen:

- Standsicherheit,
- Brandschutz,
- winterlicher Wärmeschutz,
- sommerlicher Wärmeschutz (Hitzeschutz),
- Schallschutz,
- Feuchte- und Witterungsschutz,
- Gebrauchstauglichkeit,
- Dauerhaftigkeit,
- Wirtschaftlichkeit,
- Hygiene und Gesundheitsschutz,
- Ökologie sowie
- Ästhetik.

Durch die Vielzahl möglicher Konstruktionsvarianten bieten dabei insbesondere KS-Außenwände die Möglichkeit, für jeden einzelnen Anwendungsfall individuell optimierte Lösungen zu wählen.

1.1 Standsicherheit

Die Standsicherheit der Außenwandkonstruktion muss dauerhaft gewährleistet sein (MBO §12 [1]).

Dabei sind neben dem Eigengewicht sowie den Winddruck- bzw. Windsoglasten insbesondere mögliche Zwängungen aus klimatischer Wechselbeanspruchung zu berücksichtigen.

1.2 Brandschutz

Im Hinblick auf den Brandschutz sind die Anforderungen nach DIN 4102 [2] und der Muster- bzw. Landesbauordnung zu erfüllen. Die zusätzlichen Bestimmungen der Richtlinien für die Verwendung brennbarer Baustoffe im Hochbau [3] sind zu beachten.

1.3 Wärmeschutz

Die Anforderungen an den *winterlichen Wärmeschutz* sind festgelegt in:

- Teil 2 von DIN 4108 [4] sowie
- Energieeinsparverordnung (EnEV) [5]

Bei der Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenwandkonstruktion ist ggf. auch der Einfluss etwaiger punktueller Wärmebrücken – z.B. infolge der Verankerung von Wärmedämmmaßnahmen (Dübel, Halter, etc.) – zu berücksichtigen.

Beim *sommerlichen Wärmeschutz* sind DIN 4108-2 und EnEV zu beachten.

Durch die KS-Funktionswand (klare Trennung der Funktionen in die tragende Schicht der KS-Wand einerseits und die Wärmedämmschicht andererseits) wird die tages- und jahreszeitliche Temperaturamplitude (Bild 3) der tragenden Schicht im Vergleich zu anderen Konstruktionen erheblich reduziert. Dieses führt zu geringeren Zwängungs- und Eigenspannungen und damit zu einer höheren Rissesicherheit. Des Weiteren ergibt sich in der kalten Jahreszeit eine deutliche Erhöhung der Temperatur an den Bauteilinnenoberflächen. Das erhöht die Behaglichkeit für die Nutzer und verhindert eine Schimmelpilz- oder Tauwasserbildung an den Innenoberflächen.

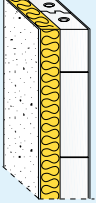
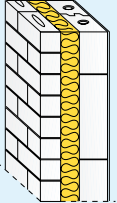
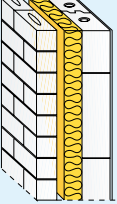
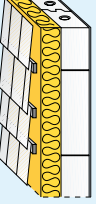
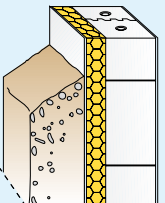


Bild 1: Außenwand mit KS-Thermohaut



Bild 2: Einfarbig gestrichenes KS-Verblendmauerwerk

Tafel 1: U-Werte von KS-Außenwänden

	Dicke des Systems [cm]	Dicke der Dämmschicht [cm]	U [W/(m²·K)] λ [W/(m·K)]			Beschreibung (Aufbau)
			0,022 ¹⁾	0,032	0,035	
	29,5	10	0,20 ²⁾	0,29	0,31	einschalige KS-Außenwand mit Thermohaut (Wärmedämm-Verbundsystem)³⁾ 1 cm Innenputz (λ = 0,70 W/(m·K)) 17,5 cm KS-Außenwand, RDK 1,8 ⁴⁾ Wärmedämmstoff ~ 1 cm Außenputz (λ = 0,70 W/(m·K))
	34,5	15	0,14 ²⁾	0,20	0,22	
	39,5	20	0,11 ²⁾	0,15	0,16	
	44,5	25	0,09 ²⁾	0,12	0,13	
	49,5	30	0,07 ²⁾	0,10	0,11	
	41	10	0,19	0,27	0,29	zweischalige KS-Außenwand mit Kerndämmung 1 cm Innenputz (λ = 0,70 W/(m·K)) 17,5 cm KS-Tragschale, RDK 1,8 ⁴⁾ Kerndämmung ³⁾ 1 cm Fingerspalt, R = 0,15 11,5 cm ⁶⁾ KS-Verblender, RDK 2,0 ⁴⁾
	43	12	0,16	0,23	0,25	
	45	14	0,14	0,20	0,22	
	47	16 ⁵⁾	0,13	0,18	0,19	
	49	18 ⁵⁾	0,11	0,16	0,17	
	51	20 ⁵⁾	0,10	0,15	0,16	
	44	10	0,20	0,28	0,30	zweischalige KS-Außenwand mit Wärmedämmung und Luftschicht 1 cm Innenputz (λ = 0,70 W/(m·K)) 17,5 cm KS-Innenschale (tragende Wand), RDK 1,8 ⁴⁾ Dämmplatten Luftschicht ≥ 4 cm nach DIN 1053-1 11,5 cm ⁶⁾ KS-Verblendschale (KS Vb 2,0)
	46	12 ⁵⁾	0,17	0,24	0,26	
	48	14 ⁵⁾	0,15	0,21	0,22	
	50	16 ⁵⁾	0,13	0,18	0,20	
	31,5	10	–	–	0,30	Einschalige KS-Außenwand mit hinterlüfteter Außenwandbekleidung 1 cm Innenputz (λ = 0,70 W/(m·K)) 17,5 cm KS-Außenwand, RDK 1,8 ⁴⁾ Wärmedämmstoff 2 cm Hinterlüftung Fassadenbekleidung (Dicke nach Art der Bekleidung)
	33,5	12	–	–	0,26	
	37,5	16	–	–	0,20	
	41,5	20	–	–	0,16	
	46,5	25	–	–	0,13	
	51,5	30	–	–	0,11	
	47,5	5	–	–	0,56	Einschaliges KS-Kellermauerwerk mit außen liegender Wärmedämmung (Perimeterdämmung) 36,5 cm KS-Außenwand, RDK 1,8 ⁴⁾ Perimeterdämmplatten ³⁾⁷⁾ Abdichtung
	50,5	8	–	–	0,40	
	52,5	10	–	–	0,34	
	57,5	15	–	–	0,25	
	62,5	20	–	–	0,20	
	67,5	25	–	–	0,17	

Als Dämmung können unter Berücksichtigung der stofflichen Eigenschaften und in Abhängigkeit von der Konstruktion alle genormten oder bauaufsichtlich zugelassenen Dämmstoffe verwendet werden, z.B. Hartschaumplatten, Mineralwolleplatten.

¹⁾ Phenolharz-Hartschaum, Zulassungsnummer Z-23.12-1465

²⁾ Die Zulassung eines WDVS mit Phenolharz-Hartschaum ist von Weber beim DIBt beantragt.

³⁾ Durch Zulassungen geregelt.

⁴⁾ Bei anderen Dicken oder RDK ergeben sich nur geringfügig andere U-Werte.

⁵⁾ Bei Verwendung von bauaufsichtlich zugelassenen Ankern mit Schalenabstand ≤ 20 cm.

⁶⁾ 9 cm möglich, nach DIN 1053-1

⁷⁾ Der Zuschlag ΔU = 0,04 W/(m·K) nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen ist bereits berücksichtigt.

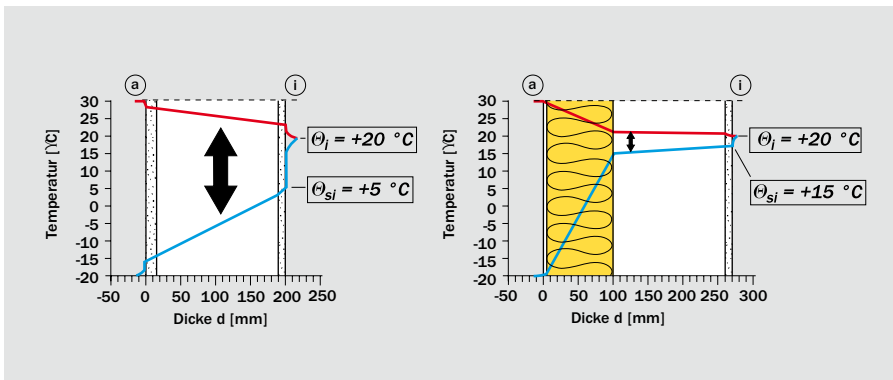


Bild 3: Minimale Innenoberflächentemperatur θ_{si} sowie jahreszeitlich bedingte Temperaturänderung des KS-Mauerwerks mit und ohne Wärmedämmung

1.4 Schallschutz

Die Anforderungen an den Schallschutz gegen Außenlärm sind DIN 4109 [6] in Abhängigkeit von der Nutzung des Gebäudes und dem maßgeblichen Außenlärmpegel zu entnehmen. Zukünftig ist dabei auch die Frequenzabhängigkeit der Außenlärmquellen, wie für schnellen Schienenverkehr oder innerstädtischen Verkehrslärm, durch Spektrums-Anpassungswerte zu berücksichtigen.

Bei der Bestimmung des vorhandenen Schalldämm-Maßes ist der Einfluss zusätzlicher Bauteilschichten zu berücksichtigen.

Bei zweischaligen KS-Außenwänden oder einschaligen KS-Außenwänden mit Außendämmung können die positiven Eigenschaften der Massivwand auch in Hinblick auf die Flankendämmung in vollem Umfang ausgeschöpft werden.

1.5 Feuchte- und Witterungsschutz

Im Hinblick auf den Feuchte- und Witterungsschutz sind folgende Phänomene zu untersuchen:

- Tauwasserbildung
 - im Wandinnern sowie
 - auf den inneren Wandoberflächen,
- Schimmelpilzgefährdung,
- Schlagregen- und
- Spritzwasserbeanspruchung.

1.5.1 Tauwasserbildung im Wandinnern

Nach DIN 4108-3 [4] ist nachzuweisen, dass das gegebenenfalls in der Tauperiode (Wintermonate) im Innern der Bauteile anfallende Tauwasser während der Verdunstungsperiode (Sommermonate) wieder ausdiffundieren kann. Gleichzeitig wird die anfallende Tauwassermenge auf

1,0 kg/m² bei kapillar wasseraufnahmefähigen Bauteilschichten und auf 0,5 kg/m² bei kapillar nicht wasseraufnahmefähigen Bauteilschichten begrenzt.

Eine weitere Voraussetzung für die Erfüllung des Tauwasserschutzes nach DIN 4108-3 ist die Begrenzung der Erhöhung des massebezogenen Feuchtegehalts auf ≤ 5 M.-% im Allgemeinen bzw. auf ≤ 3 M.-% bei Holz oder Holzwerkstoffen.

1.5.2 Tauwasserbildung auf Bauteilinnenoberflächen

Zur Vermeidung von Tauwasserbildung auf den Innenoberflächen der Außenbauteile wird die minimale Bauteilinnenoberflächentemperatur unter Zugrundelegung einer Außentemperatur von -5 °C nach DIN 4108-2 ermittelt und überprüft, ob unter den jeweiligen raumklimatischen Bedingungen die Taupunkttemperatur unterschritten wird. Im Einzelfall sollten besondere Randbedingungen berücksichtigt werden – wie ein stark behinderter Wärmeübergang durch Möblierung, Vorhänge o.Ä. sowie konstruktive oder geometrische Wärmebrücken.

1.5.3 Schimmelpilzbildung

Umfangreiche Untersuchungen (u.a. [7]) zeigen, dass bereits eine relative Luftfeuchte von zeitweise 80 % ausreichend ist, um Schimmelpilzbildung zu fördern. Durch den inneren Wärmeübergang ergibt sich in der kalten Jahreszeit an der Innenoberfläche der Außenbauteile eine gegenüber der Raumlufttemperatur geringere Temperatur. Bei gleich bleibender absoluter Luftfeuchte erhöht sich damit die relative Luftfeuchte in diesen oberflächennahen Bereichen. Insbesondere im Bereich von Wärmebrücken (also Bereichen mit gegenüber dem normalen Flächenbereich ohnehin geringeren Temperaturen an der Innenoberfläche) kann dann die Voraussetzung für Schimmelpilzbildung gegeben sein.

Nach DIN 4108-2 wird deshalb folgende Anforderung gestellt:

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \geq 0,7$$

mit

- f_{Rsi} Temperaturfaktor an der Bauteiloberfläche
- θ_{si} maßgebende Temperatur an der Bauteilinnenoberfläche [°C]
- θ_i Innenlufttemperatur [°C] ($\theta_i = 20$ °C)
- θ_e Außenlufttemperatur [°C] ($\theta_e = -5$ °C)

Hieraus ergibt sich, dass die Oberflächentemperatur θ_{si} mindestens 12,6 °C beträgt. Ein ordnungsgemäßes Lüftungsverhalten (relative Luftfeuchte $\theta_i \leq 50$ %) und Heizverhalten (Lufttemperatur $\theta_i \geq 20$ °C) des Nutzers wird dabei vorausgesetzt. Damit stellt sich an der Oberfläche eine maximale relative Luftfeuchte θ_{si} von 80 % ein, so dass die Gefahr einer Schimmelpilzbildung in diesem Fall ausgeschlossen werden kann. Hinweise zum sachgerechten Nutzerverhalten können [8, 9] entnommen werden.

1.5.4 Schlagregenschutz

Nach DIN 4108-3 werden die Beanspruchungsgruppen I (geringe Schlagregenbeanspruchung) bis III (starke Schlagregenbeanspruchung) definiert in Abhängigkeit von

- regionalen klimatischen Bedingungen (Regen, Wind),
- örtlicher Lage (Bergkuppe, Tal) sowie
- Gebäudeart (Hochhaus, eingeschossiges Gebäude).

Daneben werden Beispiele genormter Wandkonstruktionen angegeben, die den Anforderungen an die jeweiligen Beanspruchungsgruppen genügen, ohne andere Konstruktionen mit entsprechend gesicherter, praktischer Erfahrung auszuschließen.

Hierzu zählen zum Beispiel:

- zweischaliges KS-Mauerwerk mit Wärmedämmung
- einschaliges KS-Mauerwerk mit Wärmedämm-Verbundsystem
- einschaliges KS-Mauerwerk mit hinterlüfteter Außenwandbekleidung

1.5.5 Spritzwasser

Für den Spritzwasserbereich (≤ 30 cm über Geländeoberkante) sind besondere konstruktive Maßnahmen zu ergreifen, wie z.B. wasserabweisende Sockelputze.

Darüber hinaus ist zu empfehlen, an den Gebäudeaußenflächen einen ca. 50 cm breiten und 20 cm tiefen Kiesstreifen anzuordnen, um die Bildung von Spritzwasser bei Niederschlägen und eine damit einhergehende Verschmutzung der Oberfläche zu reduzieren.

1.6 Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit

Im Hinblick auf die Gebrauchstauglichkeit sind insbesondere die Beanspruchungen durch Temperatur- und Feuchtewechsel bezüglich möglicher Zwangbeanspruchungen zu berücksichtigen.

Die Dauerhaftigkeit wird darüber hinaus durch die Beständigkeit gegenüber UV-Beanspruchung und möglichem chemischen Angriff – z.B. durch Luftschadstoffe oder Reinigungsmittel – bestimmt.

1.7 Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit ist nicht nur unter dem Aspekt der Minimierung der Erstinvestitionskosten, sondern insbesondere unter Berücksichtigung der Nutzungsphase – z.B. Heizenergiekosten oder Instandhaltungskosten – zu betrachten.

Gerade KS-Funktionswände bieten hierzu kostengünstige Möglichkeiten, hochdämmende Konstruktionen zu erzielen, die zudem eine hohe Dauerhaftigkeit aufweisen und durch schlanke Konstruktion Nutzflächengewinne ermöglichen.

2. KONSTRUKTIONSÜBERSICHT

Im Allgemeinen können KS-Außenwandkonstruktionen entsprechend Bild 4 differenziert werden.

Um insbesondere dem Anspruch an ein hohes Wärmeschutzniveau gerecht zu werden, sollten bei beheizten Gebäuden nur folgende Konstruktionen eingesetzt werden:

- zweischaliges KS-Mauerwerk mit Wärmedämmung.
- einschaliges KS-Mauerwerk mit Wärmedämmung
 - als KS-Thermohaut (KS + Wärmedämm-Verbundsystem (WDVS))
 - als KS-Außenwand mit hinterlüfteter Außenwandbekleidung

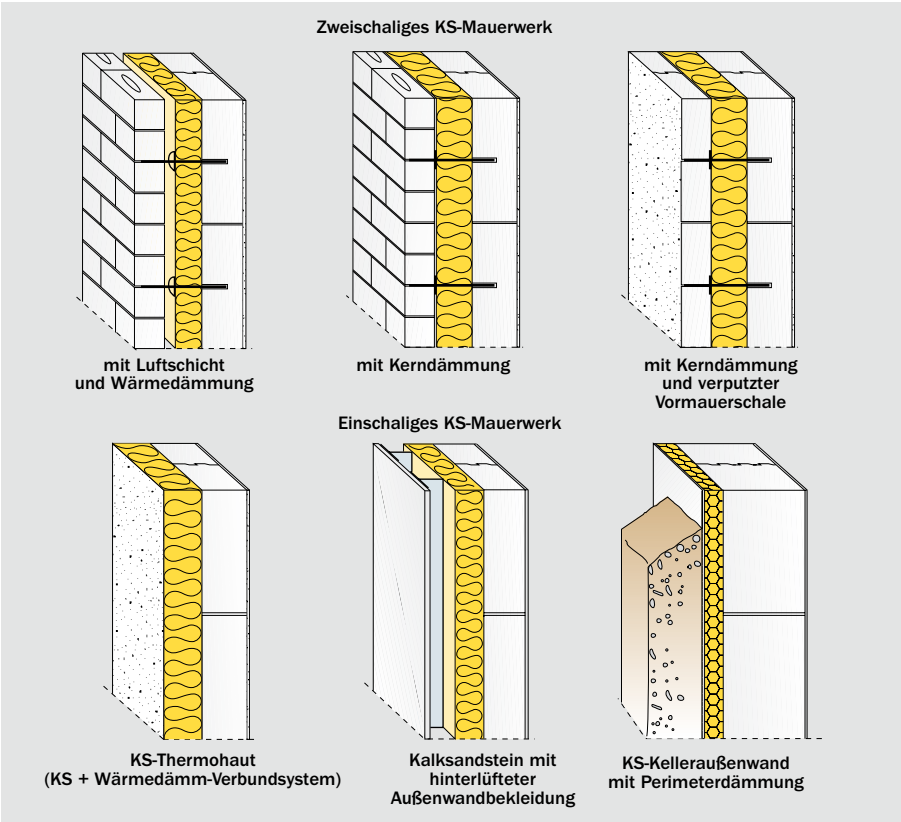


Bild 4: KS-Außenwandkonstruktionen für beheizte Gebäude

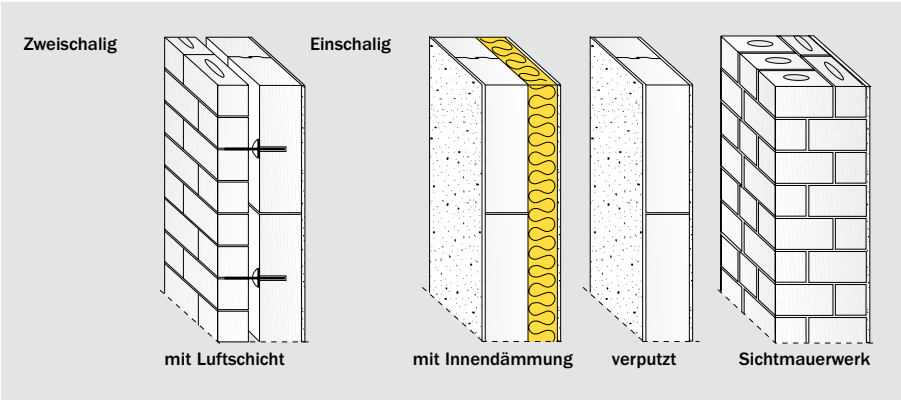


Bild 5: KS-Außenwandkonstruktionen für Sonderfälle

Tafel 2: Anwendungsbereiche von KS-Außenwandkonstruktionen

KS-Konstruktion	Anwendung	
	beheizte Gebäude	Sonderfälle
zweischaliges Mauerwerk mit • Luftschicht und Wärmedämmung • Kerndämmung • Putzschicht • Luftschicht	X X X	X
einschaliges Mauerwerk mit Wärmedämmung • als KS-Thermohaut (Wärmedämm-Verbundsystem (WDVS)) • als KS-Außenwand mit hinterlüfteter Außenwandbekleidung • als KS-Außenwand mit Innendämmung	X X	X
einschaliges Mauerwerk ohne Wärmedämmung (verputzt, unverputzt (einschaliges Verblendmauerwerk))		X

3. ZWEISCHALIGES MAUERWERK

3.1 Konstruktionsprinzip

Zweischalige KS-Außenwände bestehen aus zwei massiven Mauerschalen mit einer dazwischen liegenden Luft- und/oder Wärmedämmschicht (Kerndämmung).

Bei dieser Konstruktion besteht eine klare funktionale Trennung der einzelnen Bauteilschichten.

Die Innenschale hat in erster Linie statische sowie Wärme speichernde Funktion. Die Außenschale hat die Aufgaben des Witterungsschutzes zu erfüllen. Die dazwischen liegende Schicht – als Luft- und/oder Wärmedämmschicht – bestimmt im Wesentlichen die wärme- und feuchteschutztechnischen Belange. Die massiven Innen- und Außenschalen zusammen ergeben den besonders guten Schutz gegen Außenlärm.

3.2 Entwicklung

Konstruktionen mit zweischaligem Mauerwerk sind bereits aus dem römischen Reich (siehe Vitruv: „De Architectura Libri Decem“, 2. Buch) bekannt.

Zweischaliges KS-Mauerwerk hat sich in der Fassade seit vielen Jahrzehnten auch in Gegenden mit extremen Witterungsbedingungen hervorragend bewährt.

3.3 Baurechtliche Regelung

Zweischaliges Mauerwerk wird durch DIN 1053-1 geregelt, die in der Liste der Technischen Baubestimmungen aufgeführt wird.

Für einzelne Konstruktionskomponenten können darüber hinaus Prüfzeugnisse (z.B. für Drahtankervarianten) oder allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen (z.B. für Flachstahlanker oder Kerndämmmaterialien) erforderlich werden.

3.4 Konstruktionsübersicht

Zweischalige KS-Außenwandkonstruktionen werden wie folgt unterschieden:

- zweischaliges KS-Mauerwerk mit Kerndämmung
- zweischaliges KS-Mauerwerk mit Wärmedämmung und Luftschicht
- zweischaliges KS-Mauerwerk mit Luftschicht (bei unbeheizten Gebäuden)



Bild 6: Sichtmauerwerk aus KS-Verblendern, Format 2DF



Bild 7: Sichtmauerwerk aus bruchrauen KS-Verblendern, Format NF

3.5 Komponenten

3.5.1 Tragende KS-Innenschale

Die mindestens 11,5 cm dicke tragende Innenschale übernimmt die statische Funktion und ist nach DIN 1053 zu bemessen.

3.5.2 Anker

Drahtanker nach DIN 1053-1

Die Mauerwerksschalen sind nach DIN 1053 durch Drahtanker aus nicht rostendem Stahl mit den Werkstoffnummern 1.4401 oder 1.4571 nach DIN 17440 zu verbinden.

In Abhängigkeit vom Abstand der Mauerwerksschalen und der Höhe der Wandbereiche über Gelände wird der erforderliche Durchmesser der Drahtanker und die Mindestanzahl der Drahtanker je m² Wandfläche festgelegt. Der vertikale Abstand der Drahtanker soll dabei höchstens 500 mm¹⁾, der horizontale Abstand höchstens 750 mm betragen.

Zusätzlich müssen an freien Rändern der Außenschale – wie im Bereich von Dehnfugen, an Gebäudekanten, am oberen Ende der Außenschale sowie umlaufend um Wandöffnungen – drei Drahtanker je Meter Randlänge angeordnet werden (Bild 9).

Bei zweischaligen Außenwänden werden i.d.R. zweistufige Klemm- und Abtropfscheiben auf die Drahtanker im Bereich der Luftschicht aufgeschoben, damit kein ggf. an den Drahtankern entlang laufendes Wasser bis zur Wärmedämmung gelangen kann, sondern im Bereich der Kunststoffscheibe (Tropfscheibe) im Schalenzwischenraum abtropft. Gleichzeitig haben sie die Funktion der Dämmstofffixierung.

Anker nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen (ABZ)

Weichen Form oder Maße der Anker von DIN 1053-1 ab, so muss durch Prüfzeugnisse nachgewiesen werden, dass diese Variante der Verankerungsart eine Zug- und Druckkraft von mindestens 1 kN je Drahtanker bei einem maximalen Schlupf von 1,0 mm aufnehmen kann.

Andere Ankerformen (z.B. Flachstahlanker) und Dübelanker dürfen verwendet werden, wenn deren Brauchbarkeit nach den bauaufsichtlichen Vorschriften, z.B. durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (ABZ), nachgewiesen ist.

¹⁾ Bei KS XL mit Schichthöhen von 625 mm ist auch ein vertikaler Abstand von 625 mm in den bauaufsichtlichen Zulassungen geregelt. Der waagerechte Abstand beträgt dann max. 250 mm.

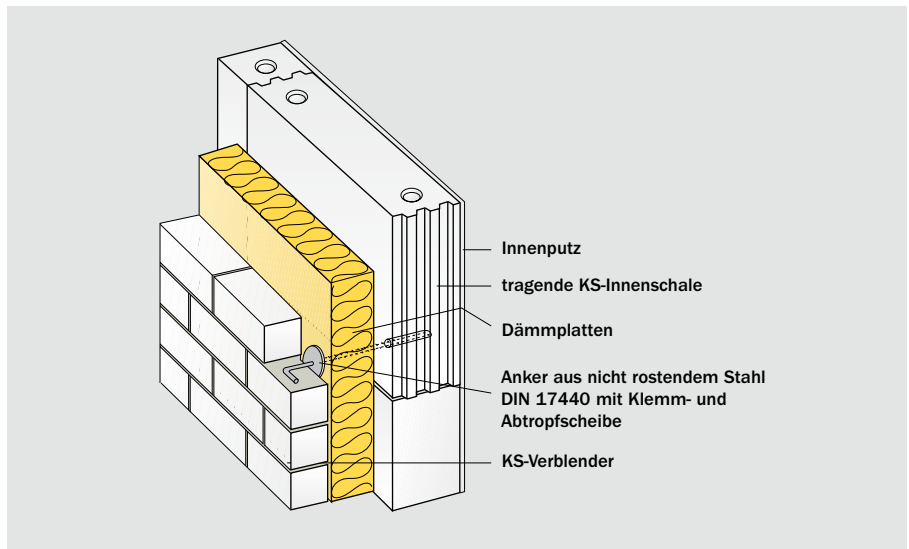


Bild 8: Systemaufbau zweischaliges Mauerwerk mit Kerndämmung

Luftschichtanker zum Einlegen werden beim Aufmauern in die Lagerfuge der Tragschicht eingelegt. Für Plansteinmauerwerk mit Dünnbettmörtel gibt es bauaufsichtlich zugelassene Flachstahlanker aus Edelstahl.

Ist das Einlegen der Anker in den Lagerfugen der Tragschale nicht möglich, kann die Verwendung von Schlagdübelankern sinnvoll sein. Nach den Zulassungen sind dabei für die tragende Innenschale KS-Vollsteine der Steindruckfestigkeitsklasse $\geq 12/\text{MG II}$ zu verwenden. Luftschichtanker zum Eindübeln dürfen nicht in die Lager- oder Stoßfuge gesetzt werden. Der Abstand der Dübel zu den Steinrändern muss mindestens 3,0 cm betragen.

Bei fehlerhafter Ausführung der Luftschichtanker kann eine nachträgliche Sicherung durch speziell entwickelte Sanieranker erfolgen – z.B. durch Injektionsanker (Fa. Hilti).

Bei Verwendung von Luftschichtankern sind – je nach Zulassung – erhöhte Schalenabstände bis max. 20 cm möglich.

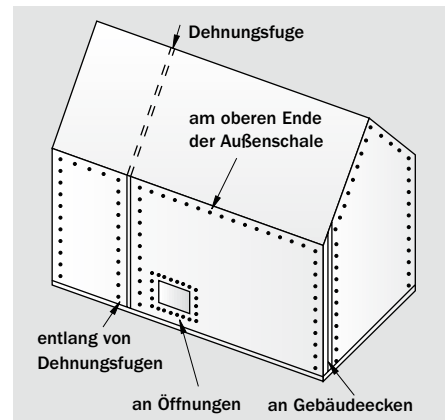


Bild 9: Anordnung zusätzlicher Drahtanker (3 Stück je m) nach DIN 1053-1



Foto: H & R GmbH

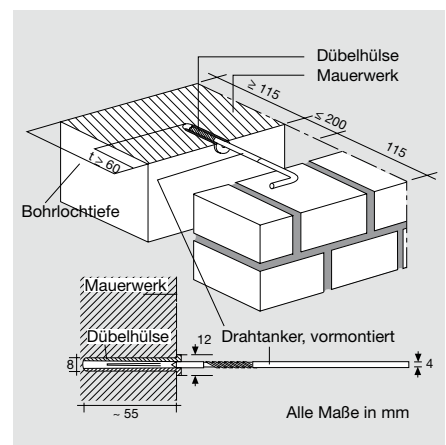
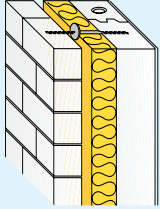


Bild 10: Dübelanker mit Klemm- und Abtropfscheibe im eingebauten Zustand (links) und als Prinzipskizze (rechts)

Tafel 3: Luftschichtanker zum Einlegen beim Aufmauern

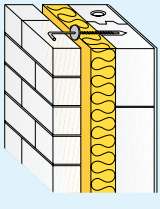
Zulassung	Z-17.1-633 ¹⁾ (Bever GmbH)	Z-17.1-710 ¹⁾ (H&R GmbH) – Anker Typ 1	Z-17.1-822, Anlage 1 (H&R GmbH)	Z-17.1-825 (Bever GmbH)	Z-17.1-888 ²⁾ (Bever GmbH) ²⁾	
Ankerlänge	220 bis 320 mm	230 bis 355 mm	275 bis 350 mm	275 bis 350 mm	280 bis 360 mm	
max. Schalenabstand	100 bis 170 mm	100 bis 175 mm	≤ 200 mm	≤ 200 mm	120 bis 200 mm	
Tragschale	Voll-/Lochsteine mit Normalmörtel MG IIa/ MG III oder Plan-/Fasensteine / KS XL mit Dünnbettmörtel	Voll-/Lochsteine mit Normalmörtel MG II/ IIa / MG III oder Plan-/Fasensteine als Vollsteine / KS XL mit Dünnbettmörtel	Voll-/Lochsteine mit Normalmörtel ≥ MG IIa	Voll-/Lochsteine mit Normalmörtel ≥ MG IIa	Voll-/Lochsteine mit Normalmörtel MG IIa/ MG III oder Plan-/Fasensteine/ KS XL mit Dünnbettmörtel	

Bei Anforderungen an den Brandschutz (Gebäudeklasse nach Landesbauordnung) sind ggf. vorhandene Einschränkungen zur Verwendung von Dämmstoffen in den ABZ zu beachten.

¹⁾ Vormauerschale nur in Normalmörtel MG IIa zulässig.

²⁾ Auch für Vormauerschalen aus Plan- oder Fasensteinen in Dünnbettmörtel zulässig

Tafel 4: Luftschichtanker zum Eindübeln in die Tragschale

Zulassung	Z-17.1-822, Anlage 2 mit Dübel nach Z-21.2-1732 (H&R GmbH) ¹⁾	Z-17.1-825 mit Dübel nach Z-21.2-1009 (Bever) ¹⁾	
Schalenabstand	150 mm bis 200 mm	150 mm bis 200 mm	
Ankerdurchmesser	4 mm	4 mm	
Bohrerdurchmesser	8 mm	8 mm	
Bohrlochtiefe	≥ 60 mm	≥ 60 mm	
Tragschale	Vollsteine, SFK ≥ 12 mit Normalmörtel ≥ MG II oder Dünnbettmörtel	Vollsteine, SFK ≥ 12 mit Normalmörtel ≥ MG II oder Dünnbettmörtel	

¹⁾ Bei Anforderungen an den Brandschutz (Gebäudeklasse nach Landesbauordnung) sind ggf. vorhandene Einschränkungen zur Verwendung von Dämmstoffen in den ABZ zu beachten.

Tafel 5: Mindestanzahl der Anker je m² Wandfläche

		Drahtanker (d = 4 mm) nach DIN 1053-1	Z-17.1-633	Z-17.1-710 ³⁾	Z-17.1-822	Z-17.1-825	Z-17.1-888
1	Mindestens, sofern nicht Zeile 2 bis 10 maßgebend wird	5 ¹⁾	5	5	8	8	6
2	Wandbereich über 10 m und bis 12 m über Gelände	5	5	5	8	8	8
3	Wandbereich über 12 m und bis 20 m über Gelände	5	7	7	8	8	8
4	Abstand der Mauerwerksschalen über 120 mm bis 150 mm	7 ²⁾	7	7	8	8	6
5	Wandbereich bis 10 m über Gelände und Abstand der Mauerwerksschalen über 150 mm bis 170 mm	–	9	9	8	8	6
6	Wandbereich über 10 m und bis 12 m über Gelände und Abstand der Mauerwerksschalen über 150 mm bis 170 mm	–	9	9	8	8	8
7	Wandbereich über 12 m und bis 20 m über Gelände und Abstand der Mauerwerksschalen über 150 mm bis 170 mm	–	–	–	8	8	8
8	Wandbereich bis 10 m über Gelände und Abstand der Mauerwerksschalen über 170 mm bis 200 mm	–	–	–	9	9	6
9	Wandbereich über 10 m und bis 20 m über Gelände und Abstand der Mauerwerksschalen über 170 mm bis 200 mm	–	–	–	9	9	8
10	Zulage an freien Rändern je m Länge	3	–	–	3	3	4

¹⁾ Gilt auch für Drahtanker mit d = 3 mm.

²⁾ Bei Drahtankern mit d = 5 mm genügen 5 Anker je m² Wandfläche.

³⁾ Gilt auf für Schalenabstände bis 175 mm statt 170 mm.

3.5.3 Luft- bzw. Wärmedämmschicht

Bei zweischaligen Konstruktionen ohne Wärmedämmung soll die Luftschicht mindestens 60 mm betragen und darf bei Verwendung von Drahtankern nach DIN 1053-1 höchstens 150 mm dick sein (Bild 8). Die Dicke der Luftschicht darf bis auf 40 mm vermindert werden, wenn der Fugenmörtel mindestens an einer Hohlraumseite abgestrichen wird. Sie darf nicht durch Mörtelbrücken unterbrochen werden und ist durch geeignete Maßnahmen gegen herabfallenden Mörtel zu schützen. Dies ist z.B. beim Einsatz von Mörtelschlitten der Fall.

Bei zweischaligen Außenwänden mit Wärmedämmung und Luftschicht muss die Luftschichtdicke mindestens 40 mm betragen und darf nicht durch Unebenheit der Wärmedämmschicht eingengt werden. Der größte zulässige lichte Abstand der Mauerwerksschalen beträgt 150 mm bei der Verwendung von Drahtankern nach DIN 1053-1. Üblicherweise wird die maximale Dämmstoffdicke 10 cm gewählt. Bei Ankern nach ABZ sind auch 12 cm Dämmstoffdicke zulässig.

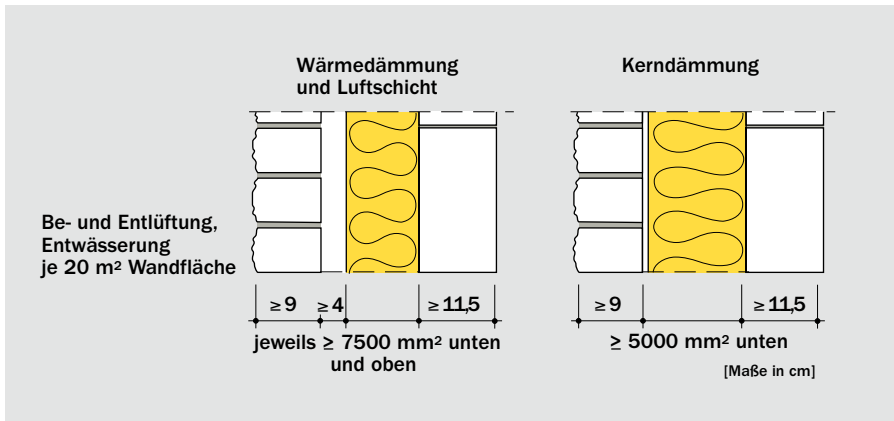


Bild 11: Maße der Öffnungen für Be-/Entlüftung und Entwässerung

Bei zweischaligem Mauerwerk mit *Kerndämmung* darf der Hohlraum zwischen den Mauerwerksschalen vollständig mit Wärmedämmstoff verfüllt werden, sofern der Wärmedämmstoff für diesen Anwendungsbereich genormt oder dessen Brauchbarkeit nach den bauaufsichtlichen Vorschriften – z.B. durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung – nachgewiesen ist.

Als Materialien der Wärmedämmung dürfen Platten, Matten, Granulate und

Schüttungen aus Dämmstoffen, die dauerhaft Wasser abweisend sind, sowie Ortschaume verwendet werden. Wärmedämmstoffplatten oder -matten sind dicht zu stoßen und ausreichend zu fixieren. Bei lose eingebrachten Wärmedämmstoffen – wie z.B. Mineralfasergranulat, Polystyrolschaumstoff-Partikeln oder Perliten – ist darauf zu achten, dass der Dämmstoff den Hohlraum vollständig ausfüllt und ausreichend verdichtet ist, um eine nachträgliche Sackung zu verhindern.

Aufgrund des geringen Bemessungswertes der Wärmeleitfähigkeit erweisen sich Dämmstoffplatten aus Phenolharzhartschaum²⁾ als wärmeschutztechnisch besonders günstig.

²⁾ z.B. $\lambda_R = 0,022 \text{ W/(m·K)}$ nach Zulassung Nr. Z-23.15-1465, Kingspan Kooltherm® K8 Kerndämmplatte

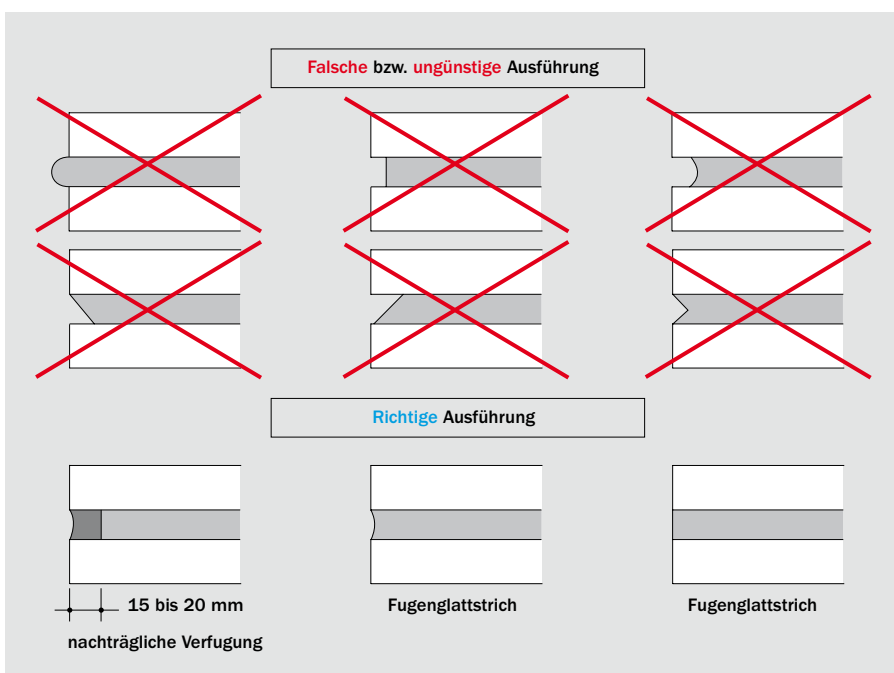


Bild 12: Fugenausbildung beim Sichtmauerwerk

3.5.4 KS-Verblendschale

Das Verblendmauerwerk aus KS-Verblendern ist Witterungsschutz und Gestaltungselement zugleich.

Die Außenschale wird aus frostwiderstandsfähigen KS-Verblendern hergestellt. Als Mauerwerksverband ist ein Läuferverband mit halbsteiniger Überdeckung zu empfehlen, da auf diese Weise die Zugfestigkeit der Verblendschale erhöht wird.

Die Verfugung der KS-Verblender soll kantebündig mit der Steinoberfläche, z.B. als konkav zurückliegender Fugenglattstrich, oder als nachträgliche Verfugung ausgeführt werden (Bild 12), so dass ein sich bei Schlagregen bildender Wasserfilm auf der Oberfläche ungehindert abfließen kann. Nach [10] bietet der Fugenglattstrich aufgrund der geringeren Anfälligkeit gegenüber Verarbeitungsfehlern im Vergleich zu einer nachträglichen Verfugung eine höhere Schlagregensicherheit. Durch das Glätten wird die Verfugung verdichtet und damit die mögliche Wasseraufnahme im Bereich der Fuge reduziert.

Die Verwendung von Werkfertigmörtel ist zu empfehlen, da dessen Wasserrückhaltevermögen werkseitig auf die Saugfähigkeit der KS-Verblender eingestellt werden kann und damit eine haftschlüssige Verbindung zwischen Stein und Mörtel gewährleistet ist.

Neue von der Mörtel- und der Kalksandsteinindustrie gemeinsam empfohlene Mörtel für Verblendschalen, Bild 13, sind das Ergebnis der technischen Weiterentwicklung. Die Lieferform Werk-Trockenmörtel ist dem Baustellenmörtel aus den nachfolgend genannten Gründen in jedem Falle vorzuziehen:

- gleich bleibend hohe Qualität und Sicherheit durch Gewährleistung einer genaueren Dosierung der Mörtelausgangsstoffe und damit einfache Handhabung auf der Baustelle
- Abstimmung auf das Saugverhalten der Kalksandstein-Verblender und damit höhere Sicherheit gegen „Mörtelverbrennen“
- höhere Mörtel-Haftscherfestigkeit: hoher und schneller Haftverbund
- einfachere Logistik durch gleichzeitige Lieferung von Steinen und Mörtel



Bild 13: Mörtelzertifikat Verblendmörtel

3.5.6 Verputzte Vormauerschale

Alternativ zum Verblendmauerwerk kann bei zweischaligem Mauerwerk mit Kerndämmung eine verputzte Vormauerschale ausgeführt werden. Da der außen liegende Putz die Wandkonstruktion vor Schlagregen schützt, werden keine Anforderungen an die Frostwiderstandsfähigkeit der Vormauersteine gestellt.

Beim Verputzen der nicht tragenden Vormauerschale von zweischaligen Außenwänden (Bild 14) sind die im Vergleich zu dem üblicherweise belasteten Mauerwerk größeren Verformungen des Putzgrundes zu beachten.

Verblendschalen sind nicht vertikal, z.B. durch eine Geschossdecke, belastet,

so dass thermische und hygrische Beanspruchungen zu schädlichen Verformungen führen können. Der Putzmörtel muss diese Verformungen schadensfrei aufnehmen können. Besonders geeignet sind deshalb Putzmörtel bzw. Putze mit niedrigem Zug-Elastizitätsmodul, hoher Zugbruchdehnung und Zug-Relaxation (hoher Spannungsabbau). Infrage kommen dafür Leichtputze nach DIN V 18550, auch mit Faserbewehrung.

Dehnungsfugen in der Vormauerschale sind im Putz fortzusetzen. Entwässerungsöffnungen sind nicht erforderlich und müssen, sofern vorhanden, vor dem Putzauftrag mit Mörtel verschlossen werden.

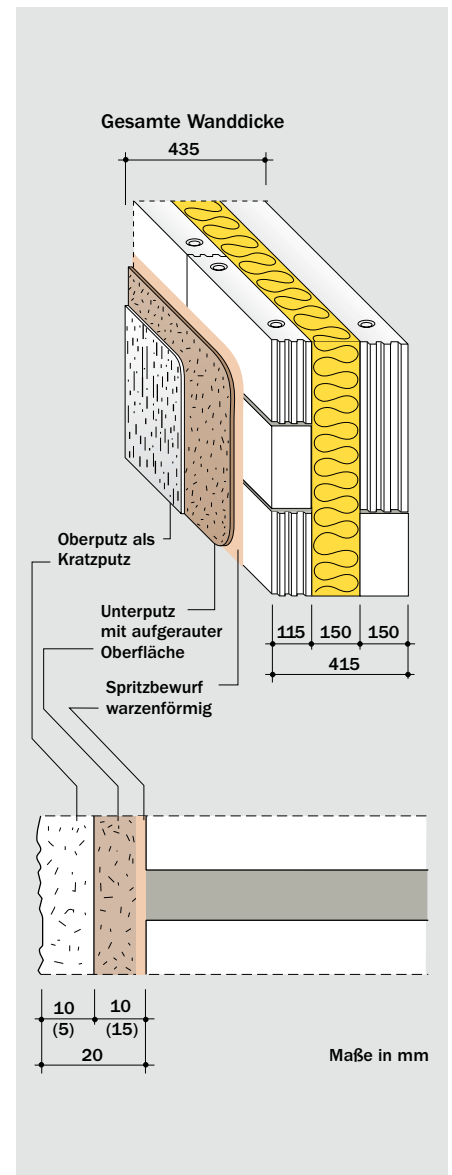


Bild 14: Verputzte Vormauerschale

3.6 Eigenschaften

3.6.1 Standsicherheit

Aufgrund der hohen Druckfestigkeit der Kalksandsteine kann die tragende Innenschale sehr schlank ausgeführt werden. Die Dicke beträgt nach DIN 1053 mindestens 11,5 cm.

Die Verblendschale hat nur ihre Eigenlast aufzunehmen und muss eine Dicke von mindestens 9 cm aufweisen.

Sind größere Tür- und Fensteröffnungen zu überbrücken oder befinden sich mehrere Öffnungen mit schmalen verbleibenden Pfeilern in der Außenwand, muss die Auflagerpressung unterhalb der Stürze in der Verblendschale nachgewiesen werden. Infolge der Verankerung mit der

Tafel 6: Höhenabstand der Abfangung von Verblendschalen

Dicke der Außenschale	maximale Höhe über Gelände	maximaler Überstand über Auflager	Höhenabstand der Abfangung
$9,0 \text{ cm} < d \leq 11,5 \text{ cm}$	$\leq 20,0 \text{ m}$	$\leq 1,5 \text{ cm}$	$\leq \text{ca. } 6,0 \text{ m}$
$d = 11,5 \text{ cm}$	unbegrenzt	$\leq d/3 \approx 3,8 \text{ cm}$	$\leq 2 \text{ Geschosse}$
$d = 11,5 \text{ cm}$	unbegrenzt	$\leq 2,5 \text{ cm}$	$\leq \text{ca. } 12,0 \text{ m}$

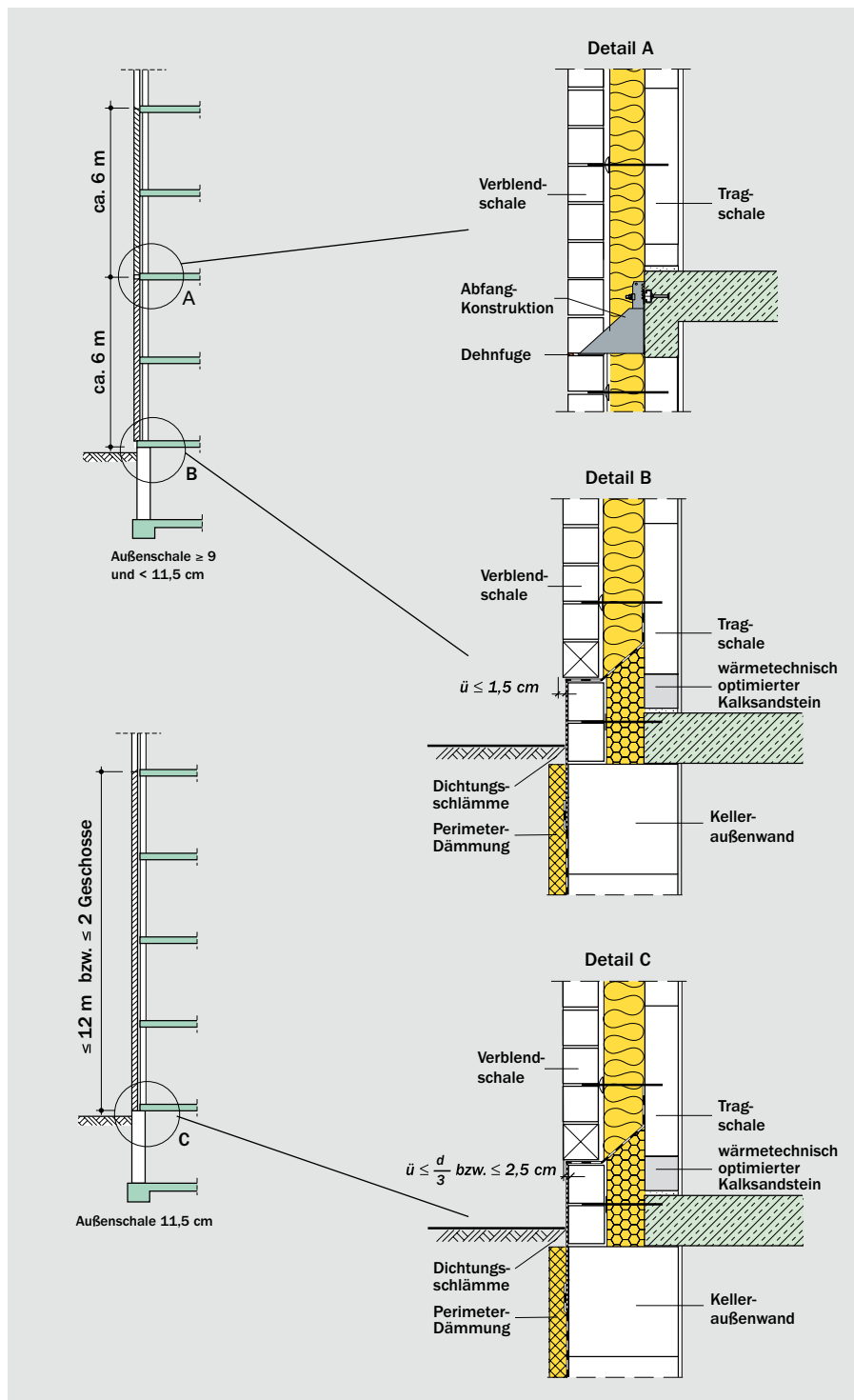


Bild 15: Randbedingungen zur Ausführung von zweischaligen Außenwänden nach DIN 1053-1

Tragschale durch Luftschichtanker sind beim statischen Nachweis keine Schlankheitsabminderungen zu berücksichtigen. Nur bei schmalen Pfeilern zwischen zwei Öffnungen ist ein Nachweis unter Berücksichtigung der Schlankheit h/d (Öffnungshöhe zu Verblendschalendicke) notwendig.

Die Aufnahme der Windsog- bzw. Winddruckkräfte ist durch die Anordnung der Anker ohne weiteren Nachweis gewährleistet.

Zur Begrenzung der Spannungen aus Eigengewicht muss die Höhe der Vormauerschale begrenzt werden, so dass nach DIN 1053-1 folgende Abfangungen erforderlich werden (Tafel 6 und Bild 15):

- bei Außenschalen von 9 cm bis 11,5 cm Dicke darf diese bis zu 1,5 cm über ihr Auflager vorstehen, wenn diese nur bis zu einer Höhe von 20 m über Gelände ausgeführt wird und ca. alle 6 m abgfangen wird,
- bei 11,5 cm dicker Außenschale mit einem maximalen Überstand von 3,8 cm ($d/3$) nach jeweils zwei Geschosshöhen,
- bei 11,5 cm dicker Außenschale mit einem maximalen Überstand von 2,5 cm in 12-m-Abständen.

Hierfür wird eine Vielzahl von Standardkonstruktionen (z.B. Bild 16) – teilweise mit typengeprüfter statischer Berechnung – von verschiedenen Herstellern angeboten. Wegen der Vielfalt möglicher Varianten werden Abfangungen in zunehmendem Maße durch spezialisierte Ingenieurabteilungen bei den Herstellerfirmen objektbezogen bemessen und komplett mit dem erforderlichen Montagezubehör angeboten. Die Verankerung der Abfangungen an der Innenschale erfolgt mit zugelassenen Schwerlastdübeln oder Ankerschienen – vorzugsweise im Bereich von Betonstützen, -decken oder Querwänden.

Zur Reduzierung der Zwangsbeanspruchung bzw. der Rissgefährdung aus hygrothermischen Verformungen wird die Anordnung von Dehnfugen in den KS-Verblendschalen erforderlich. Durch den Einbau von konstruktiver korrosionsgeschützter Bewehrung in der Lagerfuge lässt sich die Rissesicherheit erhöhen.

3.6.2 Brandschutz

Aufgrund der Nichtbrennbarkeit von Kalksandstein (Baustoffklasse DIN 4102-A) weist zweischaliges KS-Mauerwerk die bekanntermaßen sehr guten brandschutztechnischen Eigenschaften auf.

Spritzbare Fugendichtstoffe oder imprägnierte Fugendichtungsbänder, die jeweils in Baustoffklasse DIN 4102-B1 angeboten werden sowie Kerndämmplatten der Baustoffklassen B1 oder B2, haben keinen abmindernden Einfluss auf die brandschutztechnische Einstufung der Gesamtkonstruktion.

3.6.3 Wärmeschutz

Nach DIN EN ISO 6946 sind die Luftschichten bei zweischaligen Konstruktionen mit Luftschicht je nach Größe der Lüftungsöffnungen in „schwach belüftete“ bzw. „stark belüftete Luftschichten einge-

teilt. Bei den nach DIN 1053-1 geforderten Öffnungen ergeben sich meist „stark belüftete“ Luftschichten. In diesen Fällen ist der Wärmedurchlasswiderstand der äußeren Schale nicht mit anzusetzen. Für den Wärmeübergangswiderstand außen darf der gleiche Wert wie für den inneren Wärmeübergangswiderstand (im Allgemeinen $0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) angesetzt werden. Bei der Konstruktion „zweischalig mit Kerndämmung“ ist der äußere Wärmeübergangswiderstand mit $0,04 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ anzusetzen.

Bei einem Abstand der Mauerwerksschalen von 150 mm (Maximalwert nach DIN 1053) wird bei zweischaligen Konstruktionen mit Luftschicht und Wärmedämmung üblicher Weise eine Wärmedämmstoffdicke von 100 mm gewählt, um den erforderlichen Lüftungsquerschnitt (mindestens 40 mm) zu gewährleisten.

Um besonders hochwärmedämmende Konstruktionen – zum Beispiel für den Passivhausstandard – zu erzielen, wird die Verwendung von Kerndämmung mit geringer Wärmeleitfähigkeit (z.B. Phenolharzhartschaum³⁾ oder EPS-Hartschaum⁴⁾) und/oder von zugelassenen Ankern empfohlen, die Dämmstoffdicken bis 200 mm ermöglichen (siehe Tafeln 2 bis 4).

Im Hinblick auf den sommerlichen Wärmeschutz wirkt die tragende Innenschale als speicherfähige Masse, da sie über die Wärmedämmung vom Außenklima weitgehend abgekoppelt ist. Durch instationäre Wärmestromberechnungen wie praktische Messungen konnte nachgewiesen werden, dass die gelegentlich geäußerte Vermutung, dass bei Konstruktionen mit Kerndämmung ein Wärmestau in der Vorsatzschale entstehen würde, nicht zutrifft. Die Temperaturunterschiede zwischen hinterlüfteten und nicht hinterlüfteten Außenschalen sind sowohl im Sommer wie auch im Winter bei ansonsten gleichen Randbedingungen gering. Vielmehr wird die sommerliche Erwärmung durch die Absorption der Sonnenstrahlung und damit durch die Farbe der Fassade bestimmt. Helle Fassaden – wie sie bei KS-Verblendmauerwerk gegeben sind – wirken sich dabei besonders günstig aus.

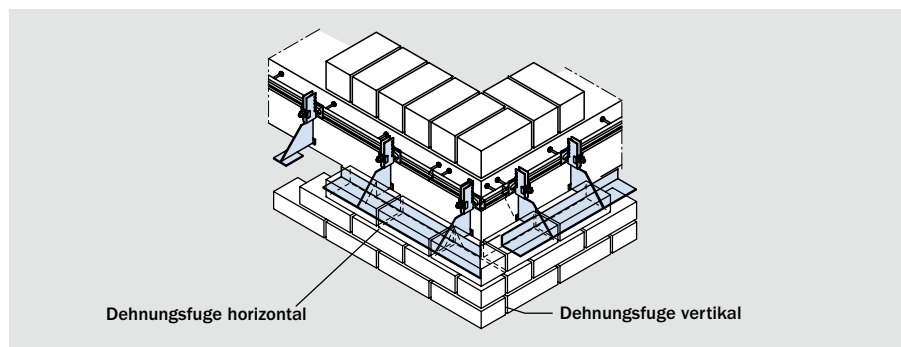


Bild 16: Abfangkonstruktion für Eckbereich mit höhenverstellbaren Konsolankern

Bild: Hallen

³⁾ z.B. $\lambda_g = 0,022 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ nach Zulassung Nr. Z-23.15-1465, Kingspan Kooltherm® K8 Kerndämmplatte
⁴⁾ Kerndämmplatten aus Neopor® mit $\lambda = 0,032 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Tafel 7: U-Werte von zweischaligen KS-Außenwänden mit Kerndämmung bzw. mit Wärmedämmung und Luftschicht

	Dicke des Systems [cm]	Dicke der Dämmschicht [cm]	U [W/(m²·K)] λ [W/(m·K)]			Beschreibung (Aufbau)
			0,022 ¹⁾	0,032	0,035	
	41	10	0,19	0,27	0,29	zweischalige KS-Außenwand mit Kerndämmung 1 cm Innenputz ($\lambda = 0,70 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) 17,5 cm KS-Tragschale, RDK 1,8 ³⁾ Kerndämmung ⁴⁾ 1 cm Fingerspalt, $R = 0,15$ 11,5 cm ⁵⁾ KS-Verblender, RDK 2,0 ³⁾
	43	12	0,16	0,23	0,25	
	45	14	0,14	0,20	0,22	
	47	16 ²⁾	0,13	0,18	0,19	
	49	18 ²⁾	0,11	0,16	0,17	
	51	20 ²⁾	0,10	0,15	0,16	
	44	10	0,20	0,28	0,30	zweischalige KS-Außenwand mit Wärmedämmung und Luftschicht 1 cm Innenputz ($\lambda = 0,70 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) 17,5 cm KS-Innenschale (tragende Wand), RDK 1,8 ³⁾ Dämmplatten Luftschicht $\geq 4 \text{ cm}$ nach DIN 1053-1 11,5 cm ⁵⁾ KS-Verblendschale (KS Vb 2,0)
	46	12 ²⁾	0,17	0,24	0,26	
	48	14 ²⁾	0,15	0,21	0,22	
	50	16 ²⁾	0,13	0,18	0,20	

Als Dämmung können unter Berücksichtigung der stofflichen Eigenschaften und in Abhängigkeit von der Konstruktion alle genormten oder bauaufsichtlich zugelassenen Dämmstoffe verwendet werden, z.B. Hartschaumplatten, Mineralwolleplatten.

¹⁾ Phenolharz-Hartschaum, Zulassungsnummer Z-23.12-1465

²⁾ Bei Verwendung von bauaufsichtlich zugelassenen Ankern mit Schalenabstand $\leq 20 \text{ cm}$.

³⁾ Bei anderen Dicken oder RDK ergeben sich nur geringfügig andere U-Werte.

⁴⁾ Durch Zulassungen geregelt.

⁵⁾ 9 cm möglich, nach DIN 1053-1

3.6.4 Schallschutz

Die massiven Innen- und Außenschalen aus Kalksandstein bieten aufgrund der schallschutztechnisch weichen Kopplung beider Schalen einen besonders guten Schutz gegen Außenlärm. Bei der rechnerischen Bestimmung wird zunächst das bewertete Schalldämm-Maß für die Summe der flächenbezogenen Massen der Einzelschalen ermittelt und zusätzlich ein Aufschlag berücksichtigt von:

- 5 dB im Allgemeinen
- 8 dB, wenn die flächenbezogene Masse der anschließenden Innenwand mehr als 50 % der flächenbezogenen Masse der tragenden Innenschale entspricht

3.6.5 Feuchteschutz

Nach DIN 4108-3 kann auf einen dampfdiffusionstechnischen Nachweis bei zweischaligem Mauerwerk sowohl mit Wärmedämmung und Luftschicht als auch mit Kerndämmung verzichtet werden.

In Außenschalen dürfen glasierte Steine oder Steine mit Oberflächenbeschichtungen nur verwendet werden, wenn deren Frostwiderstandsfähigkeit unter erhöhten Beanspruchungen geprüft wurde, z.B. KS-Verblender nach DIN V 106.

3.6.6 Witterungsschutz

Feuchtigkeit, die durch Schlagregenbeanspruchung in die äußere Zone der Verblendschale eindringt, wird durch die Kapillarität des Baustoffes verteilt und bei trockenem Wetter durch Diffusionsvorgänge wieder an die Außenluft abgegeben. Zur Erhöhung der Schlagregensicherheit ist ggf. eine dampfdiffusionsoffene hydrophobierende Beschichtung auf die Verblendschale aufzubringen. Letztere wirkt gleichzeitig der örtlich vorhandenen Veralgungsgefahr entgegen – z.B. bei Standorten mit hohem Baumbestand.

Um ggf. hinter die Verblendschale gelangende Feuchtigkeit sicher aus der Konstruktion ableiten zu können, sind in der Verblendschale von zweischaligem Mauerwerk mit Luftschicht und Wärmedämmung jeweils oben und unten Lüftungs- bzw. Entwässerungsöffnungen vorzusehen. Die Lüftungsöffnungen sollen bezogen auf 20 m² Wandfläche – Fenster und Türen eingerechnet – eine Fläche von 7.500 mm² aufweisen. Das gilt auch für Brüstungsbereiche von Außenschalen sowie für die Bereiche über Türen oder Fenstern.

Bei zweischaligen Außenwänden mit Kerndämmung sind Entwässerungsöffnungen in der Außenschale im Fußpunktbereich mit einer Fläche von mindestens 5.000 mm² bezogen auf eine 20 m² große Wandfläche auszubilden – Fenster und Türen eingerechnet.

3.6.7 Gebrauchstauglichkeit

Die Gebrauchstauglichkeit von zweischaligen KS-Außenwänden ist im besonderen Maße gegeben:

- durch die Dehnfugenausbildung in der Verblendschale werden Zwangsbeanspruchungen aus hygrothermischer Beanspruchung minimiert,
- durch die Verwendung von KS-Verblendern ist die Frostwiderstandsfähigkeit der Außenschale gewährleistet,
- durch die massive KS-Außenschale ist eine robuste stoßunempfindliche Konstruktion gegeben,
- durch die geringen Wartungs- und Instandhaltungsaufwendungen ist eine dauerhafte und damit wirtschaftliche Konstruktion gegeben.

3.7 Dehnungsfugen

3.7.1 Senkrechte Dehnungsfugen

Senkrechte Dehnungsfugen in KS-Verblendschalen und verputzten Vormauer-schalen sind zur Begrenzung von Zwangsbeanspruchungen zu planen:

- bei langen Mauerwerksscheiben im Abstand von 6 bis 8 m,
- im Bereich von Gebäudeecken oder -kanten und
- bei großen Fenster- und Türöffnungen in Verlängerung der senkrechten Leibungen.

Die dehnfugene Wandlänge kann nach Schubert (vgl. Bild 18) [11] in Abhängigkeit von folgenden Parametern bemessen werden:

- Mauerwerkszugfestigkeit in Richtung der Wandlänge,
- Zug-Elastizitätsmodul in Richtung der Wandlänge,
- Schwindmaß und Temperaturlängenänderung,

- Wandhöhe der Verblendschale und
- Behinderungsgrad am Wandfuß der Verblendschale.

Bei Gebäuden mit Verblendschalen, die über mehrere Geschosse hindurchgehen, ist auf eine ungehinderte Verformungsmöglichkeit der Verblendschale in ihrer ganzen Höhe zu achten. So sind z.B. unterhalb von auskragenden Balkonplatten ausreichend dimensionierte Fugen anzuordnen. Gleiches gilt für Anschlüsse an angrenzende Bauteile – z.B. im Fensterleibungsbereich – oder andere Durchdringungen. Außerdem ist darauf zu achten, dass die Verblendschale unterhalb von Zwischenabfangungen genügend Ausdehnungsspielraum nach oben hat, damit die Abfangkonsolen die Temperatur- oder Feuchtedehnung nicht behindern.

Bei der Ausführung von Dehnungsfugen haben sich folgende Varianten bewährt:

- offene Vertikalfugen und
- geschlossene Fugen
 - mit spritzbarem Fugendichtstoff nach DIN 18540,
 - mit imprägnierten Fugendichtungsbändern aus Schaumkunststoff nach DIN 18542 sowie
 - mit Abdeckprofilen.

3.7.2 Offene Vertikalfugen

Vertikale Dehnungsfugen können als offene Fuge ausgeführt werden, wenn bei Konstruktionen mit Wärmedämmung (auch Kerndämmung) ein feuchtigkeitsunempfindliches Material oder ein hydrophobierter Dämmstoff eingesetzt wird. Die zulässige Fugenbreite wird dabei auf 15 mm begrenzt.



Bild 17: Ausführung einer Dehnungsfuge an einer Gebäudekante mit spritzbarem Fugendichtstoff

Rechnerische Beurteilung

Die rissfreie Wandlänge l_r bzw. der Dehnungsfugenabstand können wie folgt errechnet werden [12, 13]:

$$l_r \leq -\ln \left(1 - \frac{\beta_{z,mw}}{E_{z,mw} \cdot \text{ges } \varepsilon \cdot R} \right) \cdot \frac{h_{mw}}{0,23} \quad (1)$$

mit

$\beta_{z,mw}$ Mauerwerkzugfestigkeit Richtung Wandlänge

$E_{z,mw}$ Zug-Elastizitätsmodul Richtung Wandlänge

$\text{ges } \varepsilon$ gesamte Verformungen (Dehnungen) infolge Schwinden ε_s und Temperaturänderung ε_T

R Behinderungsgrad (am Wandfuß; vollständige Behinderung bei $R = 1,0$)

h_{mw} Wandhöhe

Die Gleichung (1) gilt bis zu einem Verhältniswert $l_r/h_{mw} \leq 5$. Über diesem Verhältniswert wirkt sich eine zunehmende Wandlänge unter sonst gleichen Bedingungen nicht mehr spannungserhöhend aus.

Geht man, wie in [14], von einer „zulässigen“ Zugspannung $\max \sigma_z \approx 0,7 \cdot \max \sigma_z (\beta_z)$ aus (was für die Beurteilung der Gebrauchsfähigkeit zulässig erscheint), so ergibt sich der Verhältniswert $\beta_{z,mw}/E_{z,mw}$ für Kalksandsteinmauerwerk in grober Näherung zu rd. $1/23000$. Wird dieser in die Gleichung eingesetzt, so erhält man:

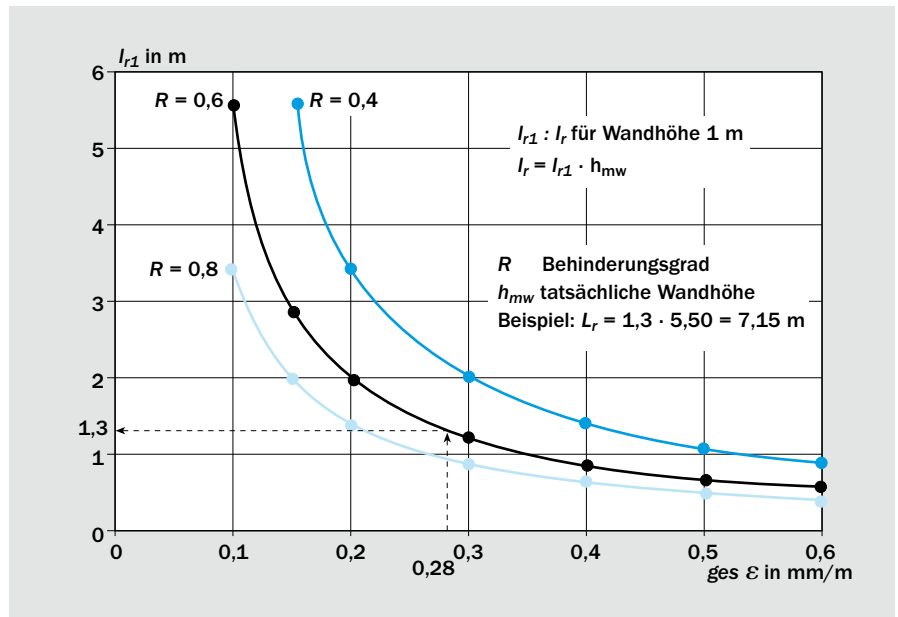
$$l_r \leq -\ln \left(1 - \frac{1}{23000 \cdot \text{ges } \varepsilon \cdot R} \right) \cdot \frac{h_{mw}}{0,23} \quad (2)$$

bzw.

$$l_r \leq -\ln (1 - \alpha) \cdot \frac{h_{mw}}{0,23} \quad (3)$$

Ist in der Gleichung $\alpha \geq 1$, so ist in der betrachteten Wand nicht mit Rissen zu rechnen. Bei α -Werten < 1 ergibt sich die rissfreie Wandlänge aus der Gleichung. Wie ersichtlich, nimmt die rissfreie Wandlänge zu, wenn die Gesamtdehnung infolge Schwinden und Temperaturabnahme sowie der Behinderungsgrad kleiner werden und sich die Wandhöhe vergrößert.

Bei üblicher Wandlagerung der Verblendschale im Fußpunktbereich auf einer Papplage kann der Behinderungsgrad R in etwa zu 0,6 angenommen werden. Er lässt sich verringern durch Anordnung von Zwischenschichten mit geringer Gleitreibung (z.B. zwei Papplagen mit geringem Reibungsbeiwert auf ebener Auflagerfläche). Zu beachten ist dabei, dass die



Rissfreie Wandlänge für eine 1 m hohe Wand l_{r1} in Abhängigkeit von der Gesamtdehnung $\text{ges } \varepsilon$ und dem Behinderungsgrad R

Standicherheit der Verblendschale nicht beeinträchtigt wird („Abrutschgefahr“).

Die rissfreie Wandlänge bzw. der Dehnungsfugenabstand können auch unter Bezug auf Gleichung (2) als Diagramm dargestellt werden. Aus dem Diagramm lässt sich in einfacher Weise mit der vorhandenen Gesamtdehnung und dem angenommenen Behinderungsgrad die rissfreie Wandlänge für eine Standardwandhöhe von 1 m entnehmen. Diese muss dann mit der tatsächlichen Wandhöhe multipliziert werden, um die rissfreie Wandlänge zu erhalten.

Im Allgemeinen wird ein Dehnungsfugenabstand bei Verblendschalen aus KS-Mauerwerk von 6 bis 8 m empfohlen [15, 16], wobei der untere Wert für un-

günstig exponierte Bauwerke und kerngedämmtes Mauerwerk (größere Temperaturunterschiede in der Verblendschale) angesetzt werden sollte.

Rechenbeispiel (siehe Diagramm)

Verblendschale aus KS Vb 20, MG IIa; Wandhöhe $h_{mw} = 5,50 \text{ m}$.

Annahmen:

Schwinddehnung $\varepsilon_s = 0,2 \text{ mm/m}$

Abkühlen (gegenüber Herstelltemperatur) $\Delta_T = 10 \text{ K}$

$\varepsilon_T = 8 \cdot 10^{-6} \cdot 10 = 8 \cdot 10^{-5} \text{ (mm/m)}$
 $= 0,08 \text{ mm/m}$

$R = 0,6$

Rissfreie Wandlänge:

$$l_r \leq -\ln \left(1 - \frac{1}{23 \cdot 10^3 \cdot 0,28 \cdot 10^{-3} \cdot 0,6} \right) \cdot \frac{5,50}{0,23}$$

$$l_r \leq 7,16 \text{ m}$$

Behinderungsgrad R

R	Bereich Wand-Auflager (Fundament, Decke)
0,4...0,6	2 Trennlagen übereinander (z.B. Bitumenpappe)
> 0,6...0,8	1 Trennlage
> 0,8...1,0	keine Trennlage; Mörtelschicht

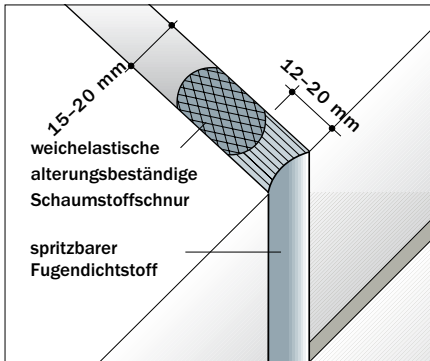


Bild 19: Dehnungsfuge mit spritzbarem Fugendichtstoff

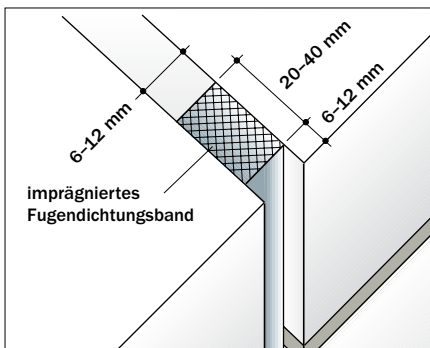


Bild 20: Dehnungsfuge mit imprägniertem Fugendichtungsband aus Schaumstoff

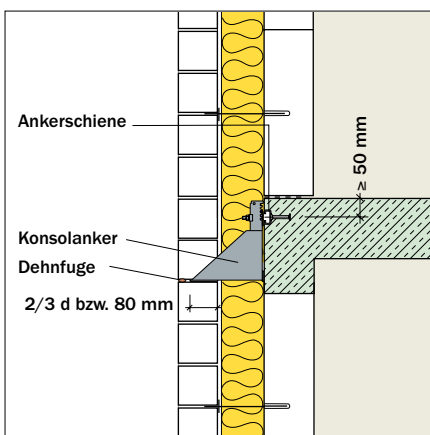


Bild 21: Zwischenabfangung

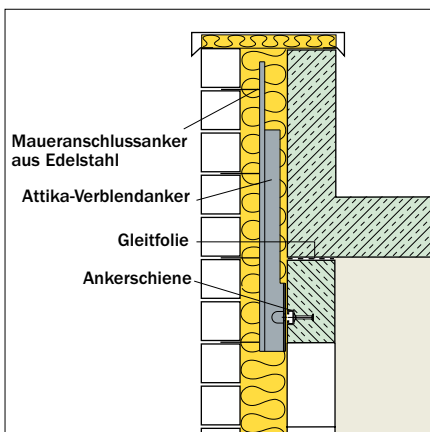


Bild 22: Attikaanschluss

3.7.3 Spritzbarer Fugendichtstoff

Fugen mit spritzbarem Fugendichtstoff (Bild 19) sind in DIN 18540 geregelt. Als Materialien haben sich ein- und zweikomponentige Systeme aus Polysulfid, Silikon-Kautschuk, Polyurethan oder Acryl-dispersion bewährt.

Gegebenenfalls werden zum System gehörend Primer oder Sperrgrund angeboten. Der Dichtstoff, der in vielen RAL-Farben angeboten wird, ist in der Regel nicht überstreichfähig.

Der Dichtstoff weist eine maximale Dehnfähigkeit von 25 % bezogen auf die Fugenbreite auf. Die Fugen sind entsprechend zu dimensionieren.

Der Untergrund muss fest, trocken, staubfrei und frei von Verunreinigungen oder beeinträchtigenden Beschichtungen sein. Die Einbautemperatur muss über +5 °C und unter +40 °C liegen. In die Fuge wird zunächst ein runder weichelastischer geschlossenzelliger Schaumstoff (Hinterfüllschnur) – z.B. Polyethylenschnur – (Ø = 15 mm Fugenbreite) eingebracht. Anschließend wird der Dichtstoff entweder per Hand oder mit Druckluftpistole eingespritzt. Dabei ist auf eine blasenfreie Verarbeitung sowie einen guten Kontakt zu den Fugenflanken zu achten. Der frische Dichtstoff wird anschließend mit einem in Seifenwasser angefeuchteten Fugholz, Fugeisen oder dem Finger in leicht konkave Form ausgebildet. Die konkave Form stellt sicher, dass einer großen Haftfläche zum Untergrund ein dehnweicher Mittelteil gegenübersteht. Dabei ist die Dichtstoffdicke in Abhängigkeit von der Fugenbreite entsprechend DIN 18540 festzulegen.

Neben DIN 18540 sind die Herstellerrichtlinien zu beachten.

3.7.4 Fugendichtungsbänder

Die vorkomprimierten, imprägnierten Fugendichtungsbänder aus Schaumstoffen (Bild 20) sind in DIN 18542 geregelt.

Entsprechend DIN 18542 werden Fugendichtungsbänder durch Temperatur-, Feuchte- sowie UV-Wechselbeanspruchung auf Dauerhaftigkeit geprüft.

In Abhängigkeit vom gewählten Dichtungsband beträgt die maximale Dehnung 30 bis 50 % bezogen auf die Fugenbreite. An den Untergrund werden geringere Anforderungen als beim Einsatz von Fugendichtstoffen gestellt. Der Untergrund muss nur grob von Bauschmutz sowie von Mörtel gereinigt werden. Das

vorkomprimierte Dichtungsband wird in die Fuge eingeschoben und zunächst entweder mit Hilfe einer selbstklebenden Beschichtung oder mit Holzkeilen oder Ähnlichem in seiner Lage gesichert, bis sich durch den Dekomprimierungsvorgang ein ausreichender Anpressdruck an die Fugenflanken einstellt.

Fugendichtungsbänder erweisen sich als wartungsfreundlich – sie können ggf. auch leicht ausgetauscht werden.

3.7.5 Abdeckprofile

Zum optischen Verschluss von Fugen sind auch Abdeckprofile geeignet, die in die Fuge eingeklemmt oder eingeklebt werden. Bei eingeklemmten Abdeckprofilen muss die vorgegebene Pressung ausreichen, um ein Herausfallen des Profils bei Vergrößerung der Fuge oder Kontraktion des Profils zu verhindern – z.B. infolge Temperaturabnahme.

3.8 Details

3.8.1 Abfangungen

Abfangungen sollen im Allgemeinen nicht sichtbar sein. Sie dürfen die Hinterlüftung der Verblendung nicht oder nur unwesentlich behindern. Für die Überbrückung von Fenstern oder Türen können Stürze verschiedener Ausführungen passend zum Sichtmauerwerk in die Fassade eingegliedert werden. Das ist auch über weiten Öffnungen möglich. So können z.B. für verdeckte Sturzabfangungen mit Roll- und Grenadierschicht vertikal stehende Stürze eingesetzt werden, die durch nach oben überstehende Schraubgewinde mit der Abfangkonsole verschraubt werden.

3.8.2 Lüftungs- und Entwässerungsöffnungen

Die Lüftungs- bzw. Entwässerungsöffnungen in der Verblendschale werden entweder in Form von offenen Stoßfugen oder mit Kunststoff-Formteilen ausgeführt.

Bei Konstruktionen mit Kerndämmung sind die Entwässerungsöffnungen im Bereich der Fußpunkte entsprechend DIN 1053-1 auszuführen. Dabei muss bei einer lose eingebrachten Kerndämmung, z.B. durch nicht rostende Lochgitter, sichergestellt werden, dass diese Dämmstoffe nicht ausrieseln können.

Bei sachgerecht verputzten Vormauerschalen von zweischaligem Mauerwerk mit Kerndämmung kann auf Entwässerungsöffnungen verzichtet werden, da der Außenputz einen ausreichenden Schlagregenschutz sicherstellt.

3.8.3 Fußpunktausbildung

Der Fußpunkt von zweischaligem Mauerwerk ist sorgfältig zu planen und auszuführen. Dabei sind folgende Hinweise und Empfehlungen zu beachten (Bild 24):

1. Entwässerung

- Bei Konstruktion mit Luftschicht dienen die Entwässerungsöffnungen am Fußpunkt gleichzeitig als Lüftungsöffnungen, die nach DIN 1053-1 mindestens 10 cm über Gelände anzuordnen sind.
- Die Entwässerungsöffnungen sind im Regelfall offene (unvermörtelte) Stoßfugen, die oberhalb der Abdichtung des Schalenraums angeordnet werden. Es wird empfohlen, alle Entwässerungsöffnungen in der untersten Schicht anzuordnen.
- In der Praxis ist festzustellen, dass bei sachgerecht ausgeführten Verblendschalen keine Laufspuren an den Entwässerungsöffnungen auftreten.
- Bei verputzten Vormauerschalen sind Entwässerungsöffnungen nicht erforderlich. Vor dem Verputzen sind diese zu schließen. Bei verputzten Vormauerschalen können Entwässerungsöffnungen sogar schädlich sein, da bei dieser Variante nicht frostwiderstandsfähige Steine eingesetzt werden dürfen und im Bereich der Entwässerungsöffnungen mit einer erhöhten Frostbelastung zu rechnen wäre.
- Nach DIN 18195-4 ist die Entwässerung unterhalb Gelände möglich, wenn sie in eine versickerungsfähige Verfüllung erfolgt und die Stöße der Bahnen verklebt sind. Mit einer höheren Durchfeuchtung der unteren Schichten des Verblendmauerwerks ist dabei zu rechnen. Erhöhte Frostbeanspruchung sowie optische Beeinträchtigungen können die Folge sein.

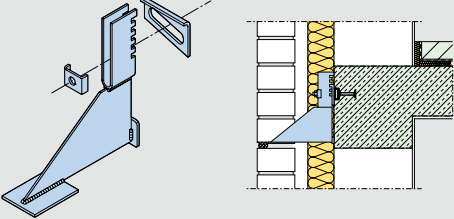
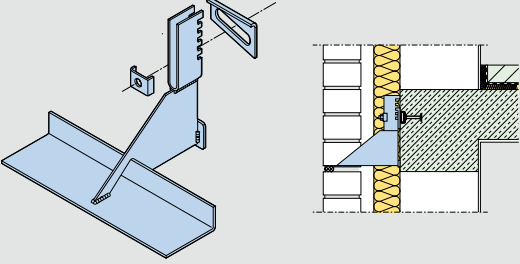
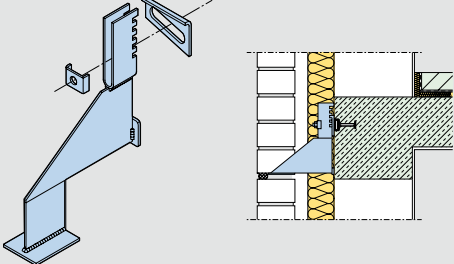
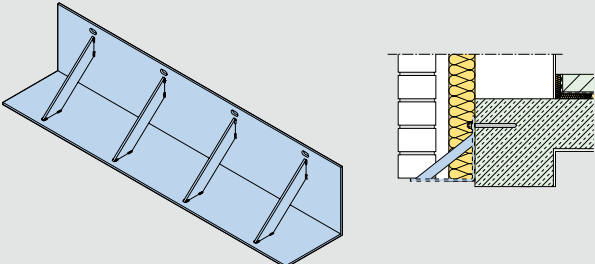
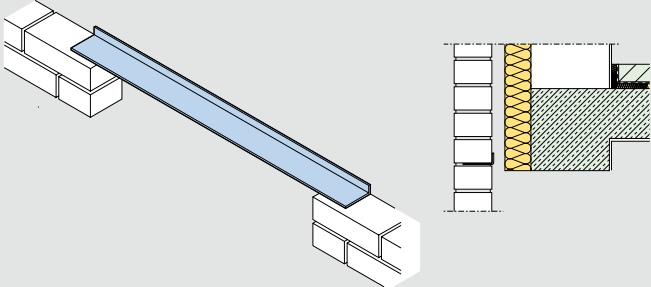
Verankerungen für Verblendmauerwerk		Einsatzbereich
Einzelkonsole		höhenjustierbare Abfangung von geschlossenen Wandflächen
Winkelkonsole		höhenjustierbare Abfangung über Öffnungen
Winkelkonsole mit Höhenversatz		höhenjustierbare Abfangung über Öffnungen mit Höhenversatz
Anschraubwinkel		einfache Abfangung von geschlossenen Wandflächen und über Öffnungen, mit Verschluss des Schalenraums
Auflagerwinkel		einfache Abfangung über Öffnungen, ohne Verschluss des Schalenraums

Bild 23: Übersicht unterschiedlicher Abfangkonstruktionen

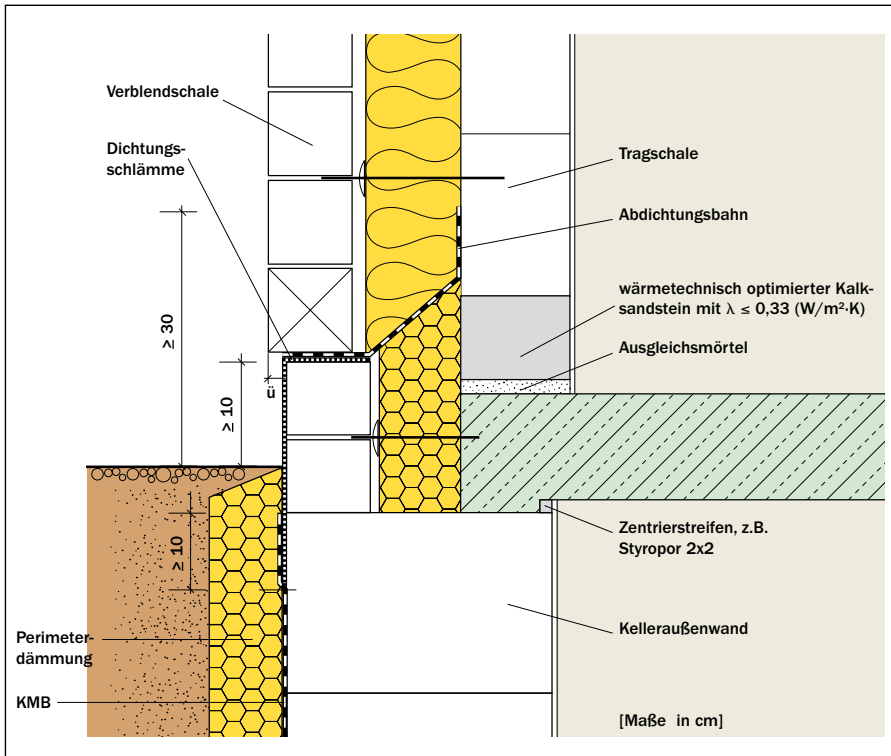


Bild 24: Fußpunktausbildung nach DIN 1053-1, Beispiel

2. Wärmedämmung

- Zur wirksamen Reduzierung von Wärmebrücken wird in DIN 4108, Beiblatt 2 [4] empfohlen, die Wärmedämmung von der Oberkante Betondecke 30 cm (z.B. 18 cm Decke + eine Mauerwerksschicht mit ca. 12,5 cm Höhe) nach unten zu führen. Dies führt zur ausmittigen Lasteinleitung der Normalkraft. Alternativ zum Herabführen der Wärmedämmung kann oberhalb der Betondecke ein wärmetechnisch optimierter Kalksandstein mit $\lambda \leq 0,33 \text{ W/(m·K)}$ eingesetzt werden. Die Wärmedämmung ist in jedem Fall bis zur Unterkante der Betondecke, also bis auf die Kellerwand herabzuführen. Die durch die exzentrisch aufstehende Tragschale resultierende Ausmitte wird durch das Einspannmoment der Kellerdecke vergrößert. Zur Begrenzung der Ausmitte empfiehlt es sich, die Betondecke mit Hilfe eines weichen (Zentrier-) Streifens (z.B. aus PS-Hartschaum 2 cm x 2 cm) oder eines flächigen Zentrierlagers durchzuführen. Im Erdgeschoss ausmittigg wirkende Wandnormalkräfte können somit durch die Kellerdecke auf der Kelleraußenwand zentriert werden.

Die Aufnahme des Biegemoments im Auflagerbereich der Kellerdecke ist nachzuweisen und die Kellerdecke entsprechend zu bewehren.

- Unterhalb der Abdichtungsbahn ist im Schalenzwischenraum eine abgechrägte Hartschaumplatte einzustellen, die als Rücklage für die Abdichtung dient. Damit wird die nach DIN 1053 geforderte Verlegung im Gefälle zur sicheren Ableitung des Wassers hergestellt.
- Die außen liegende Perimeterdämmung ist so weit wie möglich hochzuführen, zu befestigen (z.B. flächige Verklebung der oberen Platte) und vor Beschädigungen zu schützen. Es empfiehlt sich, die Perimeterdämmplatte am oberen Ende abzuschrägen und ca. 5 bis 10 cm unter Gelände enden zu lassen.
- Bei beheizten Kellern ist ein Überlappungsbereich von außen liegender Perimeterdämmung und Wärmedämmung im Schalenraum von ca. 10 cm zu empfehlen.

3. Abdichtung

- Die Abdichtungsbahn ist (nach DIN 1053-1) im Schalenraum mit Gefälle nach außen zu verlegen, an der Tragschale hochzuführen und zu befestigen. Die Befestigung an der Tragschale (ca. 30 cm über Gelände) erfolgt i.d.R. mit Montagekleber. Dies ist völlig ausreichend, da die Abdichtungsbahn nach Montage der Dämmplatten durch die Klemmplatten in der Lage fixiert ist. Eine Abdichtung nach Art der Dachdecker (Flachdachabdichtung) ist weder erforderlich, sinnvoll noch wirtschaftlich. Zudem wird der Wärmeschutz verringert, da bei solch dick aufragenden Befestigungen die Wärmedämmung entsprechend ausgespart werden müsste. Ebenfalls abzulehnen ist das Einbinden der Abdichtungsbahn in die Tragschale. Bei Plansteinmauerwerk mit Dünnbettmörtel, insbesondere bei großformatigen Steinen mit Schichthöhen $\geq 50 \text{ cm}$, ist dies baupraktisch nicht durchführbar. Zudem wirkt die Abdichtungsbahn als Trennschicht und stört den Haftverbund.

- Die Aufstandsflächen der Verblendschale sind so auszubilden, dass ein Abrutschen der Verblendschale sicher auszuschließen ist. Die erste Ankerlage ist so tief wie möglich anzuordnen. Als Abdichtungsbahn im Schalenraum dürfen nach DIN 18195-4 nur folgende Bahnen eingesetzt werden:
 - a) Bitumen-Dachbahnen mit Rohfilzeinlage nach DIN 52128
 - b) Bitumen-Dachdichtungsbahnen nach DIN 52130
 - c) Kunststoff-Dichtungsbahnen nach DIN 18195-2, Tabelle 5:
 - ECB-Bahnen nach DIN 16729
 - PIB-Bahnen nach DIN 16935
 - nicht bitumenverträgliche PVC-P-Bahnen nach DIN 16735, DIN 16938, DIN 16734
 - bitumenverträgliche PVC-P-Bahnen nach DIN 16937
 - bitumenverträgliche EVA-Bahnen nach DIN 18195-2, Tabelle 7
 - Elastomer-Bahnen nach DIN 7864-1, abweichend jedoch mit werkseitiger Beschichtung zur Nahtfügetechnik

- Die Abdichtungsbahn ist bis zur Vorderkante der Verblendschale zu führen. Dies wird in der Praxis meist nicht ausgeführt, da die schwarzen Abdichtungsbahnen optisch störend sind. Bewährt hat es sich, die Abdichtungsbahn auf eine Dichtungsschlämme aufzulegen und ca. 2 cm vor der Vorderkante der Verblendschale enden zu lassen. Mit der Dichtungsschlämme, die über die komplette Dicke der Verblendschale gezogen wird, wird die Abdichtung des Schalenraums mit der Vertikalabdichtung (nach DIN 18195) verbunden. Dabei ist eine Überlappungsbereich von ca. 10 cm einzuhalten [17]. Zur Haftverbesserung (z.B. Übergang zu kunststoffmodifizierter Bitumendickbeschichtung oder ggf. Sockelputz) ist das Absanden der Dichtungsschlämme im noch frischen Zustand zu empfehlen.

4. Sockel

- Das Herabführen der Verblendschale bis unter Gelände ist sorgsam zu planen, da hierbei mit erhöhter Verschmutzung und erhöhter Frostbeanspruchung zu rechnen ist.
- Grundsätzlich ist die Ausbildung eines wasserabweisenden Sockels mit wasserabweisenden Sockelputzen oder Dichtungsschlämme zu empfehlen. Der Sockelbereich ist einer erhöhten Spritzwasserbeanspruchung ausgesetzt und mindestens 10 cm über Gelände zu führen. Bei entsprechender Einfärbung (Pigmentierung) des Putzes bzw. der Dichtungsschlämme sind Eindunklungen weniger störend, die sich aufgrund der erhöhten Feuchtebeanspruchung ergeben.
- Um die Höhe des Spritzwasserbereichs weitestgehend auf den Sockel beschränken zu können, ist es sinnvoll, einen Kiesstreifen (ca. 50 cm breit und 20 cm tief) vor dem Verblendmauerwerk anzuordnen. Harte Beläge (z.B. Gehwegpflaster, Erdreich, Rasen) sollten aufgrund höherer Reflexion des Niederschlags und damit verbundener Verschmutzung nicht direkt an den Sockelbereich anschließen.
- Unbedingt zu vermeiden ist der Kontakt des Mauerwerks mit Tausalzen, da hier die Struktur geschädigt wird.

4. EINSCHALIGES KS-MAUERWERK MIT WÄRMEDÄMMUNG

4.1 Konstruktionsprinzip

Aufgrund der hohen Druckfestigkeit können die tragenden KS-Wände sehr schlank ausgeführt werden, so dass sich ein deutlicher Nutzflächengewinn ergibt. Durch die hohe Rohdichte ist gleichzeitig

der Schallschutz sowie der sommerliche Wärmeschutz gewährleistet.

Durch die Wärmedämmung werden nicht nur die Wärmeverluste und damit die Betriebskosten reduziert, sondern auch ein Beitrag zur zukünftigen Versorgungssicherheit mit Energie sowie zur Emissionsminderung und damit zum praktizierten Umweltschutz geliefert.



Bild 25: KS-Thermohaut-Konstruktionen sind individuell auf die geforderten Anforderungen einstellbar.

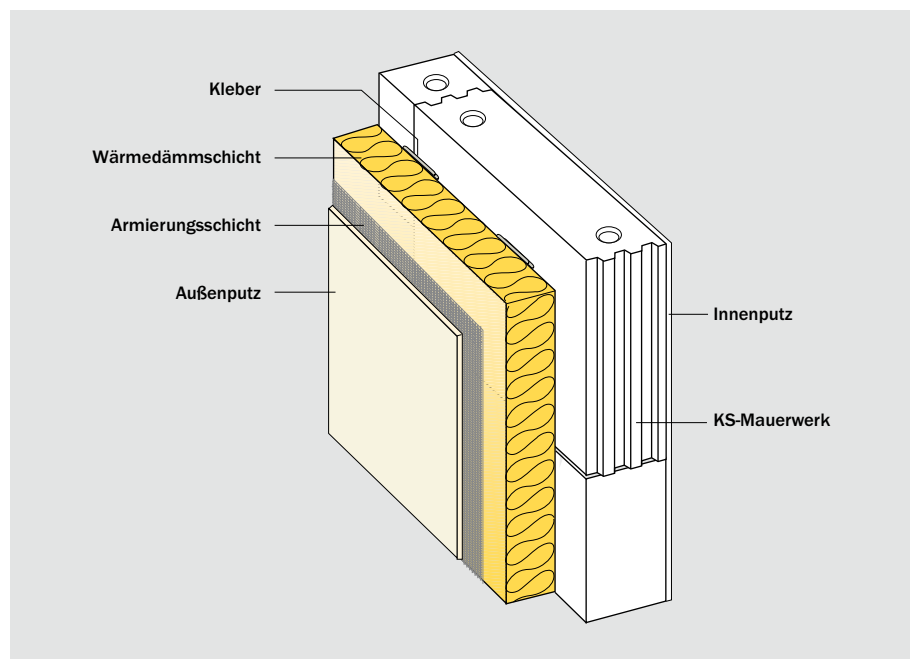


Bild 26: Wandaufbau KS-Thermohaut

4.2 KS-Thermohaut

4.2.1 Systemübersicht

Wie die Übersicht der derzeit marktüblichen Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) in Bild 27 zeigt, werden die Systeme u.a. nach den Verankerungsvarianten wie folgt differenziert:

- ausschließlich verklebte (teil- bis vollflächig) WDVS (Bild 28),
- verklebte und verdübelte WDVS (Bild 29),
- ausschließlich verdübelte WDVS (ggf. mit konstruktiver Zusatzverklebung) und
- mechanisch befestigte WDVS (mit Schienenbefestigung).

4.2.2 Entwicklung

Bereits in den 50er Jahren wurden erste Wärmedämm-Verbundsysteme entwickelt [18]. Seit mehr als 40 Jahren wird die Weiterentwicklung derartiger Systeme auf der Basis von expandiertem Polystyrol-Hartschaum (EPS) in großem Umfang eingesetzt. Seit Mitte der 70er Jahre kamen WDVS mit Mineralfaserplatten und mineralischen Dickputzsystemen zur Anwendung.

Bis zum Jahr 2006 wurden ca. 700 Mio. m² WDVS ausgeführt [19]. Sie werden vor allem im Bereich der Sanierung und Modernisierung eingesetzt.

Untersuchungen nach [20] zum Langzeitverhalten von ausgeführten WDVS im Alter zwischen 19 und 35 Jahren zeigten im Vergleich zu Wänden mit Putz nach DIN 18550

- eine geringere Schadenshäufigkeit,
- einen vergleichbaren Wartungsaufwand und Wartungshäufigkeit
- eine entsprechende Dauerhaftigkeit.

4.2.3 Baurechtliche Regelung

Baurechtlich werden Wärmedämm-Verbundsysteme derzeit i.d.R. noch durch nationale allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen (ABZ) geregelt.

Wärmedämm-Verbundsysteme werden in der Bauregelliste B, Teil 1 [21] als Bausatz im Geltungsbereich von Leitlinien für die europäische technische Zulassung (ETA, European Technical Approval) angeführt. In die Bauregelliste B werden die Bauprodukte aufgenommen, die nach Vorschriften

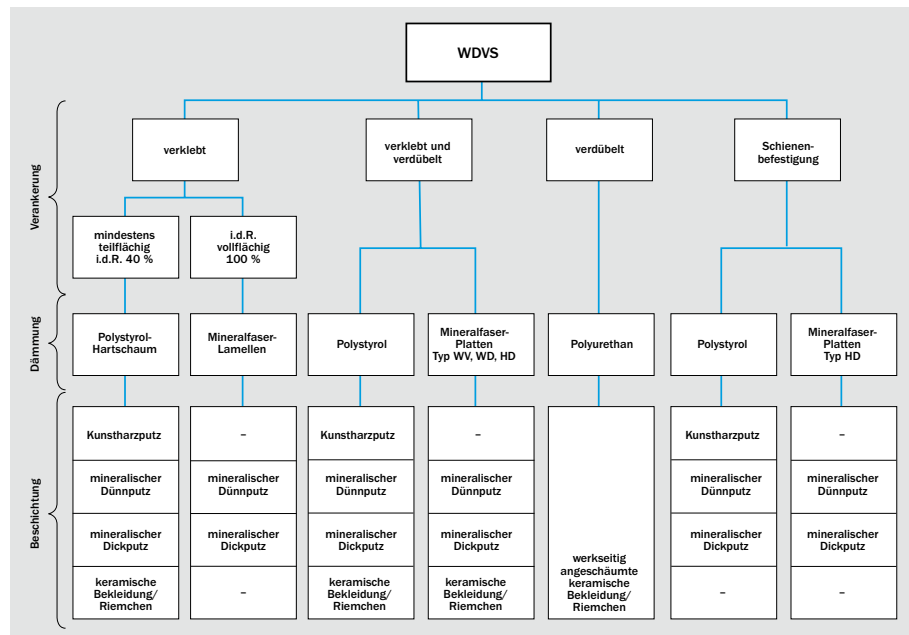


Bild 27: Übersicht der marktüblichen WDVS

der Mitgliedsstaaten der Europäischen Union und der Vertragsstaaten in den Verkehr gebracht und gehandelt werden dürfen.

In Abhängigkeit vom Verwendungszweck werden die Klassen- und Leistungsstufen festgelegt, die von den Bauprodukten erfüllt sein müssen. Welcher Klasse oder Leistungsstufe ein Bauprodukt dann entspricht, muss aus der CE-Kennzeichnung erkenntlich sein. Für den Bausatz „Wärmedämm-Verbundsysteme“ existiert eine Leitlinie für Europäische Technische

Zulassungen (European Technical Approval Guideline (ETAG)), die ETAG 004 [22], die die Grundlage für die technische Beurteilung der Brauchbarkeit für den vorgesehenen Verwendungszweck im Rahmen des Zulassungsverfahrens darstellt. Mit den europäischen technischen Zulassungen ist das Inverkehrbringen und Handeln der Bauprodukte und Bausätze geregelt. Um das Bauprodukt und die Bausätze jedoch anwenden zu können, ist die Liste der technischen Baubestimmungen [23] mit dem Teil II zu berücksichtigen. Hier werden die für den Anwendungszweck erforder-

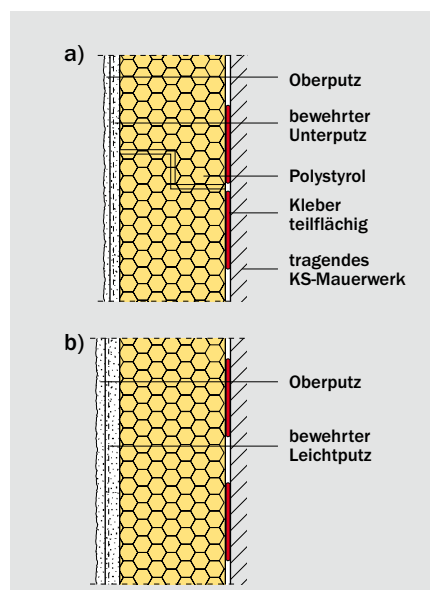


Bild 28: Teilflächig verklebtes Polystyrol-WDVS

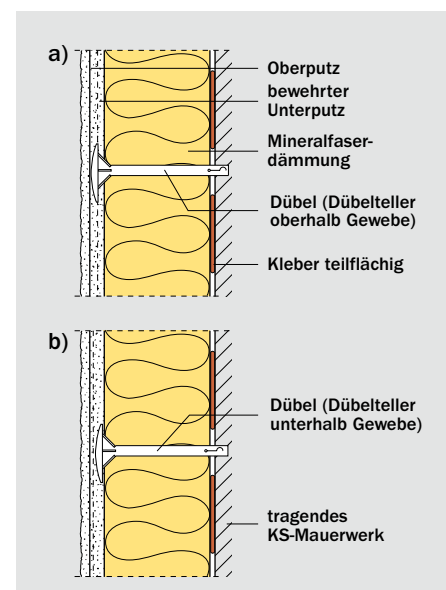


Bild 29: Teilflächig verklebtes sowie verdübeltes Mineralfaser-WDVS

lichen Stufen und Klassen benannt. Dabei werden Wärmedämm-Verbundsysteme im Hinblick auf die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit in zwei Anwendungsgruppen unterteilt.

Aus der Normung sind folgende Regelungen zu nennen:

- ATV DIN 18345 regelt die Ausführung und gibt Hinweise für das Erstellen von Leistungsbeschreibungen
- Die nationale Vornorm DIN V 18559 [24] beinhaltet weder Anforderungen noch Bemessungsgrundlagen, sondern dient vielmehr zur Begriffsbestimmung und ist für baupraktische Belange ohne Bedeutung [18].
- Die nationale Norm DIN 55699 [25] beinhaltet Verarbeitungshinweise.
- Des Weiteren sind DIN EN 13499 [26] und DIN EN 13500 [27] als europäische Normen, die den Status einer deutschen Norm haben, zu nennen. Hier werden Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) aus expandiertem Polystyrol bzw. aus Mineralwolle geregelt. Durch das zuständige technische Komitee CEN/TC88 wurde die Mandatierung beantragt, um diese Normen zukünftig in europäisch harmonisierte Normen zu überführen.

Da die Eigenschaften von WDVS wesentlich durch die Abstimmung der Materialkomponenten – wie z.B. der Kombination von Dämmung und Putzsystem oder Putzmatrix und Gewebeeinlage – bestimmt werden, dürfen nur systemkonforme Materialien verwendet werden. Der Austausch einzelner Komponenten oder die Kombinationen einzelner

Komponenten unterschiedlicher Hersteller ist unzulässig. Insofern sind die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen als „System-Zulassungen“ zu verstehen.

4.2.4 Komponenten

Tragender Untergrund

Der Untergrund für WDVS muss tragfähig, trocken, staub- und fettfrei sowie ausreichend eben sein.

Wände aus KS-Mauerwerk gelten ohne weiteren Nachweis auch für ausschließlich verklebte WDVS als ausreichend tragfähig. Beim Bauen im Bestand ist bei der Verwendung von ausschließlich verklebten Systemen durch stichprobenartige Haftzugversuche nachzuweisen, dass die Mindestabreißfestigkeit

- bei teilflächiger Verklebung ($\geq 40\%$) $\geq 0,08 \text{ N/mm}^2$ ($\geq 80 \text{ kN/m}^2$) und
- bei vollflächiger Verklebung $\geq 0,03 \text{ N/mm}^2$ ($\geq 30 \text{ kN/m}^2$)

beträgt.

An die erforderliche Ebenheit e des Untergrundes sind – bezogen auf eine Messlänge von 1 m – folgende Anforderungen zu stellen:

- verklebte Systeme: $e \leq 1,0 \text{ cm}$
- verklebte und verdübelte Systeme: $e \leq 2,0 \text{ cm}$
- mechanisch befestigte Systeme (Schienenbefestigung): $e \leq 3,0 \text{ cm}$

Bei fachgerecht ausgeführtem KS-Mauerwerk werden stets die höchsten Anforderungen an die Ebenheit – nämlich die für die Verwendung von ausschließlich verklebten WDVS – problemlos eingehalten.

Verankerung

Ausschließlich verklebte WDVS mit PS-Hartschaum-Dämmplatten werden teil- oder vollflächig verklebt. Bei der teilflächigen Verklebung erfolgt der Kleberauftrag entweder mit einem Flächenanteil von ca. 40 % nach der Wulst-Punkt-Methode (Bild 30) auf der Dämmplattenrückseite oder mit einem Flächenanteil von ca. 60 % durch ein maschinelles, meanderförmiges Aufspritzen des Klebemörtels (Bild 31) auf den tragenden Untergrund.

Bei ebenen Untergründen ist bei einer Vielzahl dieser Systeme auch eine vollflächige Verklebung im Kammbett zulässig. (Anmerkung: Im Hinblick auf die Gewährleistung der angestrebten Klebefläche zeigt sich die Wulst-Punkt-Methode oder der meanderförmige Auftrag gegenüber der Kammbett-Methode als sicherer ausführbar.)

Ausschließlich verklebte WDVS mit Mineralfaser-Lamellendämmplatten werden in der Regel vollflächig (100 %) verklebt. Dabei ist der Klebemörtel ausreichend in die Dämmplattenrückseite einzumassieren, um einen hinreichenden Verbund zum hydrophobierten Dämmstoff zu erzielen. Zunehmend werden vorbeschichtete Lamellendämmplatten angeboten, die dann auch für eine teilflächige Verklebung – z.B. mit maschinelltem, meanderförmigem Klebemörtelauftrag ($\geq 50\%$) auf

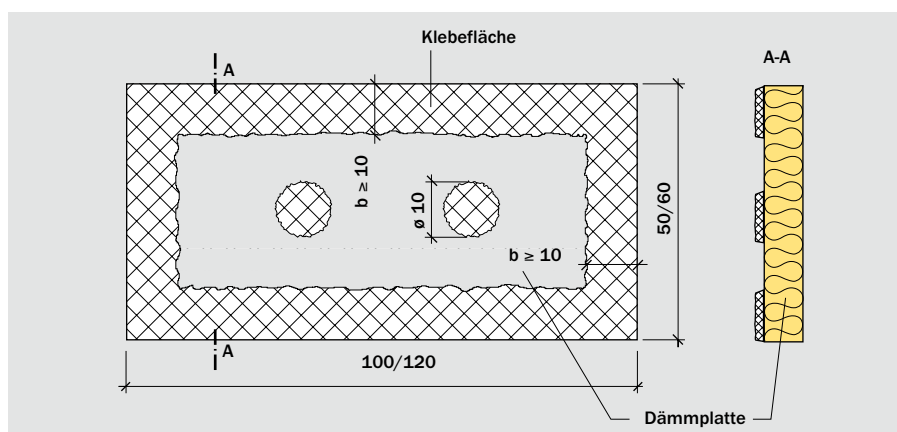


Bild 30: Teilflächige Verklebung nach der Wulst-Punkt-Methode

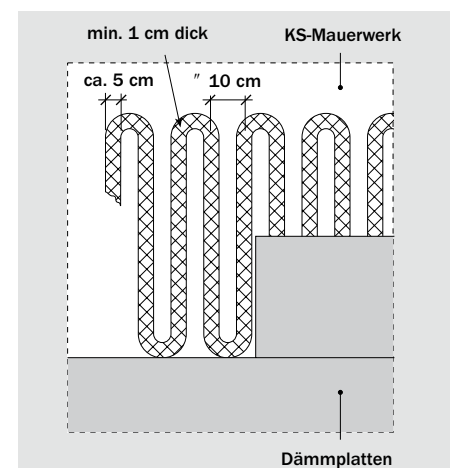


Bild 31: Teilflächiger maschineller Kleberauftrag

den tragenden Untergrund – zugelassen werden. Im Windlastbereich über 20 m wird zumindest im Randbereich – teilweise auch im Flächenbereich – eine zusätzliche Verdübelung erforderlich.

Bei *verklebten und verdübelten Systemen* richtet sich die Anzahl der erforderlichen Dübel unter anderem nach der Materialgüte der Wandbaustoffe. Hier erweist sich KS-Mauerwerk als besonders tragfähiger Untergrund.

Im Hinblick auf die Windsogbeanspruchung ist darüber hinaus die Dübelkopfdurchzugskraft durch den Dämmstoff und insbesondere die Lage des Dübeltellers bemessungsmaßgebend. Umschließt nämlich der Dübelteller das Bewehrungsgewebe des Putzes, werden höhere Durchzugkräfte erzielt als bei einer Dübeltellerlage unterhalb des Gewebes direkt auf der Dämmstoffoberfläche. Hieraus ergibt sich die in der Zulassung angegebene Variation der Dübelanzahl in Abhängigkeit von den Windsoglastbereichen nach DIN 1055-4.

Im Vergleich zu rein verklebten Systemen ist die Verarbeitung von zusätzlich verdübelten Systemen arbeits- und damit lohnkostenintensiver. Aufgrund der hohen Ebenheit von KS-Mauerwerk wird weder eine zusätzliche Verdübelung von PS-Systemen noch die Ausführung von Schienensystemen erforderlich. Es werden somit rein verklebte Polystyrol-(PS-) oder Mineralfaser-Lamellen-WDVS empfohlen.

Dämmstoff

Als Dämmstoffe kommen vorwiegend zur Anwendung:

- Polystyrol-Partikelschaum-Platten
- Mineralfaser-Platten
- Mineralfaserlamellen-Platten

Weitere Zulassungen liegen zum Beispiel vor für:

- Mineralschaum-Platten
- Mineralschaum-Mineralfaserlamellen-Verbundplatten

Unabhängig vom Materialtyp sind die Dämmplatten dicht gestoßen im Verband zu verlegen (Bild 32). Dies gilt auch für Bauwerkskanten, an denen eine verzahnte Verlegung auszuführen ist. Stoßfugen im Bereich der Ecken von Wandöffnungen sind unzulässig (Bild 33).

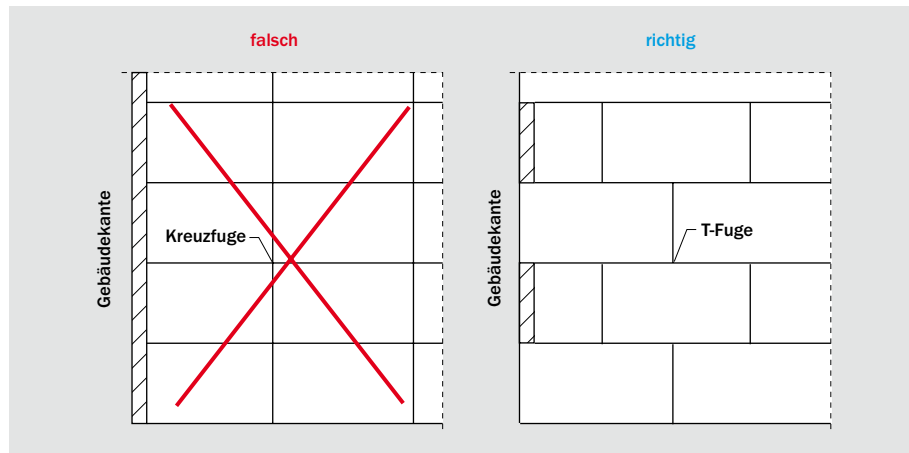


Bild 32: Verlegung von WDVS-Dämmplatten im Verband bzw. mit Verzahnung

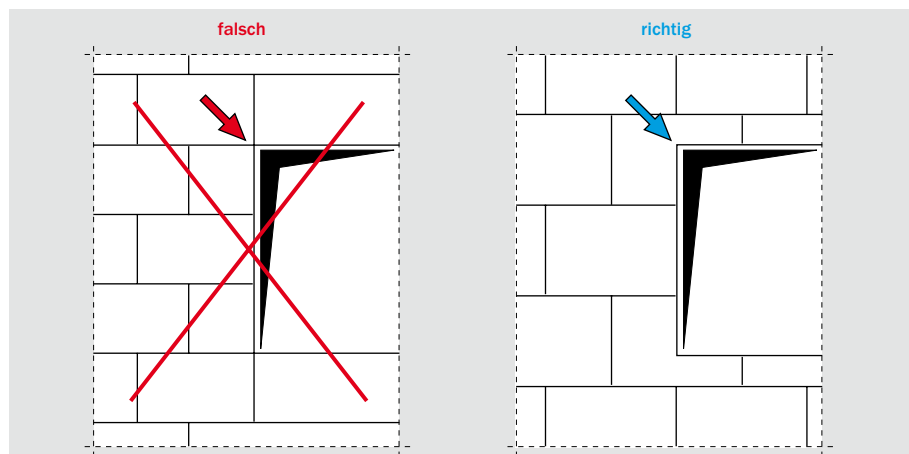


Bild 33: Stoßfugenfreie Verlegung von WDVS-Dämmplatten im Bereich von Wandöffnungen

In Ausnahmefällen nicht dicht gestoßene Fugen sind nachträglich materialgleich vollständig zu verfüllen.

Die anwendungsbezogenen Anforderungen sind in DIN V 4108-10 für das Anwendungsgebiet WAP (Außendämmung der Wand unter Putz) geregelt.

Die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit sind in DIN V 4108-4 aufgeführt. Darüber hinaus wurden vielfach allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen für Dämmstoffe erwirkt, die zu deutlich günstigeren Bemessungswerten der Wärmeleitfähigkeit führen.

Polystyrol-Partikelschaumplatten

Die Eigenschaften von expandierten Polystyrolplatten sind in DIN EN 13163 spezifiziert [28]. Bei geklebten Polystyrolsystemen werden Platten mit einer maximalen Plattendicke von 400 mm verwendet. Die Mindestquerzugfestigkeit, die nach DIN EN 1607 geprüft wird, muss 100 kN/m²

(Typ TR100) betragen. Bei Systemen mit Schienenbefestigung werden Polystyrol-dämmplatten mit einer maximalen Plattendicke von 200 mm verwendet, die eine Mindestquerzugfestigkeit von 150 kN/m² (Typ TR150) aufweisen müssen.

In brandschutztechnischer Hinsicht ist die Äquivalenz zwischen der europäischen Klassifizierung und den bauaufsichtlichen Anforderungen zu überprüfen. Bei zusätzlich mit einem Ü-Zeichen versehenen Produkten sind die Brandschutzklassen sowohl nach DIN 4102 bzw. der bauaufsichtlichen Anforderung als auch nach der europäischen Klassifizierung angegeben.

Des Weiteren sind Dämmplatten aus elastifiziertem Polystyrol-Partikelschaum (EPS) zu nennen, die bauaufsichtlich zugelassen sind. Diese Dämmplatten dürfen bei sämtlichen WDVS, die mit angeklebten oder mit angedübelten und angeklebten Dämmstoffplatten aus Polystyrol-Partikelschaum bauaufsichtlich zugelassen

sind, verwendet werden, ohne dass eine explizite Nennung dieses Materials in den jeweiligen WDVS-Zulassungen erforderlich ist. Der Anwendungsbereich sowie andere Regelungen in den jeweiligen System-Zulassungen sind zu beachten.

Elastifizierte EPS-Dämmplatten weisen eine geringere Steifigkeit auf, so dass sich eine Verbesserung der schallschutztechnischen Eigenschaften ergeben kann. Der Nachweis ist in Abhängigkeit vom Schalldämm-Maß der Massivwand und der Resonanzfrequenz der gesamten Wand einschließlich WDVS zu führen. Gleichzeitig ist jedoch auf die gegenüber dem üblichen Polystyrol-Partikelschaum geringere Mindestquerzugfestigkeit von $0,08 \text{ N/mm}^2$ (80 kN/m^2) hinzuweisen.

Als Weiterentwicklung sind darüber hinaus Polystyrol-Partikelschaumplatten zu nennen, die durch den Zusatz von Graphit- oder Aluminiumpartikeln eine geringere Wärmestrahlungsübertragung im Zwickelbereich der Polystyrolkügelchen aufweisen. Hierdurch wird der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit auf $0,032 \text{ W/(m·K)}$ reduziert⁵⁾.

Dämmstoffplatten aus Mineralfasern sind in DIN EN 13162 [29] geregelt und müssen darüber hinaus aus Brandschutzgründen der Baustoffklasse A nach DIN 4102-1 oder der europäischen Klasse A1 oder A2-s₁,d₀ nach DIN EN 13501-1 [30] entsprechen. Bei verklebten und verdübelten WDVS werden hinsichtlich der Mindestquerzugfestigkeit, die Anwendungstypen TR 1 (früher Typ WV), TR 7,5 (früher Typ WD) oder TR14 (früher Typ HD) angeboten. Es sind derzeit maximale Dämmplattendicken bis 300 mm zugelassen.

Mineralfaser-Lamellen-Dämmplatten müssen ebenfalls nicht brennbar (DIN 4102-A nach DIN 4102-1 oder europäische Klasse A1 oder A2-s₁,d₀ nach DIN EN 13501-1) sein und DIN EN 13162 [29] entsprechen. Wie bereits beschrieben, werden auch beschichtete Dämmplatten angeboten. Bei ausschließlich verklebten WDVS wird eine Mindestquerzugfestigkeit von $0,08 \text{ N/mm}^2$ (80 kN/m^2) gefordert. Es sind maximale Dämmplattendicken bis 200 mm zugelassen.

Mineralschaumplatten müssen in der gesamten Masse hydrophobiert sein. Die Mindestquerzugfestigkeit beträgt mindestens $0,08 \text{ N/mm}^2$ (80 kN/m^2).

Mineralschaum-Mineralfaserlamellen-Verbundplatten bestehen aus Mineralschaumplatten, die werkseitig mit Mineralfaser-Lamellendämmplatten verklebt werden. Die Mineralfaser-Lamellendämmplatten können dabei unbeschichtet, einseitig beschichtet oder beidseitig beschichtet sein. Die Mindestquerzugfestigkeit muss $0,08 \text{ N/mm}^2$ (80 kN/m^2) betragen.

Sowohl zu WDVS mit Mineralschaum-Mineralfaserlamellen-Verbundplatten als auch mit Mineralschaumplatten und PU-Platten liegen derzeit nur wenige praktische Langzeiterfahrungen vor.

4.2.5 Putzsysteme

Bei den Putzsystemen – bestehend aus Unterputz mit Bewehrungsgeweebeeinlage und Oberputz – wird unter anderem unterschieden nach:

- Material
 - Kunstharzputze
 - mineralische Putze (i.d.R. kunststoffmodifiziert)
- Dicke
 - Dünnputze
 - Dickputze

Das Putzmaterial hat insbesondere Einfluss auf den Feuchte- und Witterungsschutz. Hier ergeben sich häufig gegenläufige Tendenzen. Ein in dampfdiffusions-technischer Hinsicht günstiges Putzsystem (geringe wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d) weist in der Regel eine höhere Wasseraufnahme w auf und umgekehrt.

Zur Differenzierung zwischen Dünn- und Dickputzsystemen ist anzumerken, dass eine scharfe Abgrenzung nicht möglich

ist. Die Putzdicke hat insbesondere bei verklebten und verdübelten WDVS mit Mineralfaserdämmstoff erheblichen Einfluss auf den Schallschutz.

Das Bewehrungsgewebe (Glasgewebe) hat – vergleichbar mit der Stahlbewehrung im Stahlbeton – unter anderem die Funktion, die in jedem mineralischen Baustoff auftretenden Rissbreiten auf ein unschädliches Maß zu beschränken.

Bei der Verarbeitung ist zu beachten, dass das Gewebe glatt und faltenfrei sowie ohne Hohllagen zu verlegen ist und nicht geknickt werden darf. Das Gewebe soll etwa im äußeren Drittelpunkt der Unterputzdicke angeordnet werden. Die Gewebestreifen sind mit einer Überlappungsbreite $\bar{u} \geq 100 \text{ mm}$ auszuführen. Im Bereich von Fenster- bzw. Türöffnungen sind die Öffnungsecken mit diagonal ausgerichteten, ausreichend großen (ca. $400 \text{ mm}/200 \text{ mm}$) Gewebestreifen zusätzlich zu bewehren (Bild 34).

4.2.6 Systemeigenschaften

Standsicherheit

Der Nachweis der Standsicherheit wird für den in der Zulassung beschriebenen Anwendungsbereich bereits im Rahmen des Zulassungsverfahrens erbracht. Unter anderem ergeben sich hieraus die Anforderungen an

- den Untergrund (Beschaffenheit, Abreißfestigkeit, Ebenheit, etc.),
- die Verankerung (Befestigungsart, Verklebunganteil, Anzahl der Dübel, etc.) und
- die WDVS-Komponenten (Querzugfestigkeit, Abreißfestigkeit, etc.).

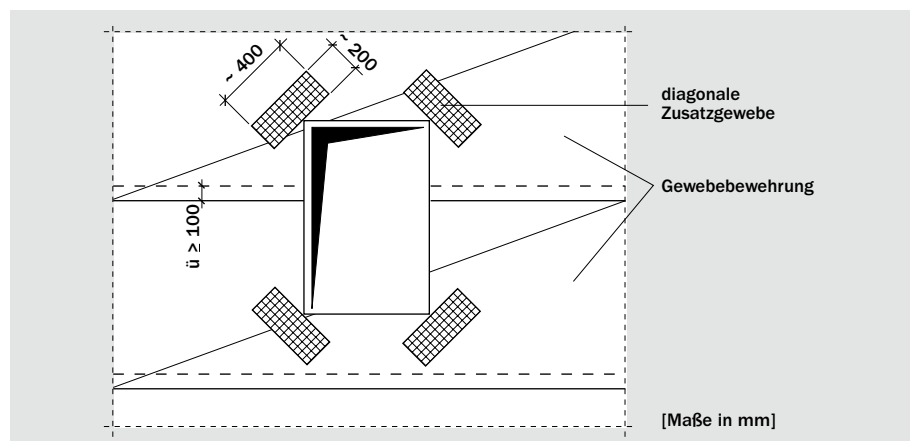


Bild 34: Erforderliche Überlappung der Glasgeweebewehrung sowie diagonale Zusatzbewehrung im Eckbereich von Wandöffnungen

⁵⁾ Neopor®

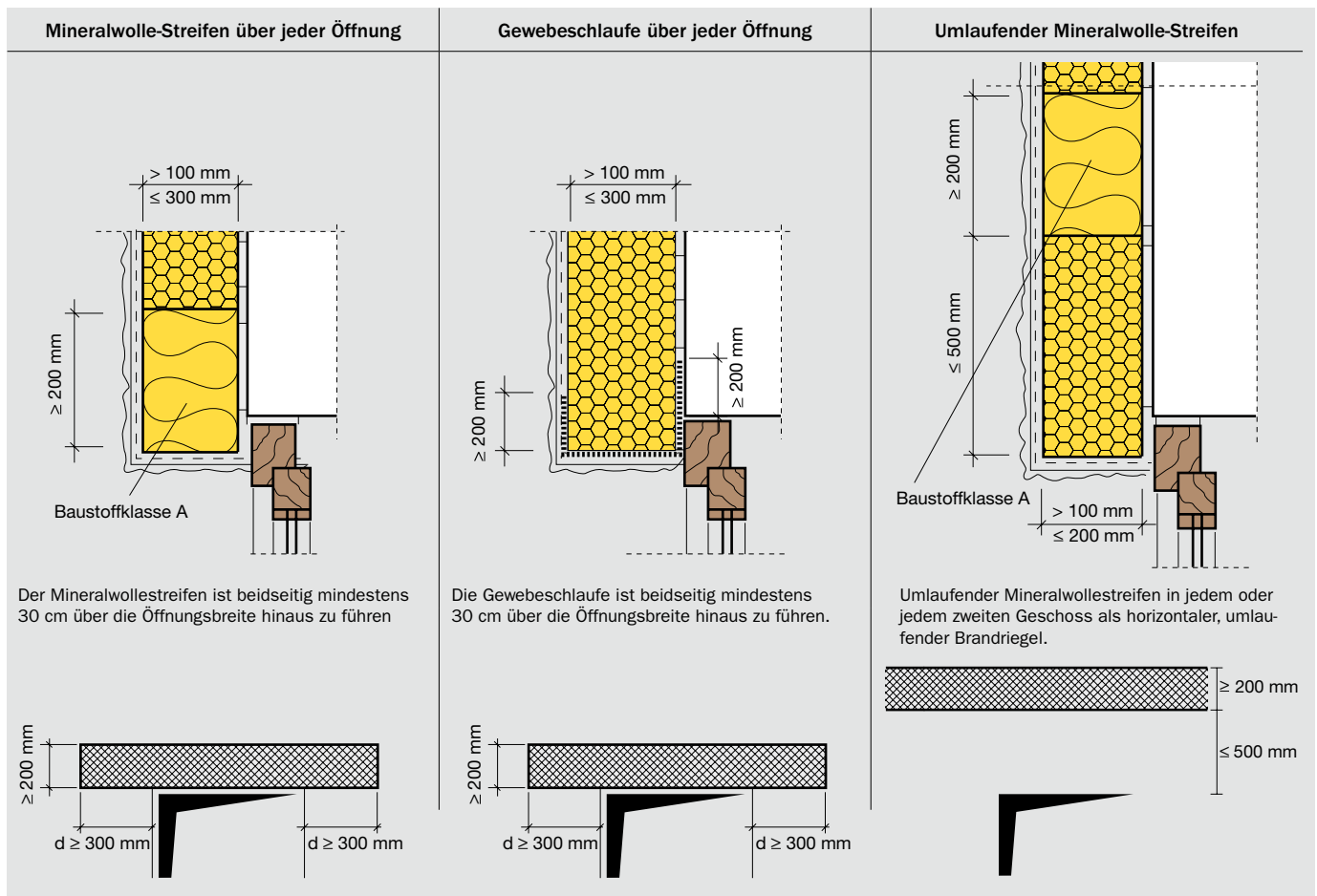


Bild 36: Varianten unterschiedlicher brandschutztechnischer Zusatzmaßnahmen nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen im Bereich von Öffnungen bei PS-WDVS mit Dämmstoffdicken über 10 cm.

üblichen Systemen ist dieser Einfluss von vernachlässigbarer Größenordnung.

Der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes ist nach der Energieeinsparverordnung EnEV mit dem in DIN 4108-2 beschriebenen Verfahren grundsätzlich für sämtliche Räume von Wohn- und Nichtwohngebäuden zu führen. Nur bei Wohngebäuden mit einem Fensterflächenanteil unter 30 % kann der Nachweis auf einzelne, kritische Räume beschränkt werden.

Ziel der Anforderungen ist es, auf eine aktive Kühlung oder Klimatisierung verzichten zu können und durch passive Maßnahmen – wie z.B. durch eine schwere Bauart mit einer hohen speicherfähigen Masse – eine Überhitzung zu vermeiden. Aufgrund der bekannterweise hohen Wärmespeicherfähigkeit von KS-Konstruktionen werden darüber hinaus häufig auch aufwendige Sonnenschutzvorrichtungen entbehrlich.

Schallschutz

Bei einer Außenwand mit WDVS handelt es sich um einen 2-Massen-Schwinger (Masse 1 = Putzsystem; Masse 2 = tra-

gende Wandkonstruktion), dessen Massen über eine Feder (Wärmedämmung, Verdübelung) miteinander gekoppelt sind. Deshalb ist beim Nachweis des Schallschutzes gegen Außenlärm der Einfluss der Resonanzfrequenz bei der Ermittlung des vorhandenen Schalldämm-Maßes zu berücksichtigen.

Hieraus können sich bei bestimmten WDVS (steife Verankerung, steife Wärmedämmung oder leichte Putzsysteme) Einbrüche im frequenzabhängigen Schalldämm-Maß infolge Resonanz ergeben, die durch einen Korrekturwert als Abminderung berücksichtigt werden müssen. Bei anderen Systemen zeigt sich wiederum eine Verbesserung des Schalldämm-Maßes (Tafel 10). So kann durch die Verwendung von elastifiziertem Polystyrol-Partikelschaum eine Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes erzielt werden.

Putzsysteme mit einem Flächengewicht (trocken) über ca. 10 kg/m² führen i.d.R. zu einer Verbesserung, unter ca. 10 kg/m² zu einer Verschlechterung des rechnerischen Schalldämm-Maßes der Außenwand.

Die Korrekturwerte können der jeweiligen Zulassung entnommen werden. In jüngeren bauaufsichtlichen Zulassungen wird ein differenziertes Berechnungsverfahren zur Bestimmung des Korrekturwertes angegeben. Dabei wird sowohl das Schalldämm-Maß der Massivwand ohne WDVS als auch die Resonanzfrequenz in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse des WDVS-Putzes und der dynamischen Steifigkeit der WDVS-Dämmung sowie die Art der Verankerung berücksichtigt.

Feuchteschutz

Der Nachweis des Tauwasserschutzes nach DIN 4108-3 wird bei der Verwendung von WDVS – insbesondere auf KS-Mauerwerk – erfüllt.

Bei WDVS mit Polystyrol-Wärmedämmung können und werden dampfdiffusionsdichtere Putzsysteme angewendet, da der Polystyrol-Dämmstoff eine 20- bis 50fach größere Dampfdiffusionswiderstandszahl gegenüber Mineralfaser-Dämmstoffen aufweist. Bei Systemen mit Mineralfaser-Dämmstoffen kommen in der Regel diffusionsoffene mineralische Putzsysteme zur Anwendung.

Um Missverständnissen vorzubeugen: Außenwände mit oder ohne WDVS „atmen“ nicht. Bei üblichen Gebäude- und Bauteilabmessungen ist die infolge Lüftung (aus hygienischen Gründen erforderlicher

Mindestluftwechsel) abgeführte Feuchtigkeitsmenge gegenüber der auf dem Wege der Dampfdiffusion durch eine Außenwandkonstruktion transportierte Wassermenge etwa 100fach größer [9].

Tafel 9: Dübelaanzahl n je m^2 , ab der eine rechnerische Berücksichtigung des punktuellen Wärmebrückeneinflusses erforderlich ist

χ_p [W/K]	$d \leq 50$ [mm]	$60 \leq d \leq 100$ [mm]	$100 < d \leq 150$ [mm]	$d > 150$ [mm]
0,008	$n \geq 6$	$n \geq 4$	$n \geq 4$	$n \geq 4$
0,006	$n \geq 8$	$n \geq 5$	$n \geq 4$	$n \geq 4$
0,004	$n \geq 11$	$n \geq 7$	$n \geq 5$	$n \geq 4$
0,003	$n \geq 15$	$n \geq 9$	$n \geq 7$	$n \geq 5$
0,002	$n \geq 17^{1)}$	$n \geq 13$	$n \geq 9$	$n \geq 7$
0,001	$n \geq 17^{1)}$	$n \geq 17^{1)}$	$n \geq 17^{1)}$	$n \geq 13$

¹⁾ maximale Dübelaanzahl ohne gegenseitige Beeinflussung

Tafel 10: Korrekturwerte des bewerteten Schalldämm-Maßes von KS-Thermohaut (Kalksandstein mit WDVS) entsprechend den jeweiligen Systemzulassungen - Richtwerte¹⁾

	Dünnputz $\leq 10 \text{ kg/m}^2$	Dickputz $> 10 \text{ kg/m}^2$
Geklebt Polystyrol-WDVS	- 2 dB	-1 dB
Geklebt WDVS mit elastifiziertem PS	0 dB	+1 dB
Geklebt und verdübeltes Polystyrol-WDVS	-1 dB	-2 dB
Mineralfaser-Lamellensystem	-5 dB	-5 dB
Geklebt und verdübeltes Mineralfaserdämmplatten-WDVS	$d = 50 \text{ mm}$ $d = 100 \text{ mm}$ -4 dB -2 dB	+4 dB +2 dB
PS-System mit Schienenbefestigung	+2 dB	+2 dB

¹⁾ Die konkret anzusetzenden Korrekturfaktoren sind der bauaufsichtlichen Zulassung des gewählten WDVS zu entnehmen.

Witterungsschutz

Die Anforderungen an WDVS im Hinblick auf die Schlagregenbeanspruchung können – in Abhängigkeit von den regionalen klimatischen Bedingungen, der örtlichen Lage oder der Gebäudeart – in Anlehnung an DIN 4108-3 eingeordnet werden.

Für hohe Beanspruchungsgruppen sind Wasser hemmende bzw. Wasser abweisende Putzsysteme zu verwenden. Für Wasser abweisende Putzsysteme werden folgende Anforderungen gestellt:

- Wasseraufnahmekoeffizient:
 $w \leq 0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$
- dampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke: $s_d \leq 2,0 \text{ m}$
- Begrenzung des Produkts $w \cdot s_d$:
 $w \cdot s_d \leq 0,2 \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{h}^{0,5})$

Die diesbezüglichen Angaben können den Zulassungen entnommen werden. Wie Bild 37 zu entnehmen ist, erfüllen die WDVS-Putze in der Regel auch die Anforderungen für hohe Beanspruchungsgruppen (Schlagregenbeanspruchungsgruppe III) nach DIN 4108-3.

Gebrauchstauglichkeit

Um die Gebrauchstauglichkeit der Systeme nachzuweisen, werden im Rahmen des Zulassungsverfahrens eine Vielzahl von Prüfungen mit und ohne künstliche Bewitterung durchgeführt. Dabei ist insbesondere die Prüfung nach der ETAG-Leitlinie [22] zu nennen, bei der eine ca. 6 m² große Prüfwand (mit Fensteröffnung) einer definierten künstlichen Klima-Wechsel-Bearbeitung ausgesetzt wird (Temperaturbereich +80 bis -20 °C sowie Beregnung). Anschließend werden die Prüfwände visuell auf Putzablösungen bzw. -rissbildungen untersucht. Des Weiteren wird der Einfluss der Bewitterung (insbesondere Feuchte) auf die Materialfestigkeit des WDVS bestimmt.

Stoßfestigkeit

Häufig wird zusätzlich die Stoßfestigkeit nach ISO 7892 überprüft und entsprechend den dort angegebenen Beanspruchungsgruppen eingestuft:

- Gruppe I: In Bereichen, die für Personen leicht zugänglich sind, keine anomal hohe Beanspruchung.

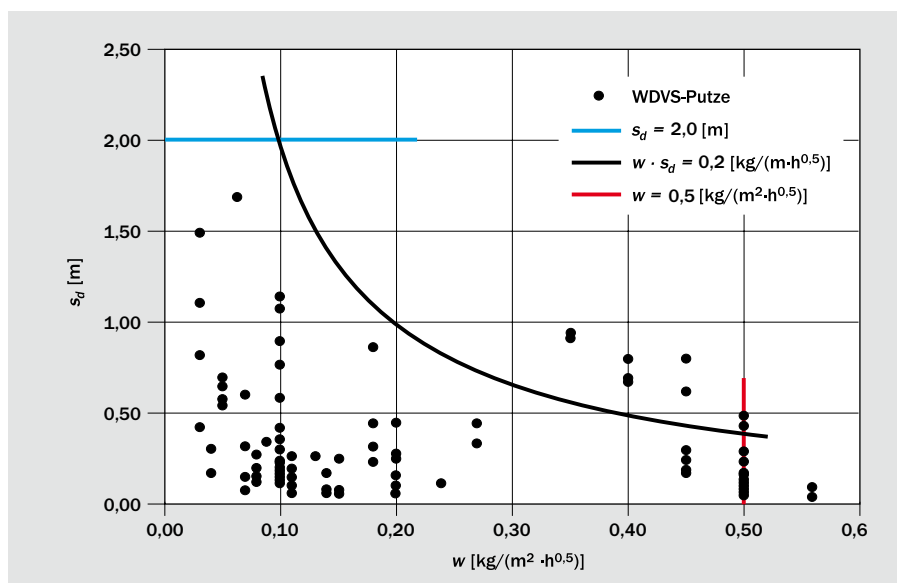


Bild 37: Dampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d und Wasseraufnahmekoeffizient w üblicher WDVS-Putze

- Gruppe II: Stoßeinwirkung aus geworfenen oder geschlagenen Gegenständen, im Regelfall unter 5 m Gebäudehöhe über Erdoberkante.
- Gruppe III: Eine Beanspruchung durch Stoßwirkung ist eher unwahrscheinlich – im Regelfall über 5 m Gebäudehöhe –; im Bereich der Balkone sollte Beanspruchungsgruppe II zugrunde gelegt werden.

Diese Ergebnisse werden in den europäischen Zulassungen angegeben, nicht jedoch in den nationalen Zulassungen und sind ggf. beim Anbieter gesondert zu erfragen.

In besonders stoßgefährdeten Bereichen, wie z.B. Hofdurchfahrten, kann die Stoßfestigkeit durch die Anordnung einer zweiten Glasgewebewehrung erhöht werden.

Veralgung

Durch konstruktive Maßnahmen, wie z.B. durch

- einen ausreichenden Dachüberstand
- die Anordnung von Tropfkanten und
- die Verhinderung von stehendem Wasser in Nischen und Rillen

kann die Feuchtbeanspruchung und damit die Algengefährdung deutlich reduziert werden.

Nach dem derzeitigen Stand der Technik lässt sich das Algen- bzw. Flechtenwachstum am wirkungsvollsten vermeiden, indem dem Putz Biozide beigefügt werden. Aktuell werden folgende alternative Lösungsansätze zur Vermeidung einer Veralgung untersucht:

- Einfärbung der Oberflächen mit dunklen Farben zur Erhöhung der Strahlungsenergiegewinne bei gleichzeitiger Erhöhung der Speichermasse bzw. der spezifischen Wärmespeicherkapazität (ggf. unter Nutzung latent wärmespeichernder Systeme).
- Putze bzw. Beschichtungssysteme mit mikroglatte hydrophober Oberfläche zur Minderung der Feuchtaufnahme und einer möglichen Verschmutzung, z. B. durch hydrophobierend wirkende wasserdampfdiffusionsoffene Silikonharz-Beschichtungen mit Lotuseffekt. Über die Langzeitwirksamkeit der Anstrichsysteme mit Lotus-Effekt gibt es zur Zeit noch wenig Aussagen.

- infrarotreflektierende Beschichtungen, die durch eine geringere langwellige Emission die Strahlungswärmeabgabe in den Nachthimmel reduzieren und damit die Gefahr der Unterkühlung vermindern.

Gestaltung

Insbesondere bei Dickputzsystemen wird die gesamte Strukturvielfalt traditioneller Putzsysteme – vom Glattputz bis zum Rau- oder Kratzputz – angeboten. Bei der Verwendung von Glattputzen ist darauf hinzuweisen, dass bei gleicher Rissbreite Rissbildungen häufiger als optisch störend empfunden werden als bei rauen Putzstrukturen.

Die große Palette der Farbvielfalt wird entweder mit einem durchpigmentierten Oberputz oder mit zusätzlichen Farbbeschichtungen erzielt. Um temperaturbedingte Zwangsspannungen zu begrenzen, sollte der Hellbezugswert der Oberflächen 20 nicht überschreiten und in den Flächen nicht zu stark differieren.

Neu entwickelte Beschichtungen auf Mikrosilikonharzbasis führen zu einem Abperlereffekt von Niederschlagswasser und damit zu einer verminderten Verschmutzungsgefahr. Des Weiteren sind keramische Bekleidungen oder Naturwerksteinbekleidungen zu nennen.

4.2.7 Details

Für Gebäudeecken oder Kanten von Fenster- bzw. Türleibungen können Eckenschutzgewebe mit und ohne zusätzlich angearbeitete Kunststoff- oder Metallwinkel aus nicht rostendem Stahl verwendet werden (Bild 38).

Gebäudedehnfugen der tragenden Konstruktion sind im WDVS durchgehend aufzunehmen (Bilder 39 und 40).

Im Bereich von Anschlüssen an angrenzende Bauteile – wie zum Beispiel beim Blendrahmenanschluss – sind entweder spezielle, durch die Systemhersteller angebotene Profile zu verwenden oder es ist der Dämmstoff mit einem Fugendichtungsband zu hinterlegen und der Putz mit einem Kellenschnitt sauber zu trennen. Fenstersohlbänke sind darüber hinaus mit einer seitlichen Aufkantung sowie Unterschnitt im Leibungsbereich des WDVS anzuschließen. Dabei ist insbesondere bei Aluminium-Sohlblechen auf eine Schiebестоßausbildung zu achten, um eine zwangungsfreie Verformungsmöglichkeit zu gewährleisten.

In Form von Verarbeitungsrichtlinien, technischen Merkblättern etc. werden durch die Systemanbieter eine Vielzahl bewährter Konstruktionsdetails herausgegeben, die über die Angaben der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung hinausgehen.

Des Weiteren ist – im Hinblick auf die Vermeidung von Wärmebrücken – auf Beiblatt 2 zu DIN 4108 und die wärmeschutztechnisch optimierten KS-Details zu verweisen [31].

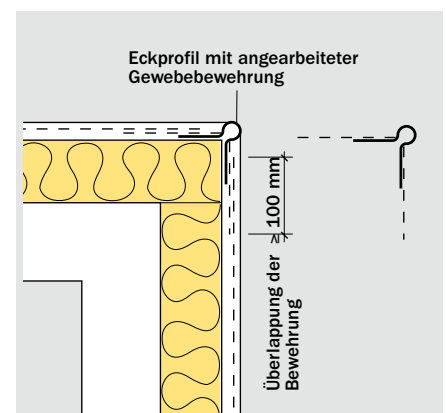


Bild 38: Kantenprofil mit werkseitig angearbeitetem Gewebestreifen

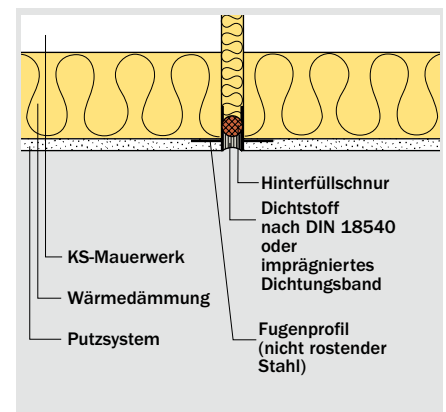


Bild 39: Dehnfugenausbildung mit Dichtstoff

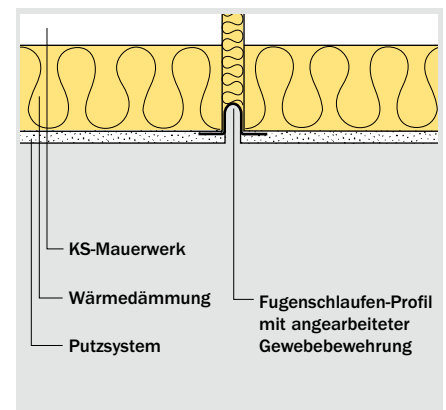


Bild 40: Dehnfugenausbildung mit Dehnfugenprofil

4.3 Kalksandstein mit hinterlüfteter Außenwandbekleidung

4.3.1 Konstruktionsprinzip

Hinterlüftete Außenwandbekleidungen (vorgehängte hinterlüftete Fassade, VHF) bestehen im Wesentlichen aus sieben Komponenten (Bild 42), die konstruktiv aufeinander abgestimmt sind:

- tragender Untergrund
- Verankerungselemente
- Unterkonstruktion
- Dämmschicht
- Hinterlüftungsraum
- Verbindungs- und Befestigungselemente
- Bekleidung

Über die Vorteile anderer außengedämmter Konstruktionen hinausgehend sind vorgehängte hinterlüftete Fassaden (VHF) insbesondere für das gute dampfdiffusionstechnische Verhalten sowie die Gestaltungsvielfalt durch die verschiedenartigen Materialien der Bekleidung bekannt.

Ein wesentliches Konstruktionsprinzip von vorgehängten hinterlüfteten Bekleidungen besteht in der zwangungsfreien Verformungsmöglichkeit sowohl von der Unterkonstruktion durch die Anordnung von Fest- und Gleitpunkten als auch von den Bekleidungselementen selbst.

4.3.2 Entwicklung

Hinterlüftete Außenwandbekleidungen sind in Form von kleinformatigen Schiefer- oder Holzschindel-Bekleidungen bereits seit dem Mittelalter bekannt. Zeugen dieser Bauweise finden wir beispielsweise in der Eifel, im Harz, in Thüringen und in Sachsen. Dabei sind bis heute die Deckungsbilder, wie die „Deutsche Deckung“, die „Wabendeckung“ oder die „Schablonendeckung“, traditionell überliefert.

Insbesondere bei Gebäuden mit hohem Gestaltungswert gewinnen hinterlüftete vorgehängte Fassaden zunehmend an Bedeutung.

4.3.3 Baurechtliche Regelung

Die hinterlüftete Außenwandbekleidung ist ein mit der tragenden Wand mechanisch verbundenes System, dessen einzelne



Bild 41: Vorgehängte Außenwandbekleidungen bieten interessante Gestaltungsmöglichkeiten.

Bauprodukte unter Berücksichtigung der allgemeinen Hinweise der DIN 18516-1 bzw. -3 [32] und nach dem in der Bauregelliste [21] bekannt gemachten technischen Regeln zu verwenden sind.

Bei Bekleidungs- oder Fassadenelementen wird unterschieden zwischen:

- kleinformatig – bis 0,4 m² Fläche und bis 5,0 kg Eigenlast (Ifd. Nr. 2.1 der Bauregelliste C, [2])
- brettformatig – bis 0,3 m Breite, bis 5,0 kg Eigenlast und Unterstützungsabstände durch die Unterkonstruktion bis 0,8 m (Ifd. Nr. 2.1 der Bauregelliste C, [21])

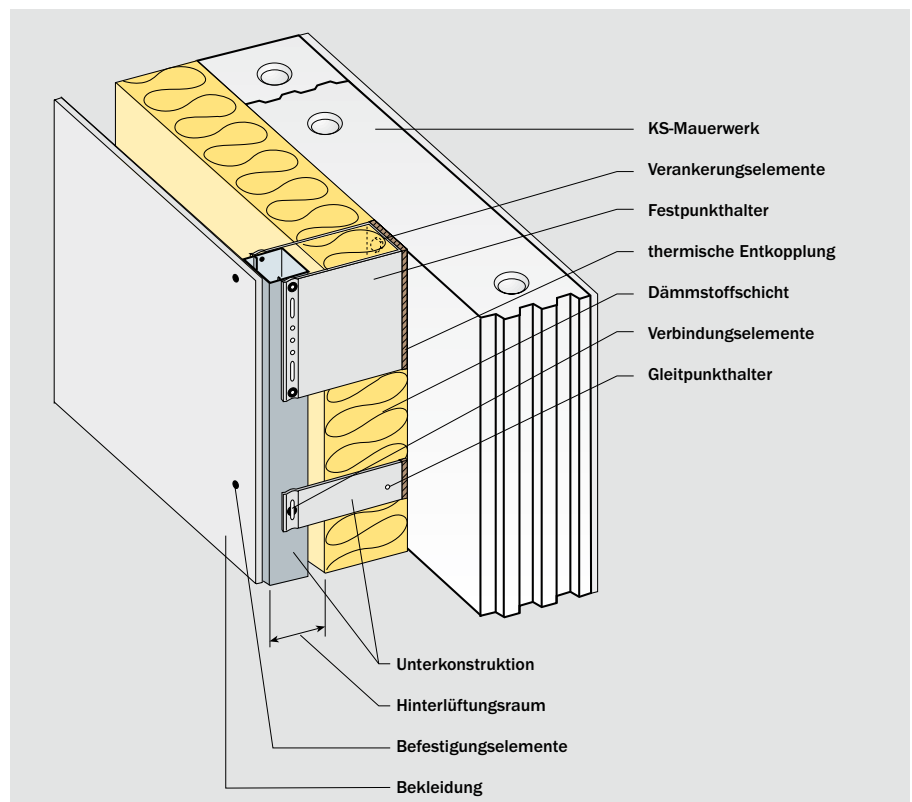


Bild 42: Konstruktionselemente von vorgehängten hinterlüfteten Außenwandbekleidungen



Bild 43: Sichtmauerwerk aus KS-Verblendern kombiniert mit vorgehängter hinterlüfteter Fassade.

- großformatig – die weder die Bedingungen für klein- noch für brettformartige Elemente erfüllen (allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder Normen)

Die Unterkonstruktion als statisches Bindeglied zwischen Verankerungsgrund und Bekleidungselement bedarf eines objektbezogenen statischen Nachweises entsprechend DIN 18 516-1 und den in der Bauregelliste A, Teil 1 bekannt gemachten technischen Regeln.

Für niet- und schraubenartige Verbindungen und Befestigungen sind gemäß Bauregelliste A, Teil 2, lfd. Nr. 2.17 [21] allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse erforderlich. Alle anderen Verbindungs- oder Befestigungsarten bedürfen einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung oder einer Zustimmung im Einzelfall.

Für Verankerungselemente (Dübel) sind allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen erforderlich.

Dämmstoffe sind entsprechend den technischen Regeln (Bauregelliste A, Teil 1) zu verwenden.

4.3.4 Komponenten

Tragender Untergrund

Der tragende Untergrund dient der Verankerung der Unterkonstruktion. In den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen

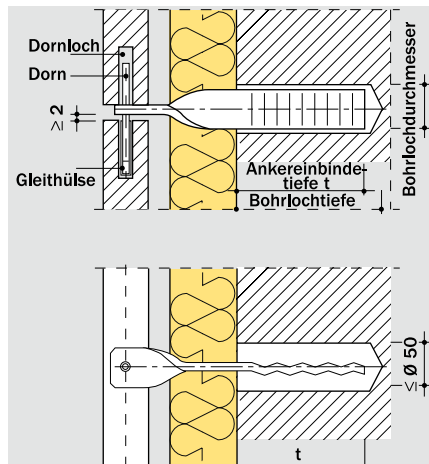


Bild 44: Direkte Verankerung von Naturwerksteinbekleidungen, Beispiel

der Verankerungselemente (Dübel) ist der zulässige Verankerungsgrund mit Angabe der zulässigen Dübelkräfte für jeden Dübeltyp angegeben. Wände aus KS-Mauerwerk erweisen sich dabei wegen der hohen Festigkeit als sehr guter Verankerungsgrund und führen damit zu wirtschaftlich günstigen Systemlösungen.

An die Ebenheit des Untergrunds werden bei VHF deutlich geringere Anforderungen als bei Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS) gestellt, da die Verankerungselemente so konstruiert sind, dass auch ein größerer Toleranzausgleich einfach möglich ist. Ein Vorteil, der wegen der handwerklich leicht zu gewährleistenden Ebenheit von Kalksandstein-Mauerwerk nicht ausgenutzt werden muss.

Verankerungselemente

Verankerungselemente sind Teile, die die Unterkonstruktion in der Wand mechanisch verankern. Sofern keine Unterkonstruktion vorhanden ist, werden die Bekleidungselemente unmittelbar in der Wand verankert (Bild 44).

Die Verankerungselemente bestehen in der Regel aus einer bauaufsichtlich zugelassenen Dübel/Schraubenkombination. Die Dübel können aus Kunststoff oder Edelstahl gefertigt sein. Zulässig ist auch der Einsatz von Injektionsankern.

Zur Vermeidung von punktuellen Wärmebrücken ist zwischen Wandhaltern und Verankerungsgrund eine thermische Trennung vorzusehen (Bilder 42 und 45).

Wärmedämmung

Die Wärmedämmung soll zukünftig bei vorgehängten hinterlüfteten Fassaden mit nicht brennbaren Dämmstoffen nach DIN 4102 (Baustoffklasse A) erfolgen – in der Regel mit unkaschierten oder vlieskaschierten Dämmstoffen aus Mineralfasern mit Wärmeleitfähigkeiten zwischen 0,035 W/(m·K) und 0,040 W/(m·K). Sie müssen dem Anwendungstyp WAB nach DIN V 4108-10 entsprechen und durchgehend Wasser abweisend ausgerüstet sein.

Eine werkseitige Kaschierung der Dämmstoffplatten mit einem diffusionsoffenen Glasvlies dient zum einen als zusätzlicher Witterungsschutz während der Bauphase, zum anderen wird durch ein schwarzes Glasvlies erreicht, dass bei Bekleidungen mit offenen Fugen der Dämmstoff optisch nicht erkennbar ist.

Die Verlegung der Dämmplatten erfolgt grundsätzlich dicht gestoßen im Verband (Bild 46). Dabei muss die Wärmedämmung auch an angrenzende Bauteile und insbesondere an die Unterkonstruktion dicht angepasst werden, um Wärmebrücken zu minimieren. Hohlräume zwischen Dämmschicht und Untergrund müssen vermieden werden, um eine Hinterströmung durch die kalte Außenluft zu verhindern.

Dämmstoffe aus Mineralfaser werden überwiegend mechanisch mit Kunststoff-

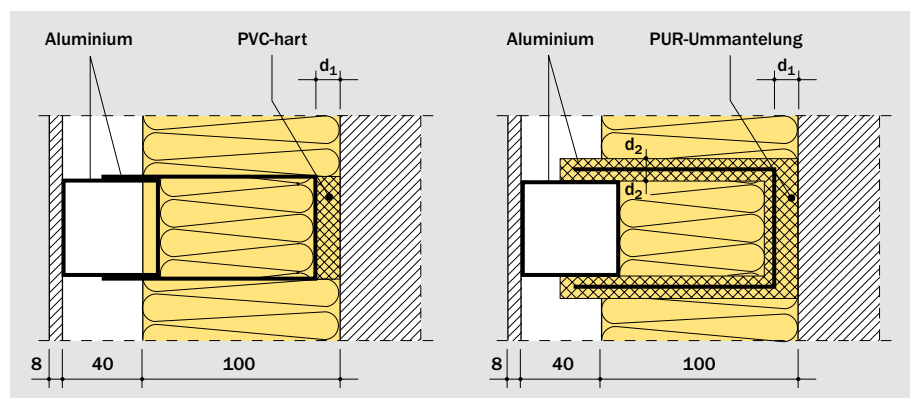


Bild 45: Maßnahmen zur Minimierung des Wärmebrückeneinflusses von Wandhaltern (aus [33])

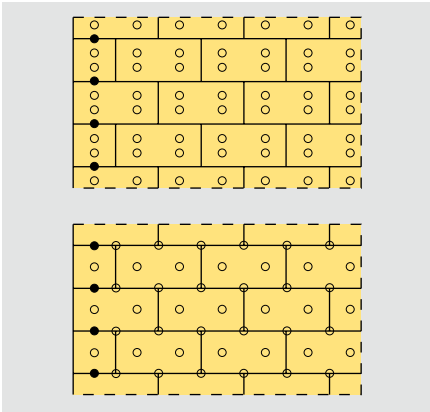


Bild 46: Anordnung von Dämmstoffhaltern

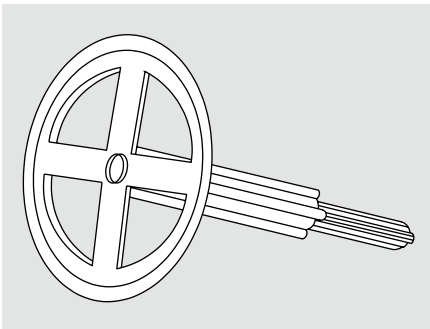


Bild 47: Dämmstoffhalter mit Tiefenanschlag

Dämmstoffhalter befestigt. Dabei sind im Mittel fünf Dämmstoffhalter pro m² entsprechend Bild 46 zu setzen.

Um eine unzulässige Komprimierung der Dämmstoffdicke am Befestigungspunkt zu verhindern, sind vorzugsweise Dämmstoffhalter mit Tiefenanschlag einzusetzen (Bild 47). Mineralfaserdämmstoffplatten mit dem Bezeichnungsschlüssel TR1 nach DIN V 4108-10 [4], die somit eine Mindestabreißfestigkeit von 1 kN/m² aufweisen (früher Anwendungstyp W nach DIN 18165-1), können bei tragfähigem Untergrund auch mit Bauklebern vollflächig fixiert werden. Dämmplatten geringerer Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene (früher Anwendungstyp W nach DIN 18165-1) sind für eine ausschließliche Klebmontage nicht geeignet.

In geringerem Umfang kamen früher auch Polystyrol-Hartschaumplatten (EPS) zur Anwendung. Da diese Dämmplatten grundsätzlich nur schwer entflammbar (Baustoffklasse B1) nach DIN 4102 sind, ist deren Verwendung bei VHF zukünftig nicht mehr zulässig.

Bei der Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenwandkonstruktion

ist bei VHF der Einfluss der punktuellen Wärmebrücken im Bereich der Verankerungspunkte zu berücksichtigen [34]. Dieser Einfluss kann durch wärmedämmende Unterlagscheiben aus geschlossenzelligem PVC-hart oder PUR-Ummantelungen (Bild 45) minimiert werden.

Neue Entwicklungen von Vakuum-Dämmstoff-Panelen (VIP)⁷⁾ die eine äußerst geringe Wärmeleitfähigkeit von $\lambda_r = 0,006$ W/(m·K) aufweisen, werden zukünftig zu einer weiteren Reduzierung der Konstruktionsdicke und damit zu einem Nutzflächen-gewinn führen.

Unterkonstruktionen

Die Unterkonstruktion ist das statische Bindeglied zwischen Verankerungsgrund und Bekleidung. Sie ist standsicher mit dem Bauwerk verbunden und übernimmt alle auftretenden Belastungen aus Eigengewicht, Windsog und -druck auf.

Unterkonstruktionen werden aus Metall (in der Regel Aluminium oder in seltenen Fällen Edelstahl) oder aus Holz hergestellt.

Die Unterkonstruktion wird nach dem Verankerungsgrund, der gewählten Bekleidung und ihren Formaten sowie den zu erwartenden Gewichten bemessen.

Wesentliches Konstruktionsprinzip von Metall-Unterkonstruktionen ist die zwängungsfreie Verformungsmöglichkeit, die durch die Ausbildung von Fest- und Gleitpunkten gewährleistet ist (Bild 48). Eine weitere Ausführungsvariante einer Metall-Unterkonstruktion ist die Montage der Tragschiene mit Hilfe von Abstandsdübeln entsprechend Bild 49. Bei Holz-Unterkonstruktionen werden sowohl Zweifach-, als auch Dreifachlatten ausgeführt (vgl. Bild 50).

Verbindungen

Bei Unterkonstruktionen aus Metall ist die Verwendung von nietartigen Verbindungen zu empfehlen, da sich damit Gleitpunkte nachprüfbar setzen lassen.

Bei Holzunterkonstruktionen sind schraubenartige Verbindungen anzuraten.

Bekleidungselemente

Als Bekleidungselemente werden eine Vielzahl von Werkstoffen angeboten, die in ihren gebräuchlichsten Anwendungen in Tafel 11 zusammengestellt sind.

Befestigungselemente

Die Befestigung der Bekleidungselemente erfolgt in Abhängigkeit von dem Bekleidungs-material und dem Format.

Holzbekleidungen werden u.a. als Holz-schalungen ausgeführt. Übliche Schalungsarten sind dabei die Deckel-, Stülp- oder Profiltrettschalung (Bilder 51 bis 53

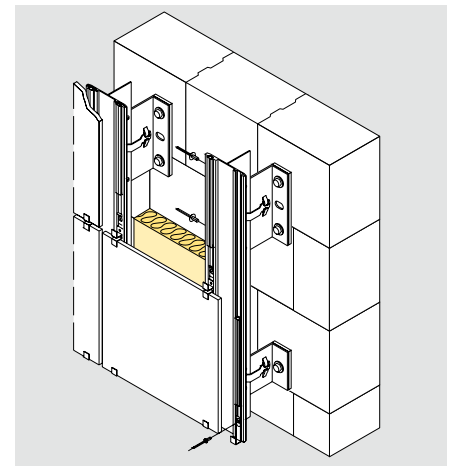


Bild 48: Aluminium-Unterkonstruktion mit Wandhaltern

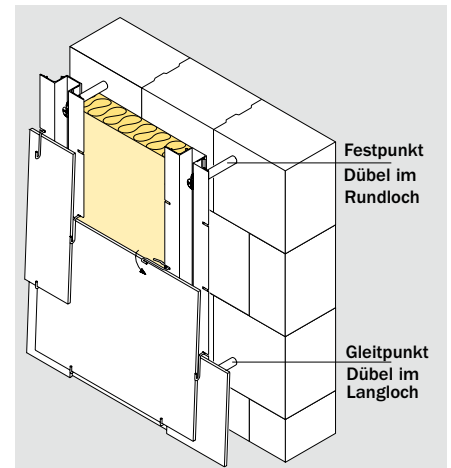


Bild 49: Aluminium-Unterkonstruktion mit Abstandsdübeln

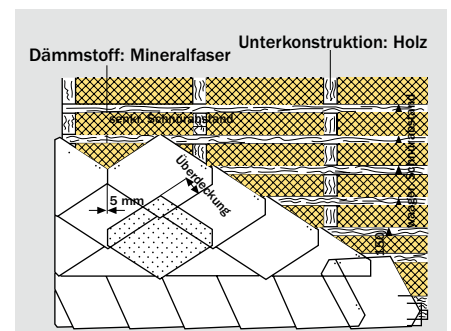


Bild 50: Holz-Unterkonstruktion, hier: Zweifachlattung mit kleinformatiger Bekleidung in Rhombus-Schablonen-Deckung:

⁷⁾ z.B. Fa. Variotec

aus [35]), die mit Schraubnägeln aus nicht rostendem Stahl zu befestigen sind.

Kleinformatige Bekleidungen aus Schiefer- oder Faserzementplatten werden insbesondere in traditionellen Deckungsbildern mit Schraubnägeln oder Schrauben befestigt (Bild 50). Andere Varianten sind die Hakenbefestigung (Bild 54) von kleinformatigen Bekleidungen.

Großformatige Elemente – z.B. aus Faserzement – werden als sichtbare Befestigung z.B. durch Nieten an der Unterkonstruktion befestigt (Bild 55). Dabei werden zur zwängungsfreien Befestigung für eine zentrische Nietanordnung die Faserzementplatten und die Unterkonstruktion mit einem Stufenbohrer vorgebohrt, damit eine zwängungsfreie Verschieblichkeit aus hygrothermischen Verformungen der Bekleidung möglich ist. Nicht sichtbare Befestigungen sind mit Hinterschnittdübeln möglich (Bild 56).

Großformatige Faserzement-Wellplatten können in vertikaler oder horizontaler Verlegung durch Holzschrauben mit Pilzdichtungen an Holzunterkonstruktionen befestigt werden (Bilder 57 und 58).

Naturwerksteinbekleidungen werden in der Regel mit eingemörtelten Tragankern ohne Unterkonstruktion direkt verankert (Bild 39). Dabei wird das Eigengewicht der Platte durch die eingemörtelten Ankerdorne am unteren Plattenende aufgenommen. Die Ankerdorne am oberen Plattenende dienen zur anteiligen Windsog- und Winddruck-sicherung und bieten durch den zusätzlichen Einbau von Gleithülsen eine ausreichende zwängungsfreie Verformungsmöglichkeit der Naturwerksteinplatte bei hygrothermischen Wechselbeanspruchungen.

Bei anderen Varianten mit Unterkonstruktion werden sowohl sichtbare Befestigungen (Bild 59) als auch nicht sichtbare Befestigungen mit Profilstegen (Bild 60) oder Spreiz- oder Hinterschnittdübeln. Mit Hilfe dieser Spreiz- oder Hinterschnittdübel, die für den entsprechenden Anwendungsfall bauaufsichtlich zugelassen sein müssen, werden Agraffen oder Befestigungsklammer auf der Plattenrückseite befestigt (Bild 61), die dann in die Unterkonstruktion eingehängt werden.

Eine entsprechende nicht sichtbare Befestigung wird auch für keramische Bekleidungen angeboten, bei denen entsprechende keramische Befestigungspunkte auf der Rückseite aufgesintert sind.

Tafel 11: Bekleidungsmaterialien

Werkstoff der Bekleidung	kleinformatige Anwendung	großformatige Anwendung	brettformatige Anwendung
Aluminiumtafeln	–	X	–
Aluminiumverbundplatten	–	X	–
Kupfer	–	X	–
Titanzink walzblank oder vorbewittert	–	X	–
Naturwerksteinplatten	–	X	–
Schieferplatten	X	–	–
Keramikplatten	X	X	–
Tonstrangplatten	X	–	–
Faserzementplatten	X	X	X
Faserzement-Wellplatten	–	X	–
Holzzementplatten	–	X	X
Harzkompositplatten, faserverstärkt	X	X	X
Hochdruck-Schichtpresstoffplatten	X	X	X
Verbundelemente	–	X	–

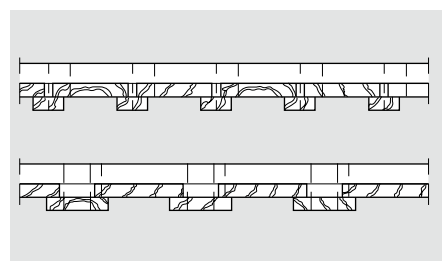


Bild 51: Deckelschalung

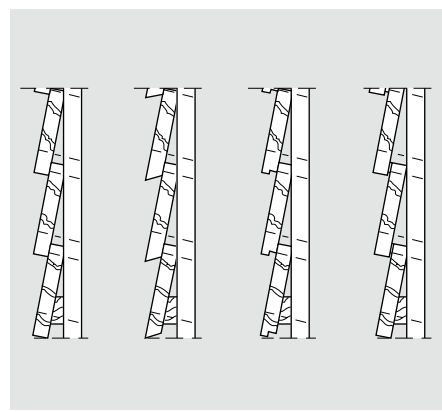


Bild 52: Stülp-schalung

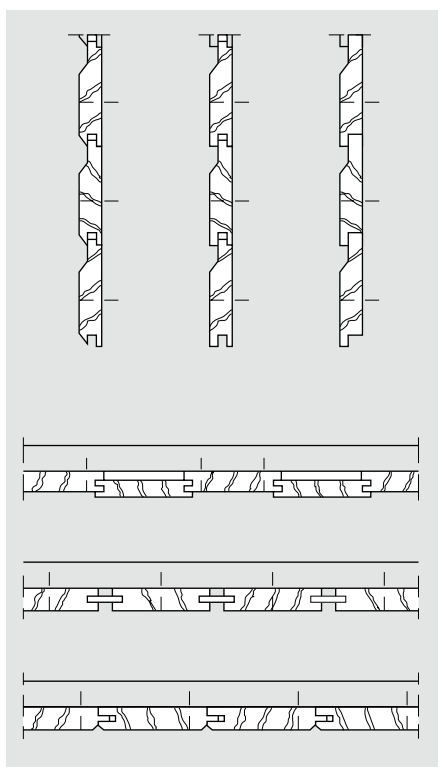


Bild 53: Profilbrettschalung

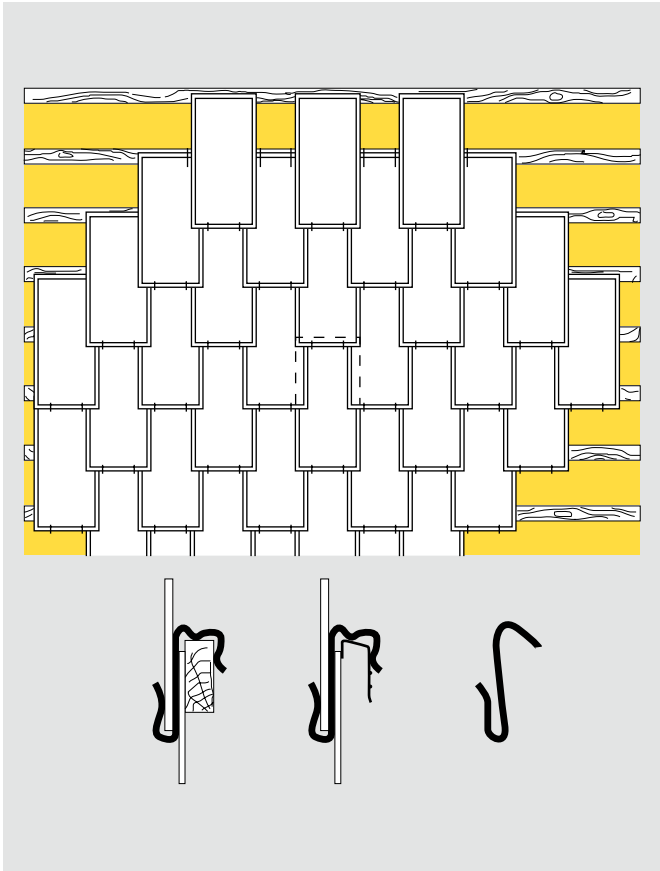


Bild 54: Hakenbefestigung von kleinformater Bekleidung

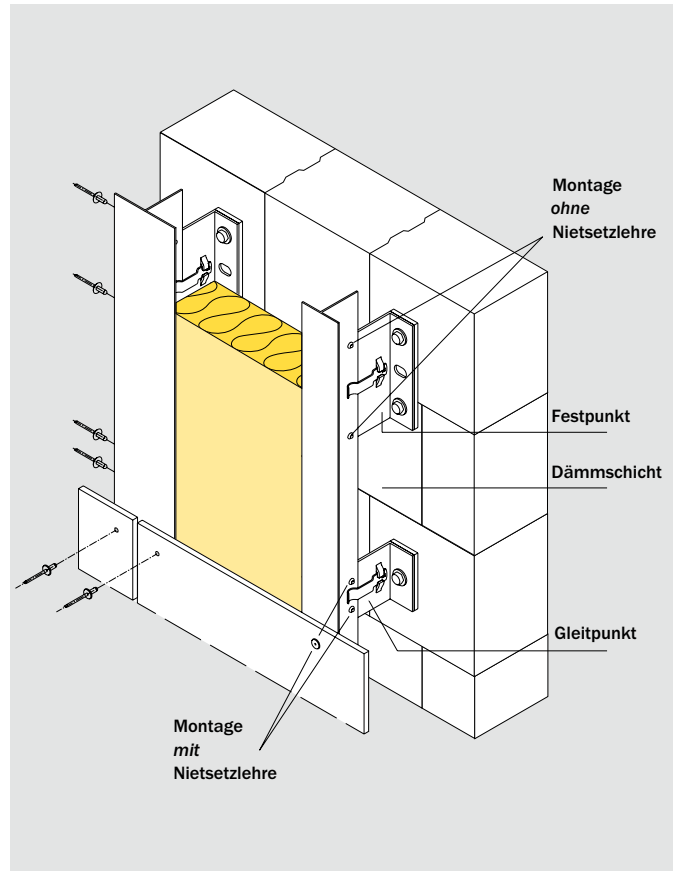


Bild 55: Sichtbare Nietbefestigung von großformatiger Bekleidung

Die Befestigung der kleinformigen Tonstrangplatten erfolgt mit besonderen Plattenhaltern auf einer systemgebundenen Unterkonstruktion (Bild 62).

Metallbekleidungen, die in der Regel kassettensförmig profiliert (Bild 63) sind, um ihre Steifigkeit zu erhöhen, werden mit Nieten oder häufig auch hängend befestigt. Dabei werden sowohl sichtbare als auch nicht sichtbare Varianten (Bild 64) angeboten. Die oberen Befestigungspunkte dienen zur Aufnahme des Eigengewichts sowie der anteiligen Windlasten, die unteren nur zur Aufnahme der anteiligen Windbelastung. Durch die hängende Befestigung ist eine zwangungsfreie Verformungsmöglichkeit der Kassettenelemente gewährleistet. Um eine störende Geräuschentwicklung infolge Reibung bei Temperaturlängenänderungen zu vermeiden, sind die Einhängebolzen mit einer Kunststoffbeschichtung auszuführen.

Darüber hinaus werden Befestigungsvarianten angeboten, die gleichzeitig bestimmendes Gestaltungselemente der Fassaden sein können (Bild 64).

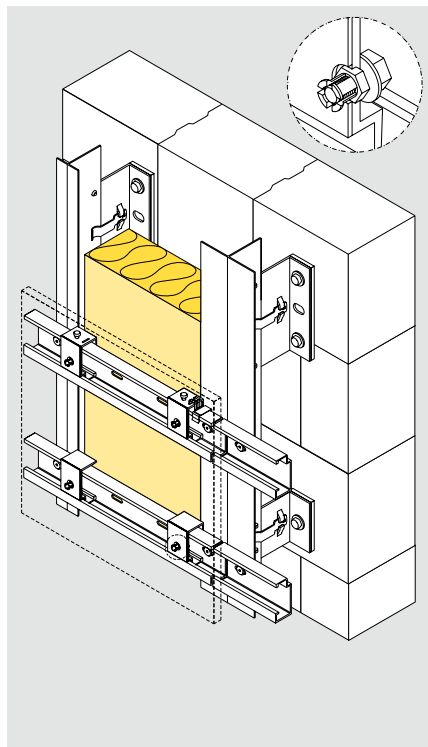


Bild 56: Nicht sichtbare Befestigung von großformatiger Bekleidung mit Hinterschnittdübeln

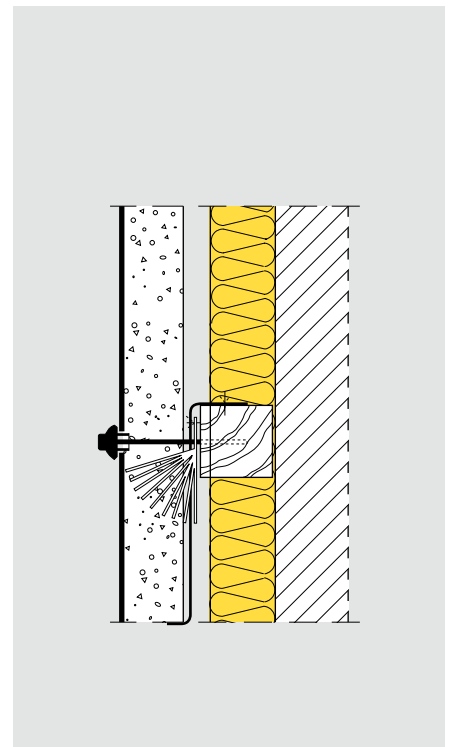


Bild 57: Vertikale Verlegung von Faserzement-Wellplatten

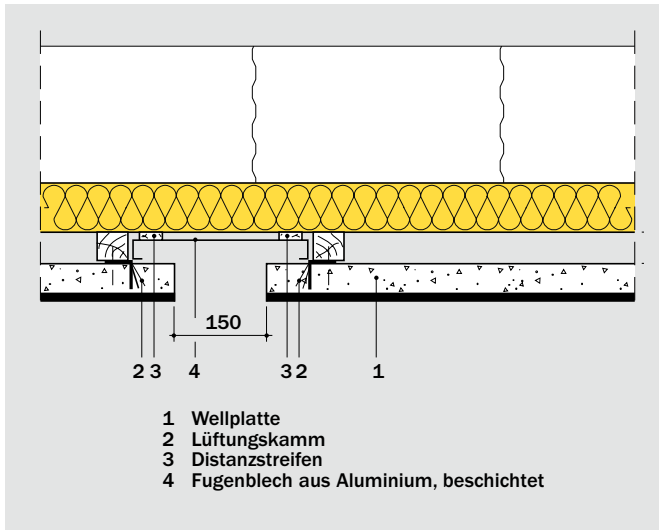


Bild 58: Horizontale Verlegung von Faserzement-Wellplatten

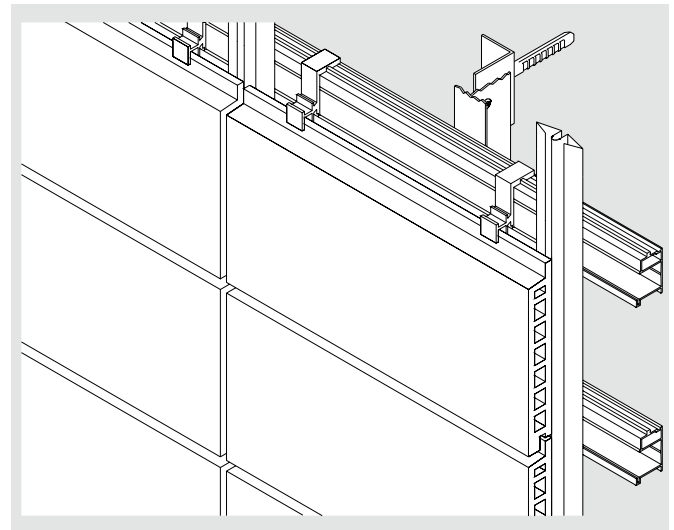


Bild 59: Befestigung von Tonstrangplatten

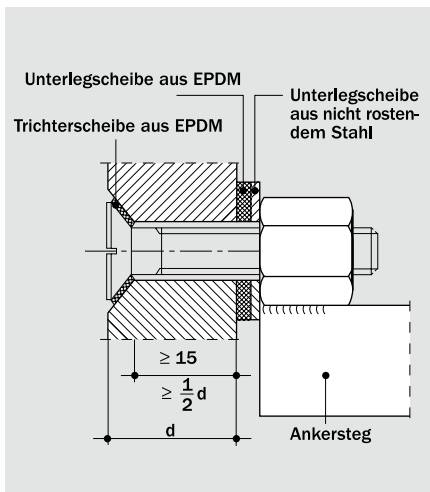


Bild 60: Sichtbare Schraubbefestigung von Naturwerksteinbekleidungen

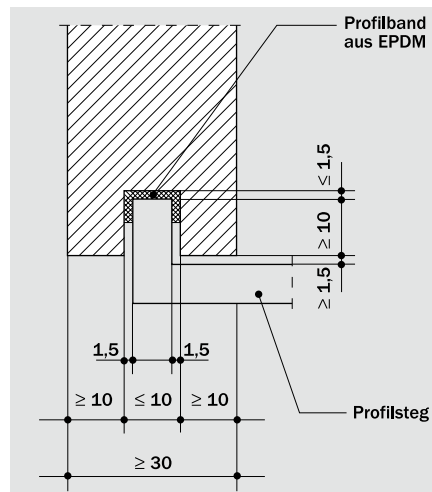


Bild 61: Nicht sichtbare Befestigung mit Profilstreifen

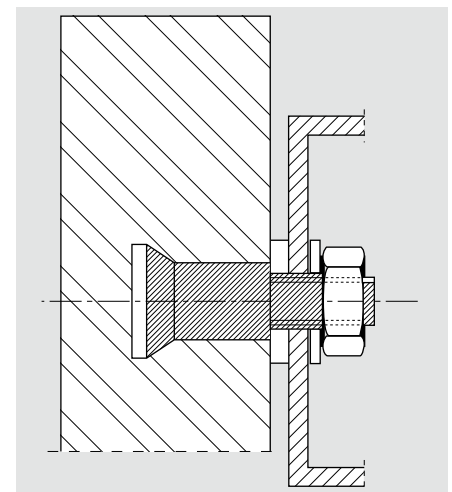


Bild 62: Nicht sichtbare Befestigung in den Bekleidungsplatten mit Hinterschnittdübeln

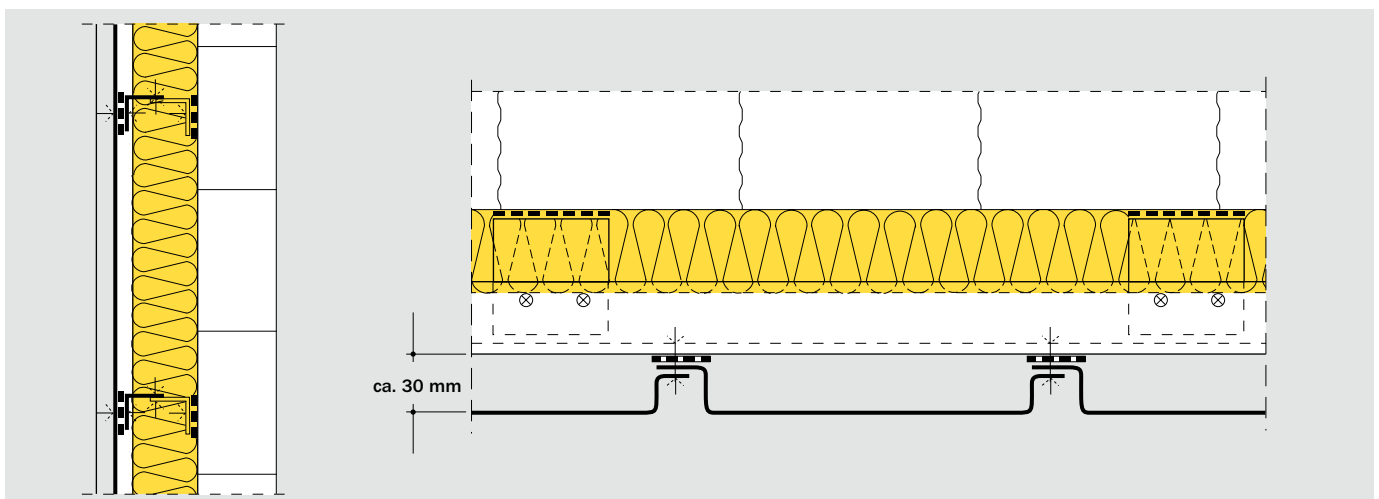


Bild 63: Aluminium-Kassetten mit Nietbefestigung

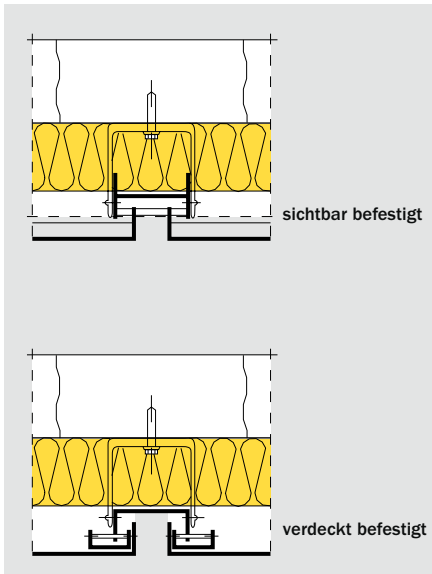


Bild 64: Aluminium-Kassetten mit hängender Befestigung

4.3.5 Eigenschaften

Standsicherheit

Der Nachweis der Standsicherheit wird entsprechend den oben genannten Baubestimmungen erbracht. Für die Unterkonstruktion wird eine objektbezogene Bemessung erforderlich. Diese bieten Systemanbieter von Unterkonstruktionen vielfach als Serviceleistungen an.

Bei großformatigen Bekleidungselementen ist ggf. bei der Biegebemessung der punktgestützten Platte aus Windsog die Nachgiebigkeit der Unterkonstruktion zu berücksichtigen.

Untersuchungen im Windkanal und in situ zeigten, dass auf den Ansatz erhöhter Wind-Soglasten im Randbereich nach DIN

Tafel 12: Brandschutzanforderungen an die Komponenten von hinterlüfteten Außenwandbekleidungen

Bauteil	Erforderliche Baustoffklasse nach DIN 4102		
	$n \leq 1$ Vollgeschosse	$n \geq 1$ Vollgeschosse < Hochhäuser	Hochhäuser
Bekleidung	B2	B1	A
Unterkonstruktion	B2	B2 ^{1) 2)}	A
Wärmedämmung	A ³⁾	A ³⁾	A ³⁾
Verankerungselemente	A ⁴⁾	A ⁴⁾	A ⁴⁾

¹⁾ Gegen die Verwendung von B2-Baustoffen für stabförmige Unterkonstruktionen bestehen keine Bedenken, wenn Zwischenraum Bekleidung – Dämmung nicht > 4 cm und Fenster- und Türleibung mit A-Baustoffen abgeschottet sind

²⁾ Nach der BAYBO ist die Holzunterkonstruktion bis 30 m Gebäudehöhe einsetzbar

³⁾ Gilt nicht für Halteelemente von Dämmschichten

⁴⁾ Gilt nicht für bauaufsichtlich zugelassene Dübelssysteme

1055-4 verzichtet werden kann, wenn eine dauerhafte vertikale Windsperre im Bereich der Gebäudekanten (Bild 65) ein Hinterströmen verhindert.

Eine Zwangsbeanspruchung aus behinderter hygrothermischer Verformung wird durch das Konstruktionsprinzip der zwangsfreien Verformung ausgeschlossen.

Brandschutz

An die Baustoffklassen der Einzelkomponenten werden die Anforderungen nach Tafel 12 gestellt.

Brandschutztechnische Untersuchungen zeigen, dass die Kunststoffdämmstoffhalter im Brandfall zu einer nur geringen

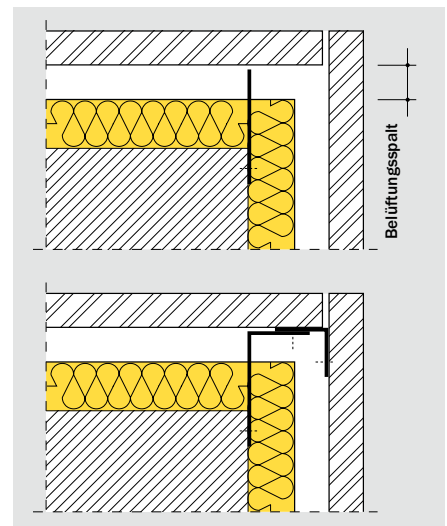


Bild 65: Vertikale Windsperre im Bereich von Gebäudekanten zur Reduzierung der Windsoglasten im Randbereich [33]

Tafel 13: U-Werte von einschaligen KS-Außenwänden mit hinterlüfteter Außenwandbekleidung

	Dicke des Systems [cm]	Dicke der Dämmschicht [cm]	U [W/(m²·K)] λ [W/(m·K)]			Beschreibung (Aufbau)
			0,022	0,032	0,035	
	31,5	10	–	–	0,30	1 cm Innenputz (λ = 0,70 W/(m·K)) 17,5 cm KS-Außenwand, RDK 1,8 ¹⁾ Wärmedämmstoff 2 cm Hinterlüftung Fassadenbekleidung (Dicke nach Art der Bekleidung)
	33,5	12	–	–	0,26	
	37,5	16	–	–	0,20	
	41,5	20	–	–	0,16	
	46,5	25	–	–	0,13	
	51,5	30	–	–	0,11	

Als Dämmung können unter Berücksichtigung der stofflichen Eigenschaften und in Abhängigkeit von der Konstruktion alle genormten oder bauaufsichtlich zugelassenen Dämmstoffe verwendet werden, z.B. Hartschaumplatten, Mineralwolleplatten.

¹⁾ Bei anderen Dicken oder RDK ergeben sich nur geringfügig andere U-Werte.



Bild 66: VHF mit großformatigen Faserzementplatten

Energiefreisetzung führen und zu keiner Brandausbreitung beitragen. Deshalb wird für Dämmstoffhalter nicht die Baustoffklasse A nach DIN 4102 [2] gefordert.

Wärmeschutz

Bei hinterlüfteten Außenwandbekleidungen können sämtliche – auch zukünftige – Anforderungen an den Wärmeschutz in besonderer Weise erfüllt werden, da durch die Dimensionierung der Verankerungselemente jede beliebige Wärmedämmstoffdicke eingesetzt werden kann. Darüber hinaus werden Dämmstoffe mit der günstigen Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ angeboten.

Im Hinblick auf den sommerlichen Wärmeschutz erweisen sich KS-Außenwände mit hinterlüfteten Außenwandbekleidungen bekannter Maßen besonders günstig, da es sich um eine hinterlüftete Konstruktion mit einer außen liegenden Wärmedämmung und einer innen liegenden hohen speicherfähigen Masse handelt.

Schallschutz

Umfangreiche Eignungsprüfungen an Außenwandsystemen mit vorgehängten hinterlüfteten Fassaden zeigen, dass mit größer werdenden Dicken der Wärmedämmung und mit wachsender Masse der vorgehängten Fassade die Schalldämmung steigt.

In Tafel 14 sind die Untersuchungsergebnisse unterschiedlicher Fassadenbekleidungen auf einem 24 cm dicken Kalksandstein-Mauerwerk (einseitig verputzt) angegeben, das ohne zusätzliche

Bekleidung ein Schalldämm-Maß von $R_w = 54 \text{ dB}$ aufweist.

Es zeigt sich, dass sich eine Verbesserung des Schalldämmmaßes zwischen 6 und 12 dB ergibt. In keinem Fall wurde eine

Verschlechterung des Schalldämm-Maßes festgestellt.

Feuchteschutz

Außenwandkonstruktionen mit vorgehängten hinterlüfteten Fassaden erweisen

Tafel 14: Untersuchungsergebnisse der Schalldämmung vorgehängter hinterlüfteter Fassaden nach DIN 52210, Prüfstand 52210-P-W nach [36] (Grundkonstruktion: 24 cm Kalksandstein, RDK 2,0 mit $R_w = 54 \text{ dB}$), einseitig verputzt

Nr.	Fassadenbekleidung		Fugen		Unterkonstr.		Mineralwoll-dämmung		$R_{w,P}$ [dB]
	Material	Formate in mm	offen	geschl.	Alu	Holz	6 cm	12 cm	
1	Faserzement, 4,5 mm	600 x 300	X		X		X		62
2			X		X			X	64
3	Faserzement, 8 mm	2500 x 1110	X		X		X		62
4				X	X			X	62
5	Aluminium-Sandwich, 4 mm	2513 x 1120	X		X		X		62
6			X		X			X	62
7	Keramik, 8 mm	592 x 592	X		X		X		60
8			X		X			X	63
9	Tonstrangplatten	200 x 390		X	X		X*)		64
10	Aluminium, bandbeschichtet, 2 mm	630 x 4480		X	X			X	66
11		1228 x 4480		X	X			X	64

*) 8 cm Dämmstoffdicke

sich im Hinblick auf den Tauwasserschutz als besonders günstig, da der Dampfdiffusionswiderstand nach außen abnimmt und die das Bauteil durchdringende Feuchtigkeit im Belüftungsraum durch die vorbeistreichende Luft schadensfrei abgeführt werden kann. Auch im Hinblick auf die Austrocknung von Baufeuchte sind hinterlüftete Bekleidungen besonders positiv zu bewerten.

Nach DIN 18516-1 ist eine Mindestbreite des Belüftungsraum von 2 cm ausreichend, die örtlich auf 5 mm reduziert werden darf. Bei der Ausbildung von offenen Fugen zwischen den Bekleidungselementen sollte jedoch eine Mindestbreite von 4 cm eingehalten werden.

An Kopf- und Fußpunkten der hinterlüfteten Fassade sind Be- und Entlüftungsöffnungen von 50 cm² je m Fassadenlänge anzuordnen. Diese können zusätzlich mit so genannten Insektengitter oder Ähnlichem gesichert werden.

Witterungsschutz

Der Witterungsschutz von VHF wird durch die Bekleidungselemente erbracht. Das hinter ein Bekleidungselement eindringende Niederschlagswasser darf keinen schädigenden Einfluss ausüben.

Bei kleinformatischen Bekleidungen erfolgt der Witterungsschutz im Bereich der Fugen durch eine ausreichende Überdeckung (Bild 67). Bei großformatigen Elementen können offene Fugen ausgeführt werden, sofern die Fugenbreite zwischen den Bekleidungselementen nicht breiter als 10 mm ist und der Abstand der Außenwandbekleidung zur Wärmedämmung ≥ 40 mm beträgt. Die in den Belüftungsspalt eindringende Niederschlagsmenge ist dann von vernachlässigbarer Größenordnung. Bei Einsatz von hydrophobierten Mineralfaserdämmstoffen wird nämlich lediglich ein 3 bis 4 cm breiter Streifen im Fugenbereich bis zu einer Tiefe von ca. 1 mm durchfeuchtet. Diese Durchfeuchtung wird nach Beendigung der Regenperiode durch die den Belüftungsraum durchstreichende Luft in kurzer Zeit nach außen abgeführt, so dass die Mineralfaserdämmung austrocknet.

Gebrauchstauglichkeit

Zum Nachweis der Gebrauchstauglichkeit der Systeme werden insbesondere bei Bekleidungselementen eine Vielzahl von Untersuchungen mit klimatischer Wechselbeanspruchung – z.B. im Zulassungsverfahren – durchgeführt.

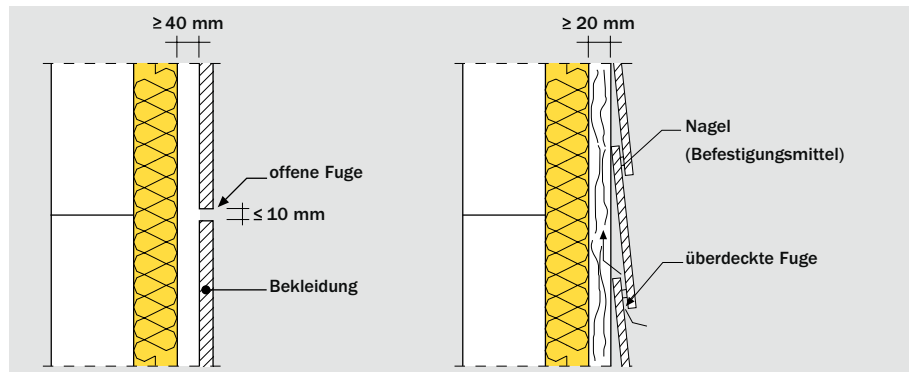


Bild 67: Fugenausbildung bei hinterlüfteten Bekleidungen (aus [33])

Bei der Kombination verschiedener Metalle ist durch konstruktive Maßnahmen die Entstehung von Kontaktkorrosion auszuschließen.

Vorgehängte hinterlüftete Außenwandbekleidungen können entsprechend der örtlichen Beanspruchung abgestimmt gewählt werden, so dass auch ein sehr hoher Widerstand gegenüber Stößen gewährleistet ist. Im Hinblick auf andere Vandalismusschäden, z.B. in Form von Graffiti, ist auf [37] zu verweisen.

Gestaltung

Durch die Material- und Formvielfalt werden die großen Gestaltungsmöglichkeiten bestimmt. Zunehmend werden auch Kombinationen mit WDV-Systemen oder zweischaligem Mauerwerk angewandt.

Darüber hinaus bieten VHF-Systeme die Möglichkeit, andere Elemente in der Fassade zu integrieren. So können z.B. Pho-

tovoltaikamente (Bild 68) harmonisch in die Fassade eingepasst werden. Darüber hinaus können auch nicht sichtbare Blitzschutzeinrichtungen (unter Nutzung der vorhandenen Metall-Unterkonstruktion) ausgeführt werden [38].

Ist der Einsatz von Photovoltaikelementen geplant, ist zu beachten, dass diese nach VOB C ATV DIN 18531 einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung oder einer Zustimmung im Einzelfall bedürfen.

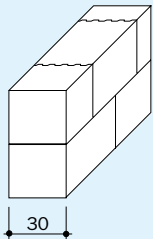
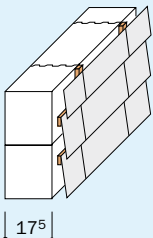
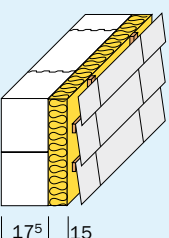
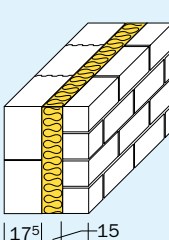
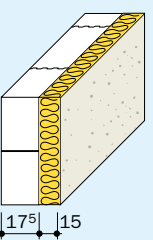
4.3.6 Wirtschaftlichkeit

Trotz höherer Investitionskosten erweisen sich vorgehängte hinterlüftete Fassaden aufgrund der hohen Dauerhaftigkeit, der geringen Wartungsintensität und der Möglichkeit ggf. einzelne Elemente einfach auszutauschen, als eine langfristig wirtschaftliche Lösung. Durch die Demontierbarkeit ist zusätzlich eine einfache Trennung der Materialien im Hinblick auf eine Wiederverwertung oder -verwendung gewährleistet.



Bild 68: Kindergarten und Kindertagesstätte in Dohna – Fassadenkollektoren und vorgehängte Fassade in einem Farbton

Tafel 15: KS-Außenwandkonstruktionen für Wirtschaftsbauten, Beispiele

	Konstruktion	Anwendungsbereich	Beschreibung
①  innen: KS-Sichtmauerwerk (RDK 1,8), gestrichen außen: Oberfläche hydrophobierend imprägniert Stoßfugen knirsch oder vermörtelte Stoßfugen (Regenbremse) $R' = 55 \text{ dB}$ $U_w = 2,11 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$	Einschalige KS-Außenwand	Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen, in geschützten Lagen, mit geringer Schlagregenbeanspruchung ● hoher Schallschutz	Einschalige Außenwände aus frostwiderstandsfähigen Kalksandsteinen mit vermörtelten Mörteltaschen sind z.B. zu empfehlen für landwirtschaftliche Gebäude mit Außenklimabedingungen in geschützter Lage mit geringer Schlagregenbeanspruchung.
②  innen: KS-Sichtmauerwerk (RDK 2,0), gestrichen, Fugen raumseitig winddicht verspachtelt außen: hinterlüftete Bekleidung, z.B. aus großformatigen, profilierten Leichtmetall-Tafeln $R' = 50 \text{ dB}$ $U_w = 2,26 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$	Einschalige KS-Außenwand mit hinterlüfteter Bekleidung	Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen ● hoher Regenschutz ● hoher Schallschutz	Die Fassadenbekleidung aus Holzschindeln, Faserzementplatten, Leichtmetallplatten o.Ä. bietet Schutz vor Witterungseinflüssen sowie viele Möglichkeiten einer modernen Fassadengestaltung und ist z.B. zu empfehlen für landwirtschaftliche Gebäude mit Außenklimabedingungen.
③  innen: KS-Sichtmauerwerk (RDK 2,0), gestrichen, Fugen raumseitig winddicht verspachtelt außen: hinterlüftete Bekleidung, z.B. aus Leichtmetall-Tafeln Dämmschicht: Mineralwolle-Platten $R' = 50 \text{ dB}$ $U_w = 0,21 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$	Einschalige KS-Außenwand mit hinterlüfteter Bekleidung und Wärmedämmung	Beheizte Gebäude, konstante Temperatur- und Feuchtebedingungen ● hoher Wärmeschutz ● hoher Regenschutz ● hoher Schallschutz	Einschalige Außenwände mit hinterlüfteter Bekleidung und Wärmedämmung bieten sehr hohen Wärmeschutz bei gleichzeitig hohem Schall- und Regenschutz und sind zu empfehlen für Gebäude mit hohen Innentemperaturen und/oder mit steuerbaren raumklimatischen Anforderungen.
④  innen: KS-Sichtmauerwerk, gestrichen außen: Sichtmauerwerk aus KS-Verblendern (RDK 2,0), imprägniert, Dämmschicht $R' = 61 \text{ dB}$ $U_w = 0,22 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$	Zweischalige KS-Außenwand mit Kerndämmung	Beheizte Gebäude, konstante Temperatur- und Feuchtebedingungen ● hoher Wärmeschutz ● hoher Regenschutz ● hoher Schallschutz	Zweischalige Außenwände bieten sehr hohen Wärmeschutz bei gleichzeitig hohem Schall- und Regenschutz und sind zu empfehlen für Gebäude mit hohen Innentemperaturen, vorzugsweise Wohngebäude.
⑤  innen: KS-Sichtmauerwerk (RDK 2,0), gestrichen außen: Thermohaut mit Putzbeschichtung $R' = 50 \text{ dB}$ $U_w = 0,22 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$	KS-Thermohaut (Einschalige KS-Außenwand mit WDVS)	Beheizte Gebäude, konstante Temperatur- und Feuchtebedingungen ● hoher Wärmeschutz ● hoher Regenschutz ● hoher Schallschutz	Außenwände mit Wärmedämmung und Putzbeschichtung bieten sehr hohen Wärmeschutz bei gleichzeitig hohem Schall- und Regenschutz und sind zu empfehlen für Gebäude mit hohen Innentemperaturen, vorzugsweise Wohngebäude.

5. EINSCHALIGES KS-MAUERWERK OHNE WÄRMEDÄMMUNG

5.1 Konstruktionsübersicht

Bei Gebäuden mit niedrigen Innentemperaturen oder Bauwerken ohne Anforderungen an den Wärmeschutz – wie z.B. Wirtschafts- und Industriegebäude oder landwirtschaftliche Bauten – können einschalige KS-Außenwände ohne Wärmedämmung eingesetzt werden. Einschalige Außenwände ohne Wärmedämmung haben neben den Anforderungen an die Standsicherheit insbesondere die Funktion des Witterungsschutzes. Dabei kann zwischen folgenden Konstruktionen unterschieden werden:

- verputzte einschalige KS-Außenwände
- unverputzte einschalige KS-Außenwände (einschaliges KS-Verblendmauerwerk)

5.2 Eigenschaften

Bei *verputzten einschaligen Außenwänden* können Kalksandsteine nach DIN V 106 verwendet werden, da der Witterungsschutz durch den Außenputz erfüllt wird. Der Außenputz ist bei hoher Schlagregenbeanspruchung Wasser abweisend einzustellen.

Bei *einschaligem KS-Verblendmauerwerk* (Bild 69) wird der Witterungsschutz durch die außen liegende Steinreihe und die Schalenfuge bestimmt. Nach DIN 1053-1 muss jede Mauerschicht mindestens zwei Steinreihen gleicher Höhe aufweisen, zwischen denen eine durchgehende, schicht-

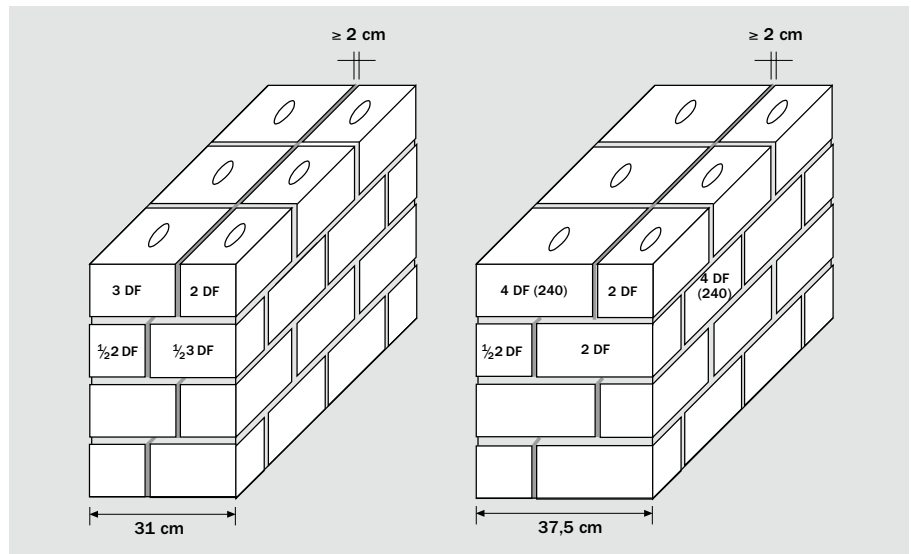


Bild 69: Ausführungsbeispiele für einschaliges Verblendmauerwerk

weise versetzte, hohlraumfrei vermörtelte, 20 mm dicke Längsfuge (Schalenfuge) verläuft. Die Mindestwanddicke beträgt 310 mm. Alle Fugen müssen vollfugig und kraftschlüssig vermörtelt werden. Die äußere Steinreihe ist aus frostwiderstandsfähigen KS-Verblendern auszuführen.

Bei einschaligem Verblendmauerwerk gehört die Verblendung zum tragenden Querschnitt. Nach DIN 1053-1 ergibt sich die zulässige Beanspruchung aus der im Querschnitt verwendeten niedrigsten Steindruckfestigkeitsklasse.

Bezüglich der Ausführung der Verfugung ist auf Abschnitt 3.6.4 zu verweisen. Die

Verfugung sollte als Fugenglattstrich oder als nachträgliche Verfugung kantenbündig mit der KS-Verblender-Oberfläche ausgeführt werden.

5.3 Anwendungsbereiche

5.3.1 Wirtschaftsbauten

Für Wirtschaftsbauten wie Industriehallen, Werkstattgebäude usw. eignen sich Kalksandsteine besonders gut.

Kalksandsteine sind:

- robust, dauerhaft beständig und widerstandsfähig auch gegen mechanische Beanspruchungen im Industriebereich



Bild 70: Werkstattgebäude in Hilpolstein



Bild 71: KS-Sichtmauerwerk als frei stehende Wand

- wegen ihrer hohen Steindruckfestigkeitsklassen von üblicherweise 12 oder 20 für hochbelastbares Mauerwerk geeignet
- hart (widerstandsfähige Oberfläche) und wegen ihrer hohen Maßgenauigkeit und ihrer planebenen Oberflächen für sichtbar bleibendes Mauerwerk außen und innen anwendbar
- nicht brennbar – Baustoffklasse A nach DIN 4102 bzw. europäische Klasse A1 oder A2-s₁,d₀ nach DIN EN 13501-1 – und erfüllen damit auch hohe Brandschutzanforderungen in wirtschaftlichen Wanddicken
- vorzüglich schalldämmend bei hohen Steinrohdichteklassen (z.B. RDK 2,0)

Eine besondere Variante des Sichtmauerwerks für den Bereich der Industrie- und Wirtschaftsgebäude sind einschalige Außenwände aus widerstandsfähigen Kalksandsteinen. Für diese Außenwände können Blocksteine, Plansteine, Fasersteine sowie KS XL verwendet werden. Diese Mauerwerksfassade ist besonders bei Gebäuden mit niedrigen Innentemperaturen zu empfehlen, die in wettergeschützten Lagen mit geringer Schlagregenbeanspruchung errichtet werden und konstruktiv mit einem Witterungsschutz versehen sind, z.B. mit auskragendem Gesims, Vordach usw.

Sichtmauerwerk und sichtbar bleibendes Mauerwerk sind keine Industrieprodukte. Der optische Reiz liegt in der handwerksgerechten Verarbeitung. Nicht die Beschaffenheit der einzelnen Steine entscheidet, sondern die ästhetische Gesamtwirkung der Fläche. Die Anforderungen an das Erscheinungsbild sind deshalb vom Planer eindeutig zu definieren.

5.3.2 Landwirtschaftliche Bauten

An die Baustoffe und Wände von Ställen und anderen landwirtschaftlichen Bauten werden hohe Anforderungen gestellt.

Mechanische Belastbarkeit

Der starke Bewegungsdrang der Tiere setzt mechanisch belastbare Baustoffe voraus, die in der Lage sind, statische und dynamische Belastungen aufzunehmen. Das betrifft zum Beispiel Schweineställe oder Pferdeställe, in denen die Wandflächen durch größere harte Stöße, z.B. durch Hufschlag, beansprucht werden.

Diesen Anforderungen werden Kalksandsteine sowie die aus diesen Steinen errichteten Wände durch ihre hohe Festigkeit in hohem Maße gerecht. Aufgrund der glatten Oberflächen der Steine sind Verletzungen der Tiere, die bei rauem Mauerwerk auftreten können, nicht zu erwarten.

Verputzte Kalksandstein-Wände bieten hervorragenden Schutz vor Ankauen bzw. Befressen durch alle Tiere, insbesondere Rinder, Pferde und Schweine.

Stallhygiene und Reinigung, Anstriche und Beschichtungen

Von großer Bedeutung ist die Stallhygiene sowohl durch ein gutes Stallklima als auch durch Reinhaltung. Stetig wiederkehrende Reinigung und Desinfektion sind ausschlaggebend für die Gesundheit der Tiere. Hierfür sind glatte Wandflächen notwendig, die auch einer wiederholten Einwirkung von Wasser und Desinfektionsmitteln ohne Schäden widerstehen und unempfindlich

sind gegen die ständige Belastung der Wände durch die in der Stallluft enthaltenen Gase (NH₃, H₂S, CO₂) in Verbindung mit Staub und Feuchtigkeit.

Das KS-Mauerwerk ist ein hervorragender Untergrund für Anstriche, Beschichtungen oder Fliesen. Die Wände sind so leichter zu reinigen und zu desinfizieren. Bei Anstrichen müssen die Fugenbereiche zwischen den Steinen sauber ausgebildet und glatt gestrichen sein. Zur besseren Reinigung können die unverputzten Kalksandsteinwände auch mit einem elastischen Abdichtungssystem versehen werden. Verschiedene Hersteller von bauchemischen Produkten bieten hier erprobte Lösungen an.

In Schweineställen sollten die Wände stets bis zu einer Höhe von ca. 1,25 m durch Anstriche oder Beschichtungen geschützt werden. Die Stoffe müssen toxisch unbe-



Foto: Bauförderung Landwirtschaft (BFL)

Bild 72: KS-Mauerwerk ist auch in Pferdeställen gut einsetzbar – die hellen robusten Oberflächen schaffen für Mensch und Tier eine freundliche Raumatmosphäre.



Foto: Bauförderung Landwirtschaft (BFL)

Bild 73: Beschichtetes bzw. gestrichenes KS-Mauerwerk erleichtert die Reinigung.

denklich sein. Das ist durch Prüfzeugnisse der Anstrichhersteller nachzuweisen. Bei der Reinigung der Wände ist darauf zu achten, dass Anstriche bzw. Beschichtungen nicht in Folge ungeeigneter Düseinstellung oder eines zu hohen Drucks des Hochdruckreinigers abgelöst werden.

Chemische Beständigkeit

KS-Mauerwerk ist weitgehend beständig gegen Gülle, z.B. aus der Schweinemast. In umfangreichen praxisnahen Untersuchungen der Kalksandstein-Industrie wurde die hohe Beständigkeit von Kalksandstein gegenüber Düngemitteln und aggressiven Medien nachgewiesen, wie sie in der Landwirtschaft vorkommen. Die Ergebnisse stimmen mit den Erfahrungen

aus dem jahrzehntelangen Praxiseinsatz von KS-Wänden in der Landwirtschaft sehr gut überein.

Lagerung von landwirtschaftlichen Nebenprodukten

Bei der Lagerung und dem Umschlagen von landwirtschaftlichen Nebenprodukten wie Jauche, Gülle und Silagesickersäften sind einzuhalten:

- das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) [39]
- die Verwaltungs- und Ausführungsvorschriften zum Umgang mit Wasser gefährdenden Stoffen der Bundesländer (VawS und AV-VawS)

Entsprechend §19g, Absatz (2) Wasserhaushaltsgesetz müssen Anlagen zum Lagern und Abfüllen von Jauche, Gülle und Silagesickersäften (JGS-Anlagen) so beschaffen sein, dass der bestmögliche Schutz der Gewässer vor Verunreinigung oder sonstiger nachteiliger Veränderung ihrer Eigenschaften erreicht wird. Dies gilt für den Bau und die Unterhaltung dieser Anlagen gleichermaßen.

Grundsätzlich ist in Bereichen, die im Geltungsbereich des WHG liegen, die Abdichtung von Kalksandstein-Mauerwerk mit geeigneten bauchemischen Produkten erforderlich.



Bild 74: Rohbau eines Maststalls

Foto: Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Stallklima

Das Klima in geschlossenen Ställen mit steuerbaren raumklimatischen Anforderungen – Schweineställe für Mast und Ferkelerzeugung, Geflügelställe für Mast und Eierproduktion – wird durch eine Reihe von Einflussfaktoren bestimmt, u.a. durch:

- Temperatur und relative Feuchte der Außen- und Innenluft
- Wärmeleistung und Wasserdampf-abgabe der Tiere
- Lüftung und Regelung der Lüftung
- Wärmeschutz der Außenwände und des Daches

Die schweren KS-Wände haben stabilisierenden Einfluss auf das Raumklima und dämpfen Wärme- und Feuchteschwankungen. Das ist besonders im Sommer von Bedeutung: Die hohe Wärmespeicherefähigkeit der KS-Innenwände wirkt wie eine natürliche Klimaanlage.

Für Stallgebäude mit hohen relativen Luftfeuchten im Innern sind hochgedämmte KS-Außenwandkonstruktionen (Kalksandstein mit Thermohaut oder mit vorgehängten hinterlüfteten Fassaden sowie zweischaliges KS-Mauerwerk mit Kerndämmung) besonders geeignet.

Brandschutz von Ställen

Der Brandschutz spielt bei landwirtschaftlichen Bauten eine große Rolle, zumal die Tiere selbst im Brandfall ihre gewohnte Umgebung nicht verlassen. Die Kalksandsteine sind nicht brennbar und sind der Baustoffklasse DIN 4102-A1 bzw. der europäischen Klasse A1 oder A2-s₁,d₀ nach DIN EN 13501-1 zuzuordnen. Kalksandsteinwände bieten hohen Brandschutz.



Bild 75: Einschalige KS-Außenwand bei einem Reitstall

Foto: Bauförderung Landwirtschaft (BFL)

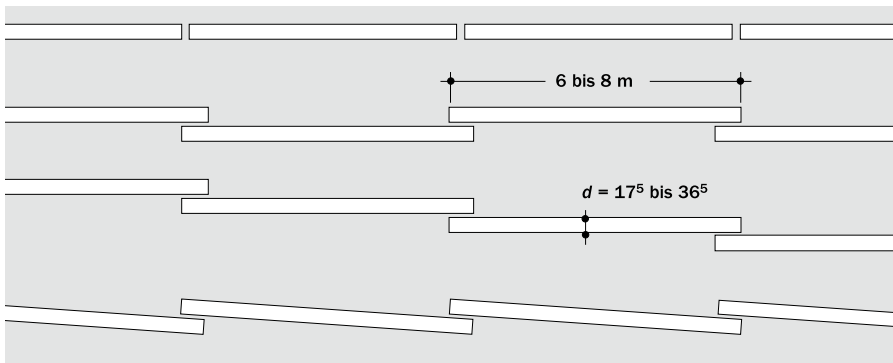


Bild 76: Gliederung freistehender KS-Wände

Tafel 16: Zulässige Wandhöhen für freistehende Wände ohne Aussteifung und ohne Auflast für KS-Mauerwerk¹⁾ der Stein-Rohdichteklasse 2,0²⁾

Wand- dicke <i>d</i> [cm]	Rechenwert für Eigenlast nach DIN 1055 [kN/m ³]	zulässige Wandhöhen Wandfuß über Gelände (Wandkrone bis 8 m über Gelände) [m]
17,5	20	0,63
24	20	1,18
30	20	1,85
36,5	20	2,73

¹⁾ KS-Verblender für unverputzte freistehende Wände

²⁾ Bei KS der Rohdichteklasse 1,8 sind die in der Tafel angegebenen zulässigen Wandhöhen um maximal 10 % geringer.

Tafel 17: Aussteifung freistehender Wände aus KS mit bzw. ohne oberen Querriegel bei einer Höhe über Gelände von 0 bis 8 m

Wand- dicke <i>d</i> [cm]	Wand- höhe <i>h</i> [m]	emp- fohlener Abstand <i>a</i> [cm/cm]	Aussteifungspfeiler Stahl- profil (statisch erforder- lich) ²⁾	Stahl- beton- quer- schnitt <i>b/d</i> ²⁾ [cm/cm]
mit oberem Querriegel				
11,5 ¹⁾	1,50	5,50	I 120	35/12
	2,00	4,00	I 120	40/12
	2,50	3,50	I 120	45/12
	3,00	3,00	I 120	50/12
17,5	2,00	5,50	I 180	30/18
	2,50	4,50	I 180	35/18
	3,00	3,50	I 180	40/18
	3,50	3,00	I 180	45/18
24	2,50	8,00	I 240	30/24
	3,00	6,50	I 240	35/24
	3,50	5,50	I 240	40/24
	4,00	5,00	I 240	45/24
ohne oberen Querriegel				
11,5 ¹⁾	1,00	4,00	I 120	20/12
	1,50	3,00	I 120	30/12
	2,00	2,00	I 120	40/12
17,5	1,50	3,50	I 180	20/18
	2,00	2,50	I 180	30/18
	2,50	2,00	I 180	40/18
24	2,00	5,00	I 240	20/24
	2,50	4,00	I 240	25/24
	3,00	3,00	I 240	30/24

¹⁾ Mindestens Stein-Festigkeitsklassen 12, KS-Verblender für unverputzte Einfriedungsmauern

²⁾ Aus konstruktiven Gründen werden größere Stahlquerschnitte empfohlen.

³⁾ Bewehrung gemäß statischem Nachweis

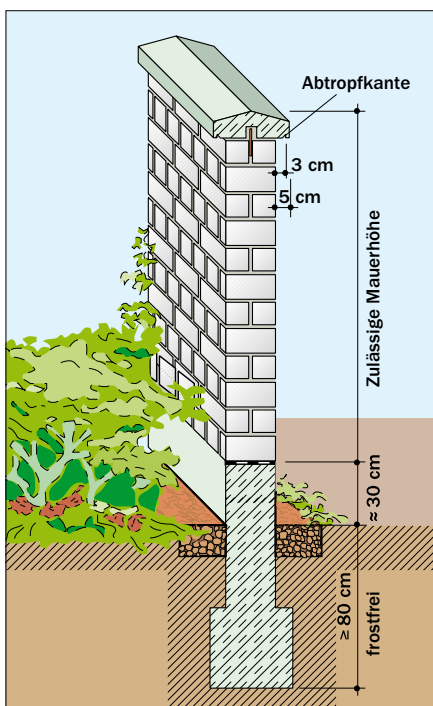


Bild 77: Freistehende KS-Wand

6. FREI STEHENDE KS-WÄNDE

Frei stehende Wände werden weder seitlich durch Querwände oder Stützen, noch oben durch anschließende Decken- oder Ringbalken gehalten. Dies trifft z.B. für Einfriedungen und Brüstungen zu.

6.1 Standsicherheit

Zur Ermittlung der Horizontal- und Eigenlasten ist DIN 1055 maßgebend. Bei den Windlastannahmen ist die Höhenlage der Bauteile über Gelände zu beachten.

Zulässige Höhen freistehender KS-Wände der Steinrohrichteklasse 2,0 ohne Aussteifung und ohne Auflast sind in Tafel 16 enthalten. Bei Kalksandsteinen der Steinrohrichteklasse 1,8 reduzieren sich die Höhen um 10 %.

Sollen frei stehende Mauerwerkswände höher gemauert werden, sind diese Wände durch Pfeiler und ggf. zusätzlich durch biegesteife Querriegel auszusteiern. Ohne Riegel gilt die Wand als dreiseitig gehalten. Mit einem zusätzlichen biegesteifen Querriegel als Wandkrone kann von einer vierseitigen Halterung ausgegangen werden. Zur Aussteifung eignen sich Stahlprofile oder Stahlbetonpfeiler. Damit werden die in Tafel 17 angegebenen Wandhöhen ausführbar.

6.2 Gebrauchstauglichkeit

Zur Minimierung der Rissgefährdung aus hygrothermischer Zwangbeanspruchung sollten die Einzelwandlängen freistehender Wände (ohne zusätzliche Aussteifung) 6 bis 8 m nicht überschreiten. Möglichkeiten der architektonischen Gestaltung zeigt Bild 76.

6.3 Witterungsschutz

Für unverputzte freistehende Wände sind KS-Verblender zu wählen.

Frei stehende Wände müssen an der Mauerkrone gegen Regenwasser geschützt werden. Hierfür eignen sich Natursteinplatten, Mauerabdeckungen aus vorgefertigten Aluminiumprofilen, Betonfertigteile, Dachziegel etc. Dabei ist auf einen ausreichenden Überstand sowie die Ausbildung von Abtropfkanten (Bild 77) zu achten.

Rollschichten aus Mauerwerk haben sich als obere Abdeckung von freistehenden Wänden nicht bewährt, da insbesondere der Fugenmörtel durch die starke Regenbeanspruchung in der Dauerhaftigkeit gefährdet ist.

LITERATUR

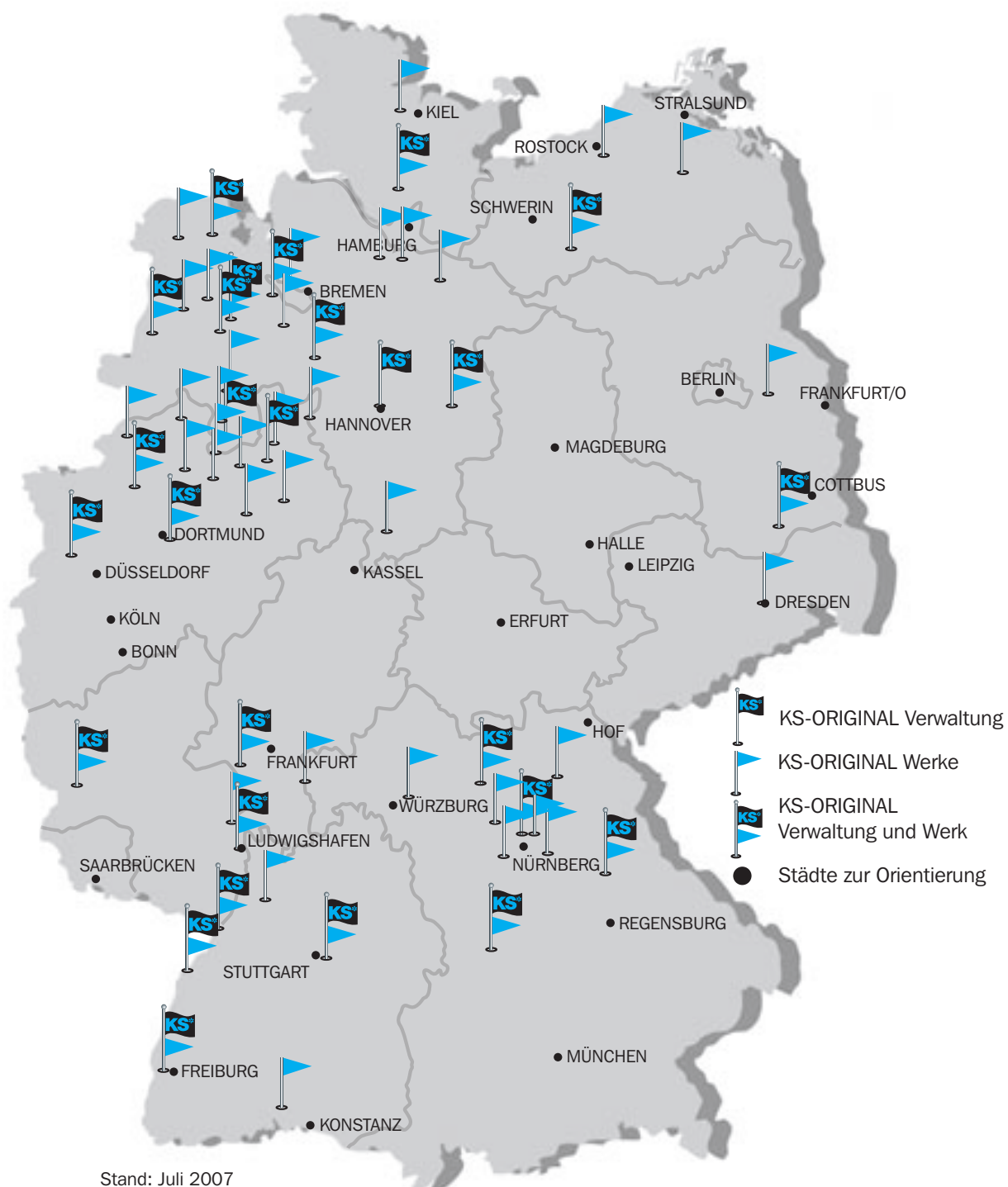
- [1] Musterbauordnung (MBO) von Nov. 2002, ARGEBAU (= Arbeitsgemeinschaft der für das Bau-, Wohnungs- und Siedlungswesen zuständigen Minister der Bundesländer)
- [2] DIN 4102 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
- [3] Institut für Bautechnik: Richtlinien für die Verwendung brennbarer Baustoffe im Hochbau (RbBH), Berlin 1978
- [4] DIN 4108 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden
- [5] BMWi, BMVBW: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) vom 16.11.2001. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2001, Teil I, Nr. 59, S. 3085-3102; neu gefasst durch Bek. v. 02.12.2004 BGBl I 3146, 24.07.2007 BGBl I, S. 2684
- [6] DIN 4109 Schallschutz im Hochbau
- [7] Reiß, J.: Schimmelpilze – Lebensweise, Nutzen, Schaden, Bekämpfung. 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin 1998
- [8] Umweltbundesamt (Hrsg.): Hilfe! Schimmel im Haus. Ursachen – Wirkungen – Abhilfe, Berlin 2004
- [9] Deutsche Energie Agentur (Hrsg.): Gesund Wohnen durch richtiges Lüften und Heizen, Berlin 2004
- [10] Klaas, H.; Schulz, E.: Schäden an Außenwänden aus Ziegel- und Kalksandstein-Verblendmauerwerk. – In: Schadenfreies Bauen, Band 13, 2., überarb. Auflage, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2002
- [11] Schubert, P: KALKSANDSTEIN – Verformung und Rissesicherheit. Auszug aus dem Fachbuch „Planung, Konstruktion, Ausführung“, 4. Auflage, 2005
- [12] Schubert, P: Formänderungen von Mauersteinen, Mauermörtel und Mauerwerk. – In: Mauerwerk-Kalender 17, S. 623-637, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1992
- [13] Mann, W.; Zahn, J.: Murfor® ; Bewehrtes Mauerwerk zur Lastabtragung und zur konstruktiven Rissesicherung – ein Leitfaden für die Praxis. N. V. Bekaert S. A., Zwevegem/Belgien 1991
- [14] Schubert, P: Zur rißfreien Wandlänge von nichttragenden Mauerwerkswänden. – In: Mauerwerk-Kalender 13, S. 473-488, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1988
- [15] Schubert, P: Vermeiden von schädlichen Rissen in Mauerwerksbauten. – In: Mauerwerk-Kalender 21, S. 621-651, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1996
- [16] Kasten, D.; Schubert, P: Verblendschalen aus Kalksandsteinen – Beanspruchung, rißfreie Wandlänge, Hinweise zur Ausführung. – In: Bautechnik 62 (1985), Nr. 3, S. 86-94
- [17] Richtlinie für die Planung und Ausführung von Abdichtungen mit kunststoffmodifizierten Bitumendickbeschichtungen (KMB) – erdberührte Bauteile, 2. Auflage, Deutsche Bauchemie, Frankfurt Nov. 2001
- [18] Cziesielski, E.; Vogdt, F. U.: Schäden am Wärmedämm-Verbundsystemen. – In: „Schadenfreies Bauen“, Band 20, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2000
- [19] Feldhusen, G.: Von Null auf 700 (Mio. m²) Deutsches Ingenieurblatt, Special im Heft 4, 2007
- [20] Fraunhofer Institut für Bauphysik: Langzeitverhalten von Wärmedämmverbundsystemen. Kurzmitteilung Nr. 461, 2005, Verfasser: H. Künzel, H. M. Künzel, K. Sedlbauer
- [21] Bauregelliste A, Bauregelliste B und Liste C; Ausgabe 2005/1, DIBt Mitteilungen, 36. Jahrgang, Sonderheft Nr. 31, 28.06.2005. Änderungen der Bauregellisten A und B und der Liste C, Ausgabe 2005/2, DIBt Mitteilungen, Heft Nr. 6/2005, 23.12.2005. Änderungen der Bauregellisten A und B und der Liste C, Ausgabe 2005/3, DIBt Mitteilungen, Heft Nr. 2/2006, 5.4.2006
- [22] European Technical Approval Guideline, ETAG 004, Schriften des Deutschen Institut für Bautechnik, Reihe LL, Heft 004, Berlin, 2001
- [23] Liste der Technischen Baubestimmungen, Teil II, Anwendungsregelungen für Bauprodukte und Bausätze nach europäischen technischen Zulassungen und harmonisierten Normen nach der Bauproduktenrichtlinie, Ausgabe September 2005, DIBt Mitteilungen 1/2006
- [24] DIN V 18559:1988-12, Wärmedämm-Verbundsysteme; Begriffe, allgemeine Angaben
- [25] DIN 55699:2005-06, Verarbeitung von Wärmedämm-Verbundsystemen
- [26] DIN EN 13499:2003-12, Außenseitige Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) aus expandiertem Polystyrol, Spezifikation
- [27] DIN EN 13500:2003-12, Außenseitige Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) aus Mineralwolle, Spezifikation
- [28] DIN EN 13163:2001-10, Werkmäßig hergestellte Produkte aus expandiertem Polystyrol (EPS), Spezifikation
- [29] DIN EN 13162:2001-10, Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW), Spezifikation
- [30] DIN EN 13501:2002-06, Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten
- [31] KALKSANDSTEIN – Detailsammlung. Bezug über KS-Homepage
- [32] DIN 18516 Außenwandbekleidungen, hinterlüftet
- [33] Cziesielski, E.; Schrepfer, T.: Hinterlüftete Außenwandkonstruktionen und Wärmedämmverbundsysteme, in: Betonkalender 1998, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1998
- [34] Richtlinie: Bestimmung der wärmetechnischen Einflüsse von Wärmebrücken bei vorgehängten hinterlüfteten Fassaden, Ausgabe 1998
- [35] Dierks, K. u.a.: Baukonstruktion. 2. Auflage, Werner Verlag, Düsseldorf 1990
- [36] FVHF-Focus Nr. 4: Die Schalldämmung mit vorgehängten hinterlüfteten Fassaden, Fachverband Baustoffe und Bauteile für vorgehängten hinterlüftete Fassaden e.V.
- [37] WTA Merkblatt 2-5-97 D: Anti-Graffiti-Systeme, Ausgabe Februar 1998
- [38] FVHF-Focus Nr. 14: Hochwirksamer Gebäudeblitzschutz mit vorgehängten hinterlüfteten Fassaden (VHF), Fachverband Baustoffe und Bauteile für vorgehängten hinterlüftete Fassaden e.V.
- [39] Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG). Neugefasst durch Bek. v. 19. 8.2002 I 3245; zuletzt geändert durch Art. 2 G v. 25. 6.2005 I 1746

KS-ORIGINAL ist die Marketing-Organisation von
30 deutschlandweit liefernden KS-Herstellern
mit 60 Kalksandstein-Werken.

KS-ORIGINAL GMBH

Entenfangweg 15
30419 Hannover

Tel.: +49 (0) 5 11 279 53-0
Fax: +49 (0) 5 11 279 53-31
info@ks-original.de
www.ks-original.de



KS-ORIGINAL GMBH

Entenfangweg 15
30419 Hannover

Tel.: +49 (0) 5 11 279 53-0
Fax: +49 (0) 5 11 279 53-31
info@ks-original.de
www.ks-original.de

Überreicht durch:

