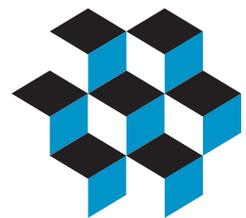


# PRAXISTIPPS FÜR DIE AUSFÜHRUNG VON MAUERWERK

Mit Erläuterungen zu DIN EN 1996 (Eurocode 6)

**DGfM**

*Deutsche Gesellschaft  
für Mauerwerks-  
und Wohnungsbau e.V.*



ZENTRALVERBAND  
DEUTSCHES  
BAUWERBE **ZDB**

**Impressum:****Herausgeber:**

Zentralverband des  
Deutschen Baugewerbes

Kronenstraße 55–58  
10117 Berlin

Tel.: 030 20314-0

Fax: 030 20314-419

info@zdb.de

www.zdb.de

Deutsche Gesellschaft für  
Mauerwerks- und Wohnungsbau e. V.

Kochstraße 6–7  
10969 Berlin

Tel.: 030 253596-40

Fax: 030 253596-45

mail@dgfm.de

www.dgfm.de

**Bildnachweis:**

Prof. Dr.-Ing. Rainer Oswald:

5.3-4, 7-6, 7-7, 10.2-3, 10.4-4, 10.5-2, 10.6-1, 10.6-2, 10.8-1, 10.8-2,  
11-2, 11-3, 12.1-2, 12.1-3, 12.2-2, 12.3-1 bis 12.3-3, 12.5-1 bis 12.5-3,  
12.6-1 bis 12.6-3, 13.2-1, 13.2-2, 13.3 bis 13.5, 15.1-1, 15.1-2, 15.2-1,  
15.3-1

Dr.-Ing. Peter Schubert:

3.1-2, 3.2-2, 3.2-3, 3.3-1, 3.3-2, 4-1, 4-2 bis 4-5, 5.1-1, 5.1-3 bis 5.1-6,  
5.3-2, 5.3-3, 6.2-5, 6.3-7, 6.3-8, 7.1, 7.2, 8-1a bis 8-1c, 10.1-1, 10.2-1,  
10.2-2, 10.4-1 bis 10.4-3, 10.4-5, 10.5-1, 10.5-3, 10.5-4, 11-1, 11-4, 11-  
5 bis 11-7, 12.1-1, 12.2-1a, 12.2-1b, 12.2-3, 12.4-2a, 12.4-2b

Bildquellen mit Literaturbezug

6.2-1 bis 6.2-4 [30]

6.3-3 bis 6.3-5 [33]

Restliche Bilder: DGfM

**Druck:**

DCM Druck Center Meckenheim GmbH

September 2013

Prof. Dr.-Ing. Rainer Oswald  
Dr.-Ing. Peter Schubert

# **Praxistipps für die Ausführung von Mauerwerk**

Mit Erläuterungen zu DIN EN 1996 (Eurocode 6)

Herausgeber:

Zentralverband des Deutschen Baugewerbes  
Deutsche Gesellschaft für Mauerwerks- und Wohnungsbau e. V.



## Inhalt

1	<b>Einführung</b>	7
2	<b>Gebäudekonstruktion, Materialwahl, Bauablaufplanung</b>	7
2.1	Auf einfache Grundrissgestaltung und unkomplizierte Lastableitung achten!	7
2.2	Materialwechsel minimieren!	8
2.3	Auf Steinformate abgestimmte Maßordnung anwenden!	8
2.4	Baustelleneinrichtung und Baustoffbestellung mit Umsicht vornehmen!	8
3	<b>Lagerung von Mauersteinen und Mauermörteln</b>	8
3.1	Mauersteine	8
3.2	Mauermörtel	8
4	<b>Überbindemaß</b>	10
5	<b>Mauerwerk mit Normal- und Leichtmörtel (Dickbettmauerwerk)</b>	12
5.1	Vorbehandeln und Verlegen der Mauersteine	12
5.2	Mörtelherstellung	13
5.3	Mörtelauftrag, Lagerfugen und Stoßfugen	13
6	<b>Mauerwerk mit Dünnbettmörtel (Dünnbettmauerwerk)</b>	15
6.1	Vorbehandeln und Verlegen der Mauersteine	15
6.2	Anlegen der Ausgleichsschicht bzw. Kimmschicht	15
6.3	Mörtelherstellung, Mörtelauftrag, Lagerfugen, Stoßfugen	16
6.4	Mauern mit Planelementen	19
7	<b>Verbinden von Mauerwerkswänden</b>	19
8	<b>Schlitze, Aussparungen</b>	21
9	<b>Sichtmauerwerk (Innenwände), Ausführung der Fugen</b>	24
10	<b>Zweischaliges Außenmauerwerk</b>	25
10.1	Wandaufbau	25
10.2	Konstruktion	26
10.2.1	Auflagerung (Abfangung) der Außenschale	26
10.2.2	Verankerung	26
10.3	Baustoffe für die Außenschale	29
10.4	Ausführung	29
10.5	Dehnungsfugen	31
10.5.1	Technischer Hintergrund	31
10.5.2	Anordnung	31
10.5.3	Breite der Dehnungsfugen und Fugenverschluss	33
10.6	Fußpunktabdichtungen in Verblendschalen	34
10.6.1	Notwendigkeit	34

10.6.2	Abdichtungsstoffe	34
10.6.3	Anordnung und Anschlüsse	34
10.6.4	Entwässerungsöffnungen	35
10.7	Wärmedämmung	36
10.8	Ausblühungen, Auslaugungen	36
10.8.1	Ausblühungen	36
10.8.2	Auslaugungen	37
<b>11</b>	<b>Schutz des Mauerwerks vor Witterungseinflüssen</b>	<b>37</b>
<b>12</b>	<b>Bauteile und Mauerwerk</b>	<b>39</b>
12.1	Deckenaufleger	39
12.2	Ringanker	40
12.3	Ringbalken	41
12.4	Stürze	42
12.5	Rollladenkästen	43
12.6	Abdeckungen und Rollschichten	44
12.6.1	Notwendigkeit	44
12.6.2	Details	44
12.6.3	Anwendungsfälle für Rollschichten	45
<b>13</b>	<b>Abdichtung erdberührter Wände</b>	<b>45</b>
13.1	Ermittlung der Wasserbeanspruchung	45
13.2	Wandabdichtung mit PMB (KMB)	45
13.2.1	Allgemeines	45
13.2.2	PMB bei Bodenfeuchtigkeit	46
13.2.3	PMB bei drückendem Stauwasser	46
13.3	Querschnittsabdichtung	47
13.4	Übergang zwischen Wandabdichtung aus PMB und WU-Bodenplatte bei Stauwasser	48
13.5	Feuchteschutz im Sockelbereich	48
<b>14</b>	<b>Eignung des Mauerwerks für Oberflächenschichten</b>	<b>49</b>
14.1	Festigkeit	49
14.2	Ebenheit	49
14.2.1	Anforderungen der Oberflächenschichten an die Ebenheit des Mauerwerks	49
14.2.2	Praxistipps	50
14.3	Weitere Anforderungen an den Putzgrund	50
<b>15</b>	<b>Wärmeschutz, wichtige Konstruktions- und Ausführungsdetails</b>	<b>50</b>
15.1	Einschalige, beidseitig verputzte Mauerwerksaußenwände	50
15.2	Außenseitig wärmegeädmmtes Mauerwerk	52
15.3	Mauerwerk mit hinterlüfteten Bekleidungen	52
<b>16</b>	<b>Merklste für die Zusammenarbeit zwischen Planer und Ausführenden</b>	<b>53</b>

## 1 Einführung

Historische Gebäude beweisen seit vielen Jahrhunderten die Dauerhaftigkeit und Zuverlässigkeit des Mauerwerksbaus. Vor diesem Hintergrund setzen Bauherren und Immobilienkäufer auch heute bei gemauerten Häusern auf besondere Solidität und Mangelfreiheit. Damit werden an die Planer, besonders aber auch an die Ausführenden, hohe Ansprüche gestellt.

Aus mehreren Gründen ist bei der Planung und Ausführung moderner Bauwerkskonstruktionen erhöhte Sorgfalt geboten. Für den Mauerwerksbau betrifft dies besonders:

- Es steht eine Vielfalt bewährter Mauerwerksbaustoffe zur Verfügung, deren spezielle Eigenschaften zu berücksichtigen sind;
- Mauerwerkswände sollen nicht nur Lasten abtragen und Brandschutzanforderungen erfüllen. Je nach Wandbaustoff und Anwendungsstelle sollen sie darüber hinaus genau definierte Schallschutz-, Wärmeschutz-, Luftdichtheits- und Witterungsschutzeigenschaften aufweisen. Über die Erfüllung dieser Aufgaben wird heute mehr als früher gestritten, da die meisten Eigenschaften während oder nach Baufertigstellung durch Qualitätskontrollen messtechnisch überprüfbar geworden sind.
- Zur Kosteneinsparung werden Bauzeiten immer weiter verkürzt. Moderne Vermauerungstechniken kommen diesem Trend entgegen. An neu errichteten Gebäuden laufen aber lastabhängige und lastunabhängige Form- und Volumenänderungen ab, die bei sehr kurzen Bauzeiten zum Zeitpunkt der Baufertigstellung noch nicht beendet sind. Ein weitgehend rissfreies Erscheinungsbild setzt daher besonders bei Gebäuden, deren Innenoberflächen nicht tapeziert werden sollen, eine erhöhte Planungs- und Ausführungssorgfalt voraus.
- Bauherren und Immobilienkäufer sind mehr und mehr die Makellosigkeit industriell hergestellter Massengüter gewohnt. Sie erwarten daher Ähnliches von ihrer Immobilie. Mauerwerksbauten werden aber nach wie vor bei Wind und Wetter in Handarbeit hergestellt. Sowohl hinsichtlich der Maßhaltigkeit und Ebenheit, aber auch hinsichtlich der anderen Eigenschaften wie z.B. der Haarrissfreiheit gelten daher abweichende Maßstäbe. Die besondere Sorgfalt der Baubeteiligten, aber auch eine angemessene Aufklärung der Besteller über das beim Mauerwerksbau Erwartbare ist daher nötig.

Die vorliegenden Praxistipps sollen vor allem den Ausführenden aufzeigen, worauf man achten sollte, um nicht nur langlebige, optimal nutzbare Mauerwerksbauten zu errichten, sondern auch zufriedene Kunden zu gewinnen. Auch die Planer sind angesprochen, da die gute Ausführbarkeit von Mauerwerk ganz wesentlich von der Gebäudekonzeption abhängt.

## 2 Gebäudekonstruktion, Materialwahl, Bauablaufplanung

### 2.1 Auf einfache Grundrissgestaltung und unkomplizierte Lastableitung achten!

Erste entscheidende Schritte für zuverlässig herstellbare Mauerwerksbauten können bereits bei der Konzeption des Bauwerks getan werden. So sind z.B. folgende Situationen ungünstig:

- Komplizierte Gebäudegrundrisse, die in übereinander liegenden Geschossen versetzt angeordnete, auf Über- oder Unterzügen stehende tragende Wände oder nichttragende Wände auf weit gespannten Decken notwendig machen
- Übergroße Bauwerksöffnungen, verspringende Wandhöhen und Wandanordnungen, die zur Aussteifung des Gebäudes kompliziert verlaufende Ringbalken oder bereichsweise zur Lastabtragung Materialwechsel wie Stahlbetonpfeiler oder gar Stahlstützen im Mauerwerk nötig machen.

Solche Entwürfe erfordern höchste Sorgfalt bei der planerischen und ausführungstechnischen Berücksichtigung der lastabhängigen und lastunabhängigen Bauteilverformung und der Konsequenzen z.B. für die Erzielung eines hohen Schall- und Wärmeschutzstandards und weitgehend rissfreier Bauteiloberflächen.

Besser ist es also, solche schwer realisierbaren Grundsituationen ganz zu vermeiden, zumindest aber auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Der anbietende Unternehmer sollte wissen, dass solche Entwürfe auch mauerwerkstechnisch und z.B. hinsichtlich der Einhaltung von Mindestwartezeiten einen erhöhten Aufwand erfordern.

## **2.2 Materialwechsel minimieren!**

Wenn auch im Einzelfall die Kombination verschiedener Mauerwerksbaustoffe an einem Gebäude durchaus sinnvoll sein kann, so sollte doch die Grundregel gelten, dass möglichst nur ein Baustoff verwendet wird. Diese Regel vereinfacht nicht nur das Bereitstellen der Baustoffe und das Mauern, sie hilft auch am einfachsten Risses Schäden zu vermeiden, die durch unterschiedliche Verformungseigenschaften der kombinierten Materialien entstehen können.

## **2.3 Auf Steinformate abgestimmte Maßordnung anwenden!**

Auch eine auf die Formate der verwendeten Mauersteine abgestimmte Maßordnung der Grundriss- und Aufrissdimensionen des Gebäudes hilft, z.B. Verarbeitungsfehler wie unzureichende Überbindemaße erheblich zu reduzieren.

## **2.4 Baustelleneinrichtung und Baustoffbestellung mit Umsicht vornehmen!**

Bei der Baustellenplanung sollten geeignete Lagerungsmöglichkeiten für die Baumaterialien vorgesehen werden.

Sondersteine z.B. für Fensterleibungen, Stürze und Ringbalken sollten rechtzeitig bestellt und vorgehalten werden.

Schneidgeräte für das sachgerechte Zurichten der Mauersteine und sonstiges spezielles Handwerkszeug (z.B. auf die Wanddicke abgestimmte Mörtelschlitzen) sind bereitzustellen.

# **3 Lagerung von Mauersteinen und Mauermörteln**

Mauersteine und Mauermörtel sind trocken und dauerhaft vor ungünstigen Witterungseinflüssen geschützt zu lagern.

## **3.1 Mauersteine**

Mauersteine werden in der Regel folienverpackt auf Paletten auf die Baustelle geliefert.

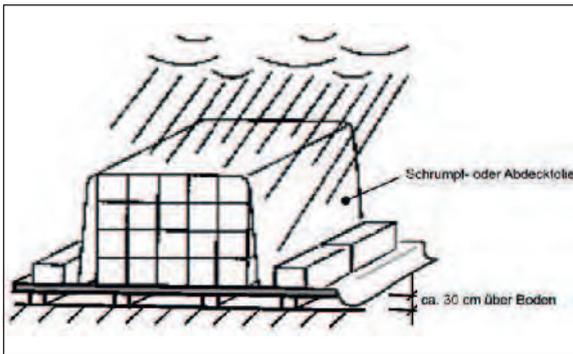
Sicherzustellen ist, dass

- (1) die Paletten in einem ausreichenden Abstand zum Boden abgesetzt werden, damit die Mauersteine keine Bodenfeuchtigkeit, Spritzwasser bzw. auch schädliche Stoffe (z. B. Salze) aus dem Boden aufnehmen können, Bilder 3.1-1, 3.1-2.
- (2) die Paletten auch zwischenzeitlich (z. B. bei Arbeitsende) vor Beregnung geschützt bleiben.

## **3.2 Mauermörtel**

- (1) Für Werk-Trockenmörtel als Sackware gilt das Gleiche wie für Mauersteine, Bilder 3.2-1, 3.2-2.
- (2) Werk-Frischmörtel in Wannen oder Kübeln ist vor Austrocknen bzw. Beregnung zu schützen, z. B. durch Abdecken mit einer Folie, Bild 3.2-3.

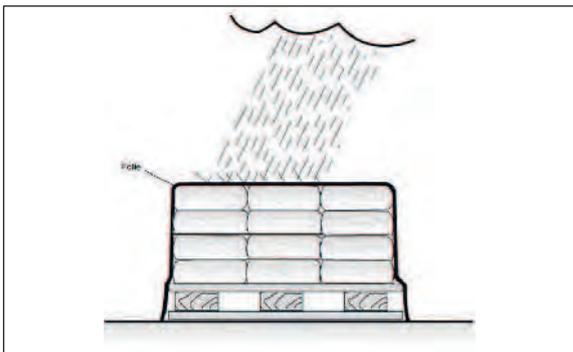
► Richtiges Lagern



**Bild 3.1-1:** Mauersteine – bauseitiger Schutz vor Durchfeuchtung



**Bild 3.1-2:** Mauersteine – bauseitiger Schutz vor Durchfeuchtung



**Bild 3.2-1:** Mauermörtel (Sackware auf Palette) – Schutz vor Durchfeuchtung



**Bild 3.2-2:** Mauermörtel (Sackware auf Palette) – Schutz vor Durchfeuchtung



**Bild 3.2-3:** Werk-Frischmörtel (Mörtelkübel abgedeckt) – Schutz vor Austrocknung und Beregnung

► Falsches Lagern



**Bild 3.3-1:** Mauersteine nicht vor Durchfeuchtung, Bodenkontakt, geschützt



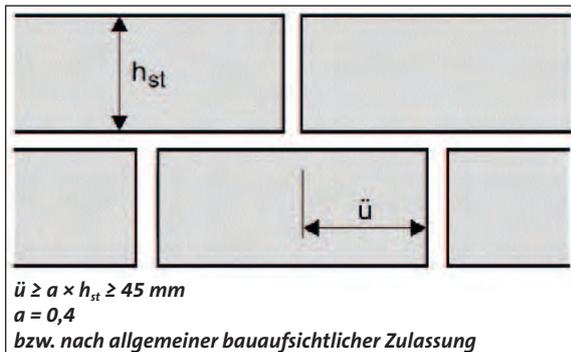
**Bild 3.3-2:** Mörtel (Sackware) nicht vor Beregnung geschützt

## 4 Überbindemaß

Um eine möglichst hohe Tragfähigkeit der Mauerwerkbauteile zu erreichen, müssen die Mauersteine von Schicht zu Schicht gegeneinander versetzt werden. Das Versetzmaß wird als Überbindemaß  $\ddot{u}$  bezeichnet.

Nach Norm DIN 1053-1 [1] sowie DIN EN 1996-1-1/NA [2] muss das Überbindemaß  $\ddot{u}$  mindestens 40 % der Mauersteinhöhe  $h$  aber nicht weniger als 45 mm betragen:  $\ddot{u} \geq 0,4 \times h$  bzw.  $\ddot{u} \geq 45$  mm.

Besonders bei Wandenden und Pfeilern ist auf ein regelgerechtes Überbindemaß zu achten, s. auch Abschnitt 5.1 und 6.1.



**Bild 4-1:** Überbindemaß nach DIN 1053-1 und DIN EN 1996-1-1/NA

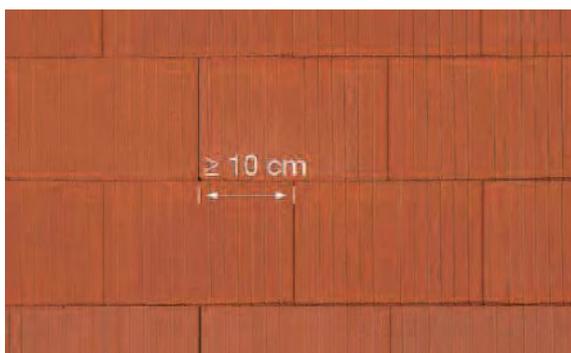
### ► Richtige Ausführung

Nach DIN EN 1996-1-1/NA [2] darf  $\ddot{u}$  bei Elementmauerwerk (Element: mind. 374 mm hoch und mind. 498 mm lang) bis  $0,2 \times h$  bzw.  $\ddot{u} \geq 125$  mm verringert werden, wenn es in der statischen Berechnung berücksichtigt und in den Ausführungsunterlagen angegeben ist.

Nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen (abZ) darf das Überbindemaß zum Teil kleiner als 0,4 sein, es muss aber mindestens  $0,2 \times h$  betragen. Für  $\ddot{u} \geq 0,4 \times h$  bzw.  $\ddot{u} \geq 45$  mm ergeben sich die in Tabelle 4-1 aufgeführten Überbindemaße

*Tabelle 4-1: Mindestüberbindelänge  $\ddot{u}_l$  in Abhängigkeit von der Steinhöhe  $h$*

Mauerwerk aus			
Mauersteinen mit Normal-, Leichtmörtel		Plansteinen, Planelementen mit Dünnbettmörtel	
h	$\ddot{u}_l$	h	$u_l$
53	45	124	50
71	45	248	99
113	45	498	192
238	95	623	249



**Bild 4-2:** Mauerwerk mit regelgerechtem Überbindemaß (Steinhöhe  $h = 249$  mm)

Im Eckbereich von Brüstungsmauerwerk treten in der Regel aus verschiedenen Einflüssen Spannungskonzentrationen auf. In geputztem Mauerwerk sollte deshalb die Stoßfuge der obersten Steinlage der Brüstung nicht in der Verlängerung der Leibungskante liegen um die Rissgefahr zu verringern. Ggf. empfiehlt sich eine Bewehrung in der obersten Lagerfuge der Brüstung, s. Bild 4-3.

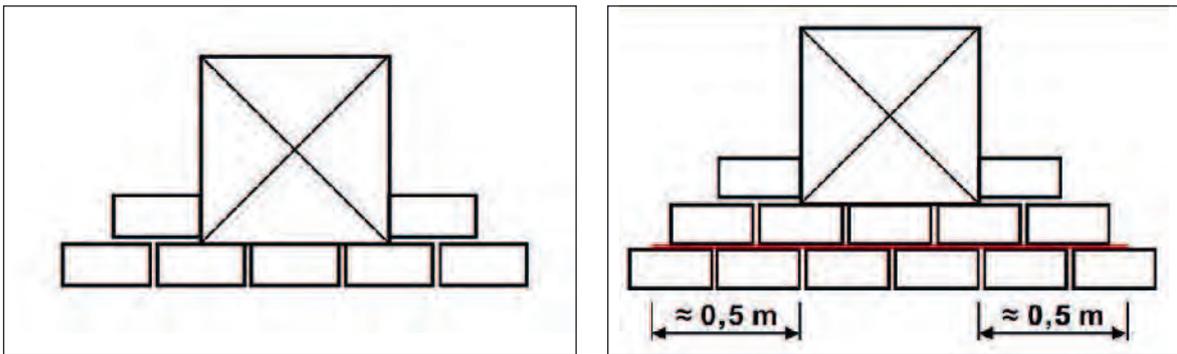


Bild 4-3: Keine Stoßfuge in Verlängerung der Leibung; Bewehrung in der oberen Lagerfuge

#### ► Falsche Ausführung

Zu geringes Überbindemaß → mögliche Rissbildung, ggf. verringerte Tragfähigkeit der Mauerwerkbauteile, vor allem bei Beanspruchung auf Biegung (Wind, Erddruck).



Bilder 4-4 und 4-5: Mauerwerk mit zu geringem Überbindemaß

**Hinweis:** Wurde bei der Ausführung das Überbindemaß vereinzelt und unplanmäßig um nicht mehr als 10 % unterschritten, so ist dies keine schadenverursachende Abweichung. Dies gilt für kleinere Wohnhäuser.

Bei größeren und häufigeren Unterschreitungen des Überbindemaßes ist die Auswirkung auf Standsicherheit und Gebrauchsfähigkeit von einem Sachverständigen zu beurteilen.

## 5 Mauerwerk mit Normal- und Leichtmörtel (Dickbettmauerwerk)

### 5.1 Vorbehandeln und Verlegen der Mauersteine

Sehr trockene und stark Wasser (aus dem Mauermörtel) saugende Mauersteine sind vor dem Vermauern vorzunässen, z. B. kurz mit einem Wasserschlauch.

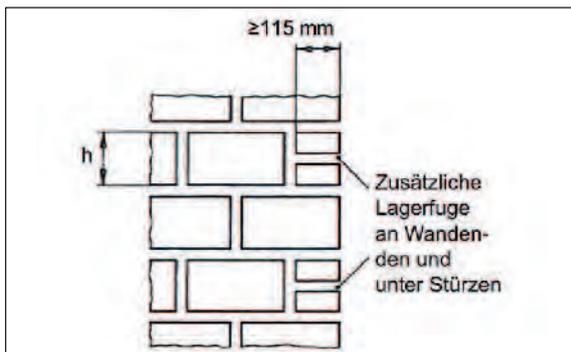
Die Mauersteine sind horizontal und fluchtgerecht zu verlegen. *Sie dürfen nicht hochkant verlegt werden.* Das unplanmäßige Verlegen *verschiedener* Steine ist nicht zulässig.

Bei Anwendung von Dünnlagenputz sind die Mauersteine bei Außenwänden innenseitig bündig zu verlegen, s. auch Abschn. 14.

Die Mauersteine einer Schicht sollen gleich hoch sein. Ausnahme: An Wandenden und unter Stürzen ist in jeder zweiten Schicht eine zusätzliche Lagerfuge unter folgenden Bedingungen zulässig:

- die Aufstandsfläche der Mauersteine ist mindestens 115 mm lang
- die Mauersteine und der Mauermörtel haben mindestens die gleiche Festigkeit wie im übrigen Mauerwerk des Bauteils.

#### ► Richtige Ausführung



**Bild 5.1-1:** Mauerwerk-Wandende regelgerecht nach DIN 1053-1 [1]



**Bild 5.1-2:** Mauerwerk mit regelgerechtem Überbindemaß (Steinhöhe  $h = 249 \text{ mm}$ )

#### ► Falsche Ausführung





Bilder 5.1-3 bis 5.1-6: Regelwidrig ausgeführtes Mauerwerk

Regelwidrig ausgeführtes Mauerwerk ist von einem Sachverständigen hinsichtlich Funktionsfähigkeit und evtl. notwendiger Maßnahmen zu beurteilen.

## 5.2 Mörtelherstellung

Wird *Werk-Trockenmörtel* verwendet, so darf diesem Mörtel bauseits nur die angegebene erforderliche Wassermenge zugegeben werden. Bei Sackware erfolgt das Mischen des Mörtels in üblichen Baustellenmischern, bei Silomörtel mit einem Mischaggregat am Siloauslauf.

*Werk-Frischmörtel* wird verarbeitungsgerecht angeliefert und aus dem Fahrmixer in Mörtelwannen gefüllt. Der Mörtel ist vor der Entnahme nochmals durchzumischen (mit Kelle oder Rührquirl); Wasser darf nicht zugegeben werden; die angegebenen Stand- und Verarbeitungszeiten sind unbedingt einzuhalten. Der Mörtel in den Wannen ist vor Austrocknen durch Folienabdeckung zu schützen, Bild 3.2-3. Mörtel, der angesteift und nicht mehr verarbeitungsgerecht ist oder die maximale Standzeit überschritten hat, darf nicht mehr verarbeitet werden

Für *Baustellenmörtel* gilt

- Zusammensetzung nach Tabelle A.1 in DIN 1053-1 bzw. Anhang A DIN V 18580, andernfalls ist Eignung nachzuweisen (Eignungsprüfung)
- zulässig ist nur Normalmörtel
- Dosierung der Ausgangsstoffe mit Waagen bzw. Zumessbehälter – nicht mit der Schaufel!
- Gleichbleibendes Mischungsverhältnis ist zu gewährleisten.

Das Mischen hat in der Regel mit Freifallmischer zu erfolgen und zwar solange bis augenscheinlich gleichmäßiges Gemisch in geeigneter Konsistenz entstanden ist; die Mischanweisung ist am Mischer anzubringen.

## 5.3 Mörtelauftrag, Lagerfugen und Stoßfugen

Der Mauermörtel ist vollflächig auf die Lagerfläche – ggf. auch auf die Stoßfläche (s. unten) – der Mauersteine aufzutragen und zwar so, dass die gesamte vermörtelbare Stein-Lagerfläche mit Mörtel bedeckt ist. Der Mörtel ist so dick aufzutragen, dass sich nach dem Verlegen der Mauersteine die Sollstärke von 12 mm für die Lagerfuge und von 10 mm für die planmäßig zu vermörtelnde Stoßfuge ergibt und dadurch die unvermeidbaren Maßtoleranzen der Mauersteine ausgeglichen werden und ein ausreichender Verbund zwischen den Mauersteinen gewährleistet wird.

**Hinweis:** Vereinzelt Abweichungen von der Fugen-Sollstärke lassen sich nicht vermeiden. Sie sind tolerierbar für eine Lagerfugendicke im Bereich von 5 mm bis 20 mm und eine Stoßfugendicke im Bereich von 5 mm bis 15 mm, wenn jeweils die Fugen-Sollstärke im Mittel eingehalten wird. (Dies gilt nicht für Sichtmauerwerk!).

Der Mörtelauftrag erfolgt bei Normal- und Leichtmörtel in der Regel mit einem Mörtelschlitten, ggf. auch mit der Mauerkelle.

Wichtig ist, dass die Breite des Mörtelschlittens der Dicke des Mauerwerkbauteils *entspricht*. Die *Stoßfugen* werden derzeit in der Regel beim Mauerwerk planmäßig nicht mehr vermörtelt. Bei der Ausführung von unvermörtelten Stoßfugen sind folgende Regeln einzuhalten, damit die Mauerwerkeigenschaften und die Rissicherheit des Putzes nicht ungünstig beeinflusst werden, s. auch Tabelle 5.3-1:

- die Mauersteine sind knirsch, d. h. aneinander stoßend zu verlegen
- die unvermörtelte Stoßfuge darf höchstens 5 mm breit sein
- ggf. vereinzelt breitere Stoßfugen sind mit passendem Mörtel – Leichtmörtel bei Leichtmauerwerk – beidseitig zu schließen.

Stoßfugen mit einer Breite von etwa über 5 cm sind mit Steinstückchen und Mörtel zu schließen (wegen des Schwindens von Mörtel lassen sich diese Stoßfugen nicht sicher vollständig nur mit Mörtel schließen)

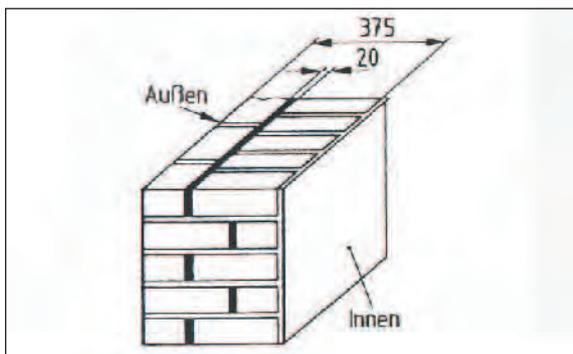
### ► Richtige Ausführung



**Bild 5.3-1:** Sachgerechter Mörtelauftrag mit Mörtelschlitten

Stoßfugenausbildung - Anforderungen	Schemaskizze (Außsicht auf Steinlage) Zahlenangaben in mm
(1) Ebene Steinstoßflächen ⓐ Steine knirsch verlegt	≤ 5
ⓑ gesamte Stoßfuge vollflächig vermörtelt Stoßfugenbreite: 10 mm	10
(2) Steinstoßflächen mit Mörteltaschen ⓐ Steine knirsch verlegt, Mörteltasche mit Mörtel gefüllt	≤ 5
ⓑ Steinflanken vermörtelt	10
(3) Steinstoßflächen mit Nut- und Federausbildung ⓐ Steine knirsch verlegt	≤ 5
ⓑ Steinrandbereiche vermörtelt	10

**Tabelle 5.3-1:** Regelgerechte Ausführung von Stoßfugen



**Bild 5.3-2:** Sachgerecht vergossene Längsfuge bei Verbandsmauerwerk nach DIN 1053 [1]

## ► Falsche Ausführung

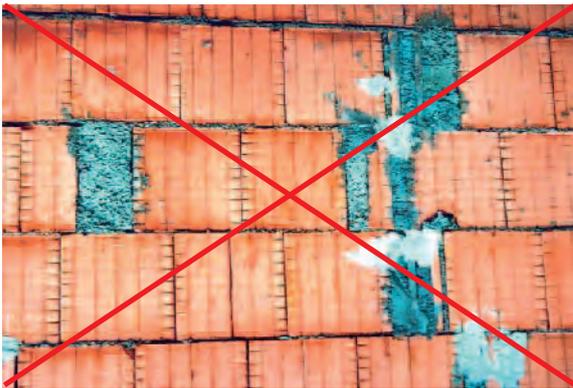


Bild 5.3-3: Regelwidrige Ausführung von Stoßfugen



Bild 5.3-4: Verbandsmauerwerk; fehlende Vermörtelung der Längsfuge

## 6 Mauerwerk mit Dünnbettmörtel (Dünnbettmauerwerk)

### 6.1 Vorbehandeln und Verlegen der Mauersteine

Die Steinflächen sollen vor dem Mörtelauftrag gereinigt (abgekehrt) werden, um eine vollständige Mörtelhaftung zu erreichen. Ansonsten gelten die Ausführungen in Abschnitt 5.1 sinngemäß.

### 6.2 Anlegen der Ausgleichsschicht bzw. Kimmschicht

Bei Dünnbettmauerwerk müssen die unvermeidlichen Unebenheiten des Wandauflegers (Betondecke, Betonfundament) durch eine gesonderte Mörtelschicht ausgeglichen werden, da die Dünnbettfuge dafür nicht dick genug ist. Für diese Ausgleichsschicht ist Normalmörtel der Gruppe III zu verwenden.

Die Ausgleichsschicht soll im Mittel nicht dicker als 3 cm, an einzelnen Stellen höchstens 5 cm dick, sein.

Vor dem Aufmauern muss der Mörtel der Ausgleichsschicht ausreichend erhärtet sein; dies ist in der Regel nach einem Tag der Fall.

Ggf. sind zum Höhenausgleich sogenannte Kimmsteine (Kimmschicht) erforderlich. Beim Verlegen der Kimmsteine und der Folgeschichten ist auf ein ausreichendes Überbindemaß zu achten, s. Bilder 6.2-1 bis 6.2-5.

Zur Vermeidung von Wärmebrücken im Auflagerbereich von Wänden – i.A. Innenwände auf der Kellerdecke – werden Mauerfuß-Dämmsteine verwendet.



Bilder 6.2-1 bis 6.2-4: Ausführen der unteren Kimmsteinlage

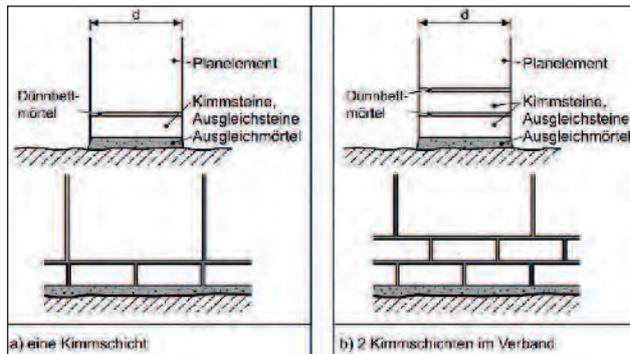


Bild 6.2-5: Regelgerechte Überbindung der Kimmsteinschichten

### 6.3 Mörtelherstellung, Mörtelauftrag, Lagerfugen, Stoßfugen

Dünnbettmörtel darf nur als Werk-Trockenmörtel (Sackware) geliefert werden. Dem Mörtel darf bauseits nur die angegebene erforderliche Wassermenge zugegeben werden. Dünnbettmörtel wird mit einem Rührquirl im Mörtelkübel gemischt.

Der Mörtel ist so auf die Lagerfläche – ggf. auch auf die Stoßfläche – der Mauersteine aufzutragen, dass nach dem Aufsetzen der Mauersteine die gesamte Stein-Lagerfläche (bei Lochsteinen die Stegfläche) mit Mörtel bedeckt ist. Der Mörtel ist so dick aufzutragen, dass sich nach dem Verlegen der Mauersteine die vorgeschriebene Dicke der Lagerfläche und ggf. der Stoßfläche von 1 mm bis 3 mm ergibt.

**Hinweis:** Wegen der unvermeidbaren Maßtoleranzen der Plansteine und möglicher Verlegeungenauigkeiten sind vereinzelte Fugendicken im Bereich von 0,5 mm bis 3,5 mm tolerierbar, wenn die vorgeschriebenen Fugendicken von 1 mm bis 3 mm im Mittel eingehalten werden.

Der Mörtelauftrag erfolgt mit dem Mörtelschlitten oder der Zahnkelle. Bei *Planziegel-Mauerwerk* kann der Mörtelauftrag

- durch Tauchen der Ziegel in Dünnbettmörtel,
- aus einem Behälter über eine Rolle,
- mit Mörtelschlitten und zwar mit Gewebeeinlage (regional) oder
- mit einem besonderen Dünnbettmörtel, der eine vollflächige Mörtelschicht („Mörteldeckel“) bildet, erfolgen.

Die letztgenannte Art des Mörtelauftrags ist zu empfehlen.

*Wichtig ist, dass*

- die Breite von Mörtelschlitten und Zahnkelle der Dicke des Mauerwerks entspricht;
- die Zahnung so beschaffen ist, dass ausreichend breite und hohe Mörtelrippen entstehen, wodurch nach dem Aufsetzen der Mauersteine die vollflächige Vermörtelung in der vorgeschriebenen Fugendicke gewährleistet wird.
- ein Ansteifen des Mörtels – vor allem von Mörtelrippen – vor dem Aufsetzen der Mauersteine vermieden wird. Ansonsten wird der Mörtel nicht bzw. unzureichend auf der Lagerfläche verteilt. Die Folge ist kein bzw. unzureichender Verbund mit dem Mauerstein.

► Richtige Ausführung



Bilder 6.3-1 und 6.3-2: Sachgerechter Mörtelauftrag mit Zahnkelle bzw. Mörtelschlitten



Bild 6.3-3: Mörtelauftrag durch Tauchen



Bild 6.3-4: Mörtelauftrag aus Kasten mit Gewebe



Bild 6.3-5: Mörtelauftrag als Deckmörtel aus Mörtelschlitten

► Falsche Ausführung



**Bild 6.3-6:** Regelwidriger Mörtelauftrag nur im mittleren Bereich der Wanddicke [31]

Die *Stoßfugen* werden in der Regel beim Mauerwerk planmäßig nicht mehr vermörtelt. Bei *vermörtelten Stoßfugen* beträgt die Stoßfugenbreite 1 mm bis 3 mm.

Für die Ausführung von unvermörtelten Stoßfugen gelten die Ausführungen in Abschnitt 5.3 sinngemäß.

► Richtige Ausführung



**Bild 6.3-7:** Sachgerechte Ausführung der Stoßfugen, Mauersteine knirsch verlegt (Steinhöhe  $h = 249 \text{ mm}$ )

► Falsche Ausführung



**Bild 6.3-8:** Regelwidrige Ausführung

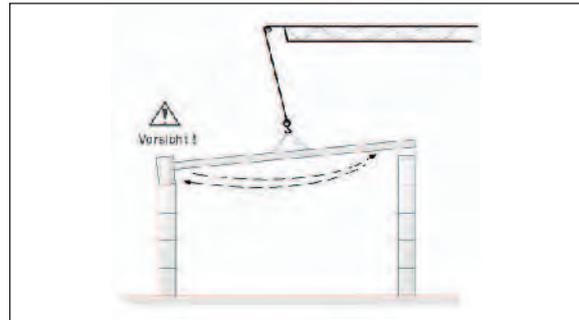
## 6.4 Mauern mit Planelementen

Beim Versetzen von Planelementen ist insbesondere folgendes zu beachten:

- (1) Planelemente dürfen nach dem Verlegen nicht durch Einschlagen von Keilen ausgerichtet werden, s. Bild 6.4-1. Dadurch werden der Verbund Dünnbettmörtel – Planelement gestört und die Tragfähigkeit beeinträchtigt, es können Risse entstehen
- (2) Keine mechanische Beanspruchung des frischen Mauerwerks, s. Bild 6.4-2 – vor allem keine horizontale. Dies führt zu Störung des Mörtelverbundes.



**Bild 6.4-1:** Unzulässiges Ausrichten von Planelementen mit Keilen



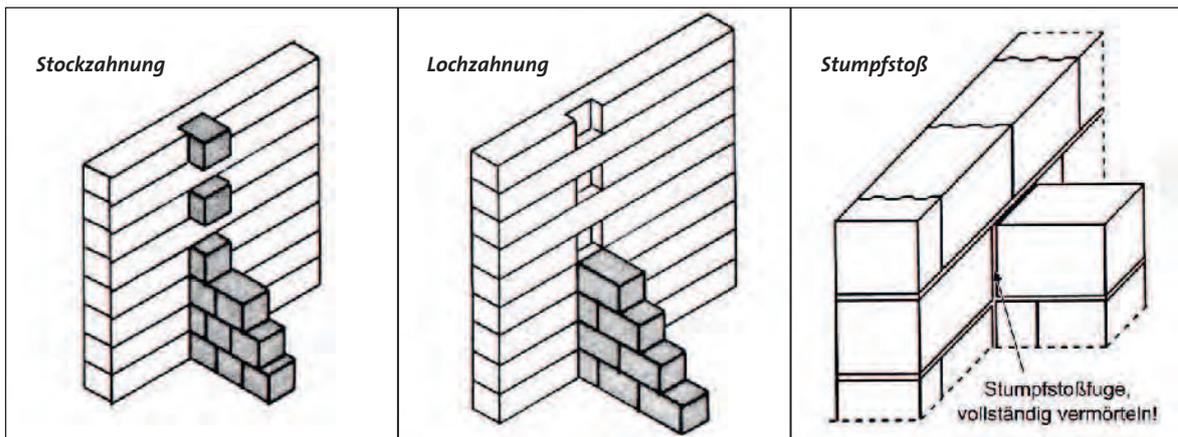
**Bild 6.4-2:** Unzulässige Horizontalbeanspruchung von frischem Planelemente – Mauerwerk

## 7 Verbinden von Mauerwerkswänden

Die Art der Verbindung von Wänden – in der Regel von Längs- und Querwänden – richtet sich nach den jeweiligen Anforderungen:

### Druckfeste Verbindungen

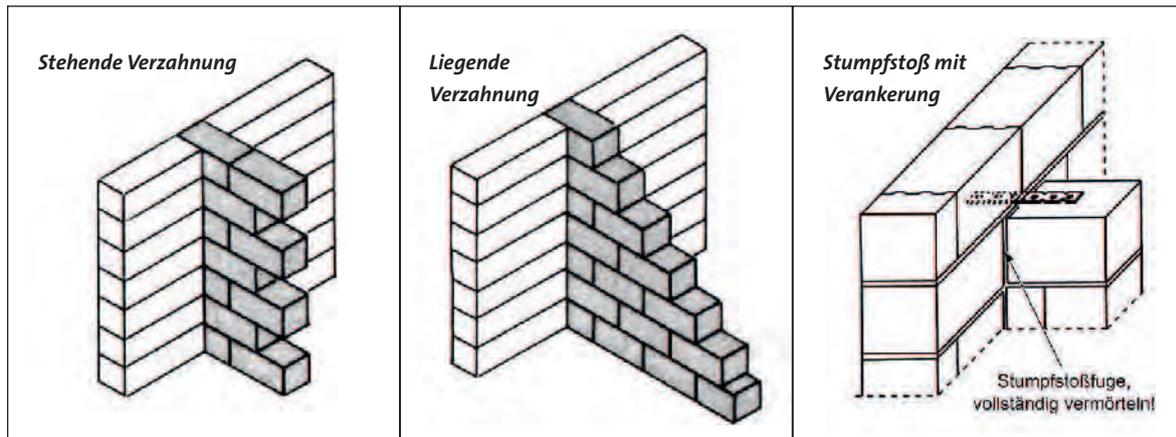
- (1) Stockzahnung, Bild 7-1 links, Lochzahnung, Bild 7-1 Mitte
- (2) Stumpfstoß (stumpf gegeneinander gestoßene Wände) ohne Verankerung, Bild 7-1 rechts



**Bild 7-1:** Druckfeste Verbindungen

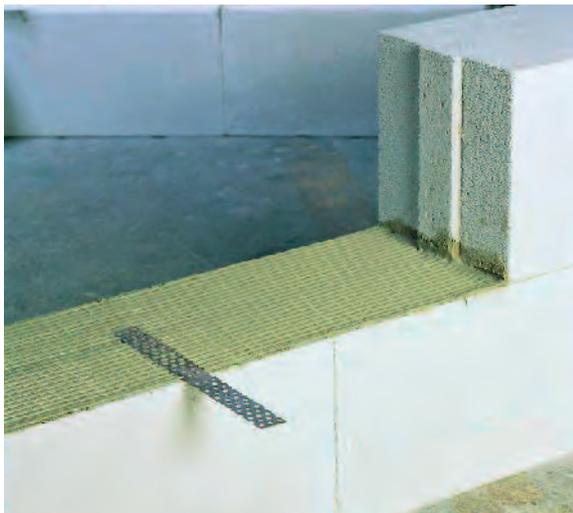
### Druck- und zugfeste Verbindungen

- (3) Stehende Verzahnung, Bild 7-2 links, liegende Verzahnung, Bild 7-2 Mitte
- (4) Stumpfstoß mit Verankerung, Bild 7-2 rechts und Bild 7-3a
- (5a) Schlitzeinbindung zur Verbesserung der Schalldämmung, mit Verankerung, Bild 7-4
- (5b) Durchbindung zur Verbesserung der Schalldämmung, mit Verankerung, Bild 7-5



**Bild 7-2:** Druck- und zugfeste Verbindungen

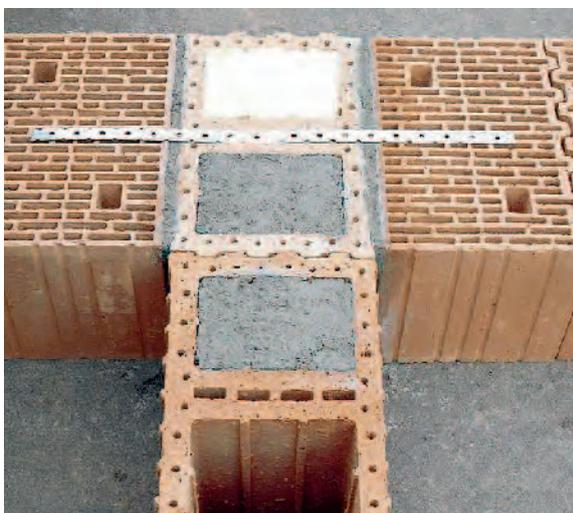
Bei den Ausführungsarten (1) bis (5) sind die Lager-, Stoßfugen und die vertikale Stumpfstoßfuge sorgfältig zu vermörteln, um die Übertragung von Druckkräften zu gewährleisten. Bei der Ausführung (4) bis (5b) erfolgt die Verankerung mit Flachstahlankern. Diese müssen vollständig in den Lagerfugenmörtel eingebettet werden, damit Zugkräfte übertragen werden können. In der Regel sind bis zu einer Geschosshöhe von 3 m mind. 3 Anker – gleichmäßig über die Höhe verteilt – anzuordnen. Ggf. ist die erforderliche Ankerzahl statisch nachzuweisen.



**Bild 7-3a:** Eingelegeter Flachstahlanker für Stumpfstoß



**Bild 7-4:** Schlitzverankerung



**Bild 7-5:** Durchbindung

► **Falsche Ausführung**



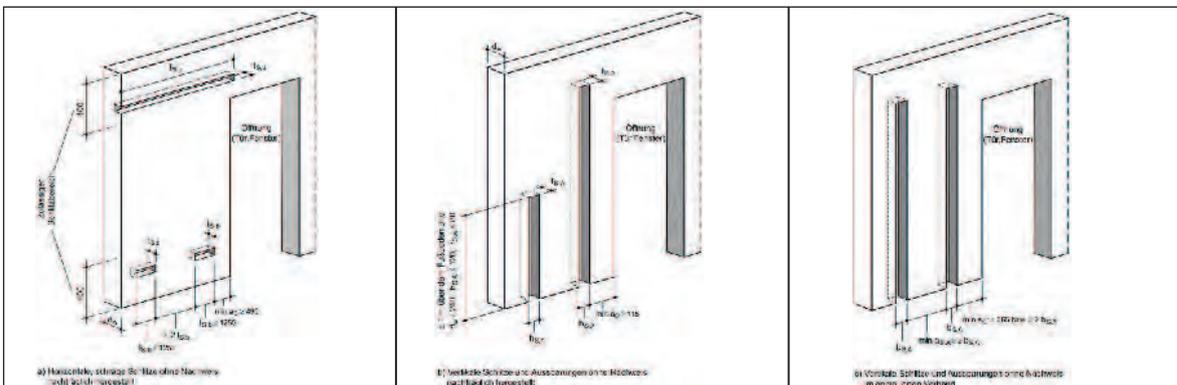
Bilder 7-6 und 7-7: Rissbildung am Wandanschluss, der Anker liegt unvermörtelt in der Lagerfuge

**8 Schlitzte, Aussparungen**

Die Tragfähigkeit des Mauerwerks wird durch Schlitzte und Aussparungen verringert. Damit die Verringerung nicht unzulässig groß ist, müssen bestimmte Bedingungen für die Anordnung, die Geometrie und die Ausführung von Schlitzten und Aussparungen eingehalten werden. Solche Angaben enthalten der Abschnitt 8.3 und die Tabelle 10 der DIN 1053-1 [1], die DIN EN 1996-1-1/NA [2], NPD zu Abschnitt 8.6.2 und 8.6.3 (Tabellen NA.19 und NA.20), s. hier die Tabellen 8-1 bis 8-3 sowie das Merkblatt der DGfM „Schlitzte und Aussparungen“ [27]. Werden die dort angegebenen Grenzwerte für *Wände* eingehalten, ist ein Nachweis bei der Bemessung nicht erforderlich. Schlitzte oder Aussparungen in *Pfeilern* sind nur mit statischem Nachweis zulässig.

Für Schlitzte und Aussparungen, die im fertiggestellten Mauerwerk (nachträglich) angeordnet werden sollen, sind geeignete Werkzeuge mit einstellbarer Schnitttiefe und geradem Kantenschnitt zu verwenden, z. B. eine Mauerschlitzzfräse. Die Herstellung von Schlitzten und Aussparungen mit Bohrhämmern u.ä. ist nicht sachgerecht.

► **Richtige Ausführung**



Bilder 8-1a bis 8-1c: Schlitzte, Aussparungen ohne Nachweis nach DIN 1053-1 [1]

Tabelle 8-1: DIN 1053-1 [1]; ohne Nachweis zulässige Schlitz- und Aussparungen in tragenden Wänden (Maße in mm, Tabelle 10 der DIN)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Wand- dicke	Horizontale und schräge Schlitz- <sup>1)</sup> , nachträglich hergestellt		Vertikale Schlitz- und Aussparungen, nachträglich hergestellt			Vertikale Schlitz- und Aussparungen in gemauertem Verband			
	Schlitzlänge		Schlitz- tiefe <sup>4)</sup>	Einzel- schlitz- breite <sup>5)</sup>	Abstand der Schlitz- und Aussparungen von Öffnungen	Schlitz- breite <sup>5)</sup>	Rest- wand- dicke	Mindestabstand der Schlitz- und Aussparungen	
	unbe- schränkt	< 1,25 m <sup>2)</sup>						von Öff- nungen	unter- einan- der
	Schlitz- tiefe <sup>3)</sup>	Schlitz- tiefe							
≥ 115	–	–	≤ 10	≤ 100	≥ 115	–	–	≥	≥
≥ 175	0	≤ 25	≤ 30	≤ 100		≤ 260	≥ 115	2-fache Schlitz- breite bzw. ≥ 240	Schlitz- breite
≥ 240	≤ 15	≤ 25	≤ 30	≤ 150		≤ 385	≥ 115		
≥ 300	≤ 20	≤ 30	≤ 30	≤ 200		≤ 385	≥ 175		
≥ 365	≤ 20	≤ 30	≤ 30	≤ 200		≤ 385	≥ 240		

<sup>1)</sup> Horizontale und schräge Schlitz- und Aussparungen sind nur zulässig in einem Bereich ≤ 0,4 m ober- oder unterhalb der Rohdecke sowie jeweils an einer Wandseite. Sie sind nicht zulässig bei Langlochziegeln.

<sup>2)</sup> Mindestabstand in Längsrichtung von Öffnungen ≥ 490 mm, vom nächsten Horizontalschlitz zweifache Schlitzlänge

<sup>3)</sup> Die Tiefe darf um 10 mm erhöht werden, wenn Werkzeuge verwendet werden, mit denen die Tiefe genau eingehalten werden kann. Bei Verwendung solcher Werkzeuge dürfen auch in Wänden ≥ 240 mm gegenüberliegende Schlitz- und Aussparungen mit jeweils 10 mm Tiefe ausgeführt werden.

<sup>4)</sup> Schlitz- und Aussparungen, die bis maximal 1 m über den Fußboden reichen, dürfen bei Wanddicken ≥ 240 mm bis 80 mm Tiefe und 120 mm Breite ausgeführt werden.

<sup>5)</sup> Die Gesamtbreite von Schlitz- und Aussparungen nach Spalte 5 und Spalte 7 darf je 2 m Wandlänge die Maße in Spalte 7 nicht überschreiten. Bei geringeren Wandlängen als 2 m sind die Werte in Spalte 7 proportional zur Wandlänge zu verringern

Tabelle 8-2: DIN EN 1996-1-1/NA; ohne Nachweis zulässige Größe  $t_{ch,v}$  vertikaler Schlitz- und Aussparungen im Mauerwerk (Tabelle NA.19 der DIN)

1	2	3	4	5	6	7
Wanddicke	Nachträglich hergestellte Schlitz- und Aussparungen <sup>c</sup>		Mit der Errichtung des Mauerwerks hergestellte Schlitz- und Aussparungen im gemauerten Verband			
	maximale Tiefe <sup>a</sup> $t_{ch,v}$	maximale Breite (Einzelschlitz) <sup>b</sup>	Verbleibende Mindestwanddicke	maximale Breite <sup>b</sup>	Mindestabstand der Schlitz- und Aussparungen	
mm	mm	mm	mm	mm	von Öffnungen	untereinander
115 – 149	10	100	–	–	≥ 2-fache Schlitzbreite bzw. ≥ 240 mm	≥ Schlitzbreite
150 – 174	20	100	–	–		
175 – 199	30	100	115	260		
200 – 239	30	125	115	300		
240 – 299	30	150	115	385		
300 – 364	30	200	175	385		
≥ 365	30	200	240	385		

<sup>a</sup> Schlitz- und Aussparungen, die maximal 1 m über den Fußboden reichen, dürfen bei Wanddicken ≥ 240 mm bis 80 mm Tiefe und 120 mm Breite ausgeführt werden.

<sup>b</sup> Die Gesamtbreite von Schlitz- und Aussparungen nach Spalte 3 und Spalte 5 darf je 2 m Wandlänge die Maße in Spalte 5 nicht überschreiten. Bei geringeren Wandlängen als 2 m sind die Werte in Spalte 5 proportional zur Wandlänge zu verringern.

<sup>c</sup> Abstand der Schlitz- und Aussparungen von Öffnungen ≥ 115 mm

Tabelle 8-3: DIN EN 1996-1-1/NA [2]; ohne Nachweis zulässige Größe  $t_{ch,h}$  horizontaler und schräger Schlitz- und Aussparungen im Mauerwerk (Tabelle NA.20 der DIN)

Wanddicke [mm]	Maximale Schlitztiefe $t_{ch,h}$ <sup>a</sup>	
	Unbeschränkte Länge	Länge ≤ 1 250 mm <sup>b</sup>
115 – 149	–	–
150 – 174	–	0 <sup>c</sup>
175 – 239	0 <sup>c</sup>	25
240 – 299	15 <sup>c</sup>	25
300 – 364	20 <sup>c</sup>	30
über 365	20 <sup>c</sup>	30

<sup>a</sup> Horizontale und schräge Schlitz- und Aussparungen sind nur zulässig in einem Bereich ≤ 0,4 in ober- oder unterhalb der Rohdecke sowie jeweils an einer Wandseite. Sie sind nicht zulässig bei Langlochziegeln.

<sup>b</sup> Mindestabstand in Längsrichtung von Öffnungen ≥ 490 mm, vom nächsten Horizontalschlitz zweifache Schlitzlänge.

<sup>c</sup> Die Tiefe darf um 10 mm erhöht werden, wenn Werkzeuge verwendet werden, mit denen die Tiere genau eingehalten werden kann. Bei Verwendung solcher Werkzeuge dürfen auch in Wänden ≥ 240 mm gegenüberliegende Schlitz- und Aussparungen mit jeweils 10 mm Tiefe ausgeführt werden.

### ► Falsche Ausführung



*Bild 8-2: Regelwidrige Ausführung von Schlitzten, Aussparungen in einem tragenden Pfeiler (ohne statischen Nachweis), aus [31]*

## 9 Sichtmauerwerk (Innenwände), Ausführung der Fugen

Die Fugen bei Sichtmauerwerk können nach folgenden 2 Verfahren ausgeführt werden:

### (1) Fugenglattstrich

Lager- und Stoßfugenmörtel wird reichlich aufgetragen, sodass der Mörtel nach dem Aufsetzen der Mauersteine etwas seitlich aus den Fugen herausquillt.

Nach dem Ansteifen des Mörtels wird der aus den Fugen überstehende Mörtel mit der Kelle abgestreift und die Fugenoberfläche mit einem Schlauchstück, Kunststoffrohr, Rundholz o.ä. ausgeformt.

Für den Fugenglattstrich sollten Werk-Trockenmörtel verwendet werden. Bei Werk-Frischmörtel kann die verlangsamte Festigkeitsentwicklung Ausblühungen fördern.

Fugenglattstrich ist ungünstig bei Mauersteinen mit sehr unebener Oberfläche, da sich Verschmutzungen schwierig entfernen lassen, die Farbgleichheit der Fugenoberfläche ist i.d.R. nicht zu erreichen, eine bestimmte Farb- und Strukturgebung sind nicht möglich.

Vorteilhaft ist das sichere vollfugige Vermörteln.

### (2) Nachträgliches Verfugen

Nach dem Auftrag des Lager- und Stoßfugenmörtels und dessen Ansteifen wird der Mörtel mindestens 15 mm tief aus den Fugen entfernt.

Die Fugen werden gesäubert und ggf. vorgehäst (*von unten nach oben*).

Der *schwach plastisch* eingestellte Verfugmörtel wird sorgfältig und hohlraumfrei mit geeignetem Werkzeug, z. B. einem Verfugeisen, in die Fugen eingedrückt.

Es wird die Verwendung von Werkmörtel empfohlen, der auf die jeweiligen Steineigenschaften (Wassersaugfähigkeit) abgestimmt werden kann.

Bei Dünnbettmauerwerk ist überstehender Mörtel z. B. mit der Kelle abzustreifen. Die Fugen können mit einem Pinsel nachbearbeitet werden.

## 10 Zweischaliges Außenmauerwerk

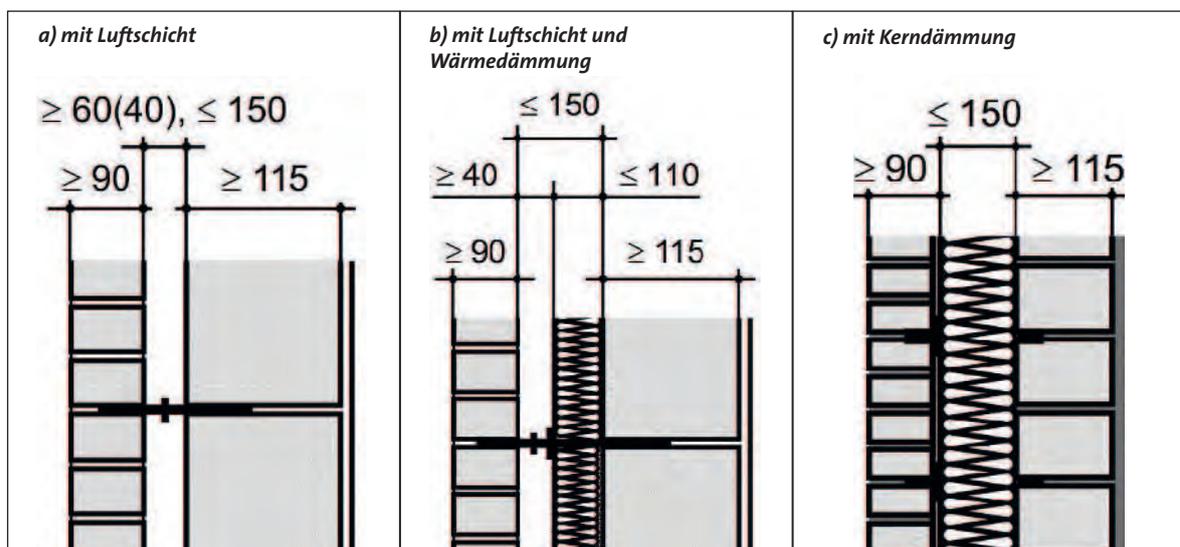
### 10.1 Wandaufbau

Die zweischalige Außenwand besteht aus einer tragenden, mind. 115 mm dicken Innenschale und einer mind. 90 mm dicken, nichttragenden Außenschale. Diese ist i.d.R. nicht verputzt und wird dann als Verblendschale bezeichnet. Der Abstand zwischen den Wandschalen wird als Schalenzwischenraum bezeichnet. Nach DIN 1053-1 [1] wird unterschieden zwischen zweischaligen Außenwänden, s. auch Bild 10.1-1:

- mit Luftschicht (Dicke mind. 60 mm bzw. mind. 40 mm, wenn der Fugenmörtel mind. an einer Hohlraumseite abgestrichen wird)
- mit Luftschicht und Wärmedämmung
- mit Kerndämmung (Wärmedämmung im gesamten Schalenzwischenraum) sowie
- mit Putzschicht (auf der Außenschale – geputzte Außenschale).

Bei der Ausführungsvariante d) ist zu beachten, dass der Putz wegen der weitgehend unbehinderten Verformbarkeit der Mauerwerkschale durch besonders hohe Verformungen beansprucht wird. Außerdem sind verschiedene konstruktive Erfordernisse zu berücksichtigen wie z. B. die Fortführung von Dehnungsfugen im Putz.

Empfehlenswert und heute auch am meisten angewendet ist die ungeputzte zweischalige Außenwand mit Kerndämmung. Mit dieser hochwertigen Konstruktion können alle heutigen statischen und bauphysikalischen Anforderungen gut erfüllt werden. Die besonders hohe Dauerhaftigkeit dieser Konstruktion wird durch die ausgeführten Bauwerke belegt, z. B. die Gebäude mit Mauerziegel-Verblendschalen, die bei sach- und regelgerechter Ausführung auch nach vielen Jahrzehnten in einwandfreiem Zustand sind.



**Bild 10.1-1:** Möglicher Wandaufbau zweischaliger Außenwände; maximaler Schalensabstand nach Norm, größere Abstände nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung

In DIN EN 1996-2/NA [3] wird nur noch zwischen zweischaliger Außenwand mit Luftschicht und zweischaliger Außenwand mit Wärmedämmung unterschieden.

Die nachfolgenden Angaben bzw. Ausführungen beziehen sich auf DIN 1053-1 bzw. DIN EN 1996-1-1/NA und DIN EN 1996-2/NA. Abweichungen davon, z. B. andere Verankerung, andere Schalensabstände sind durch allgemeine bauaufsichtliche Zulassung möglich.

## 10.2 Konstruktion

### 10.2.1 Auflagerung (Abfangung) der Außenschale

Die Tabelle 10.2-1 enthält die Regelungen nach DIN EN 1996-2/NA [3]. Sie unterscheiden sich im Wesentlichen von DIN 1053-1 [1] nur dadurch, dass ein Zwischenbereich für die Schalendicke von  $\geq 105$  mm bis  $< 115$  mm ergänzt wurde.

Tabelle 10.2-1: Außenschale; Abfangung, Auflagerung nach DIN EN 1996-2/NA

Dicke $d_A$	Abfangungsabstand	Schalenhöhe	Überstand Auflager $\ddot{u}_A$	Sonstige Bedingungen, Hinweise
mm	m		mm	–
1	2	3	4	5
115	~ 12	–	$\leq 25$	• $\ddot{u}_A$ ist bei Nachweis Auflagerpres- sion zu berücksichtigen
	$\leq 2$ Geschosse	–	$\leq 38$	
$\geq 105$ $< 115$	~ 6	$\leq 25$ über Gelände	$\leq 15$	• Gebäude bis 2 Vollgeschosse: Gie- beldreiecke $\leq 4$ m Höhe ohne zu- sätzliche Abfangung zulässig • Fugen der Sichtflächen i.d.R. in Fu- genglattstrich ausführen
$\geq 90$ $\leq 105$	~ 6	$\leq 20$ über Gelände	$\leq 15$	• Gebäude bis 2 Vollgeschosse: Gie- beldreiecke $\leq 4$ m Höhe ohne zu- sätzliche Abfangung zulässig • Fugen Sichtflächen müssen in Fu- genglattstrich ausgeführt werden
$\geq 90$	Auflagerung vollflächig über ganze Länge, andernfalls (z. B. Konsollagerung) jeden Stein beidseitig auflagern			

Abfangkonstruktionen, die nach dem Einbau nicht mehr kontrollierbar sind,

- sollen dauerhaft gegen Korrosion geschützt sein (DIN 1053-1)
- müssen aus dauerhaft korrosionsbeständigen, genormten bzw. bauaufsichtlich zugelassenen Materialien bestehen (DIN EN 1996-2/NA).

### 10.2.2 Verankerung

Die beiden Wandschalen sind i.d.R. durch höhengleiches Einlegen von Ankern in die Lagerfugen von Innen- und Außenschale miteinander zu verankern. Ist in der Innenschale eine höhengleiche Lagerfuge nicht vorhanden (z. B. bei Planelementen), muss die Befestigung dort mit bauaufsichtlich dafür zugelassenen Dübelankern erfolgen.

Verankerung nach DIN 1053-1 [1]

mit Drahtankern aus nichtrostenden Stahl (Werkstoffnummern 1.4401 oder 1.4571 nach DIN 17440). Die Anker müssen in Form und Maßen Bild 10.2-1 entsprechen.

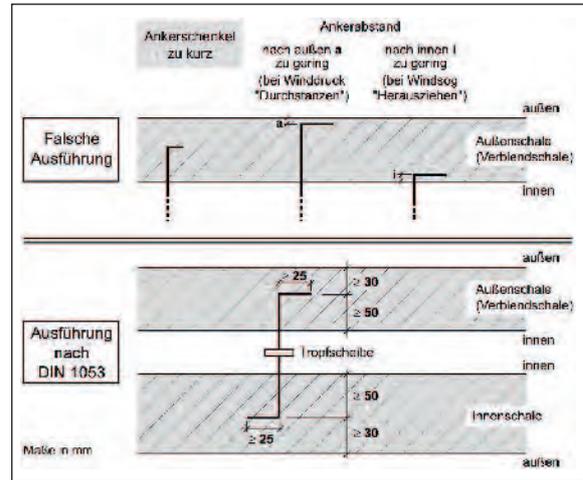
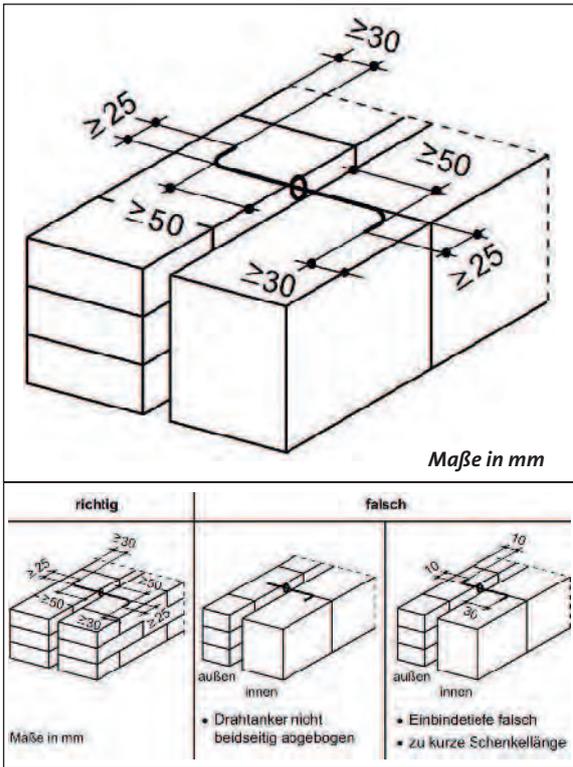


Bild 10.2-1: Form und Maße der Verankerung mit Drahtankern

Der Abstand zwischen den Drahtankern soll höchstens betragen: horizontal 750 mm, vertikal 500 mm, s. Bild 10.2-2.

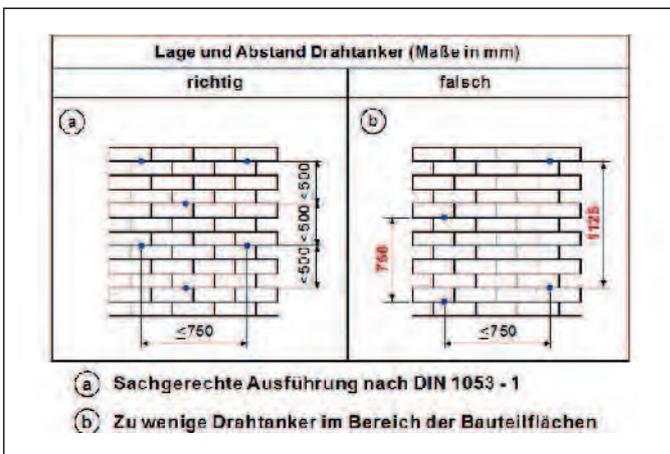


Bild 10.2-2: Anordnung der Drahtanker

Ankeranzahl und Durchmesser s. Tabelle 10.2-2. Zusätzlich dazu sind 3 Anker je lfd. Meter Randlänge an allen freien Rändern der Außenschale anzuordnen:

- bei Öffnungen
- Gebäudeecken
- Dehnungsfugen
- an oberen Enden der Außenschale.

Tabelle 10.2-2: Verankerung der Mauerwerksschalen nach DIN 1053-1 Regelverankerung

Zeile	Sachverhalt/Anwendungsfall	Drahtanker	
		Mindestanzahl je m <sup>2</sup> Wandfläche	Durchmesser
–	–	–	mm
1	2	3	4
1	mindestens, sofern nicht Zeilen 2 und 3 maßgebend	5	3
2	Wandbereich höher als 12 m über Gelände oder Abstand der Mauerwerksschalen über 120 bis 150 mm	5	4
3	Abstand der Mauerwerksschalen über 120 bis 150 mm	7	4
		5	5

Bei Verwendung der Anker nach der Tabelle 10.2-2 darf der Schalenabstand höchstens 150 mm betragen.

Die Anker sind so auszuführen, dass eine Feuchteleitung von der Außen- zur Innenschale vermieden wird, z. B. durch eine Kunststoffscheibe, s. Bild 10.2-3.

Die untersten Anker sind möglichst tief, jedoch über der an der Innenschale hochgeführten Fußpunkt-Abdichtung anzuordnen.

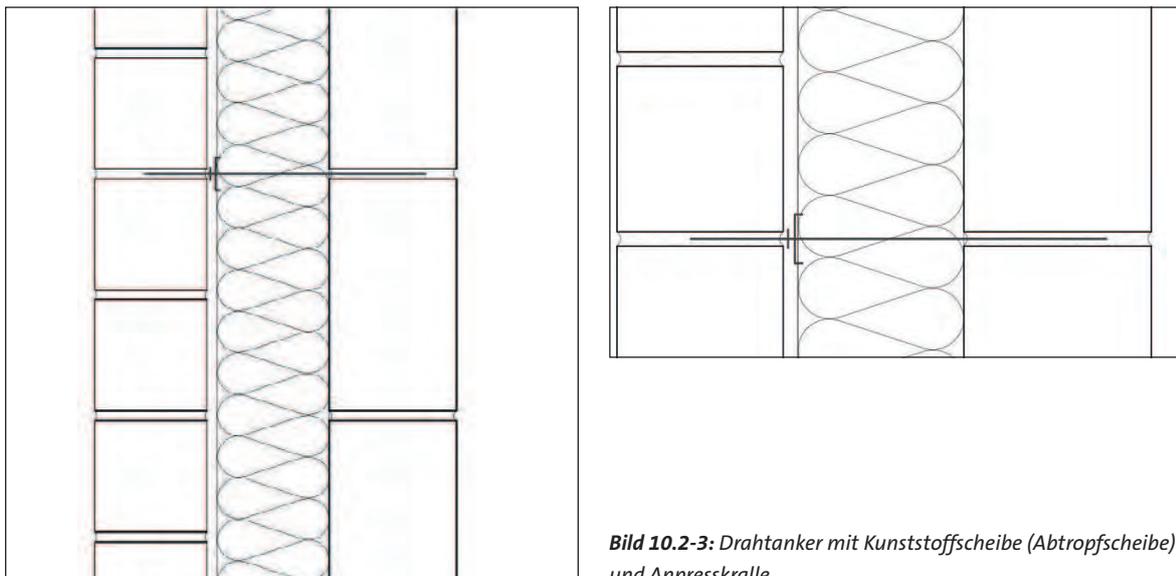


Bild 10.2-3: Drahtanker mit Kunststoffscheibe (Abtropfscheibe) und Anpresskralle

Verankerung nach DIN EN 1996-1-1/NA [2] bzw. DIN EN 1996-2/NA [3] mit Ankern nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung aus nichtrostendem Stahl oder mit Ankern nach DIN EN 845-1 [4] aus nichtrostendem Stahl mit Verwendungsregeln nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung.

Wenn in einer Zulassung für die Drahtanker nichts anderes festgelegt ist, gelten die Regelungen wie in DIN 1053-1 [1] mit folgenden Ausnahmen:

- a) Ankerdurchmesser 4 mm
- b) Normalmauermörtel mind. MG II
- c) Mindestanzahl der Anker nach Tabelle 10.2-3

Tabelle 10.2-3: Mindestanzahl  $n_{\text{min}}$  von Drahtankern je  $\text{m}^2$  Wandfläche  
(Windzonen nach DIN EN 1991-1-4/NA)

Gebäudehöhe	Windzonen 1 bis 3 Windzone 4 Binnenland	Windzone 4 Küste der Nord- und Ostsee und Inseln der Ostsee	Windzone 4 Inseln der Nordsee
$h \leq 10 \text{ m}$	7 <sup>a</sup>	7	8
$10 \text{ m} < h \leq 18 \text{ m}$	7 <sup>b</sup>	8	9
$18 \text{ m} < h \leq 25 \text{ m}$	7	8 <sup>c</sup>	–

<sup>a</sup> in Windzone 1 und Windzone 2 Binnenland: 5 Anker/ $\text{m}^2$

<sup>b</sup> in Windzone 1: 5 Anker/ $\text{m}^2$

<sup>c</sup> ist eine Gebäudegrundrisslänge kleiner als  $h/4$ : 9 Anker/ $\text{m}^2$

### 10.3 Baustoffe für die Außenschale

#### Mauersteine

Für die Verblendschale (ungeputzte Außenschale) dürfen nur frostwiderstandsfähige Mauersteine – Verblendsteine, Vormauersteine – verwendet werden. Ist die Außenschale geputzt, bestehen keine Anforderungen an den Frostwiderstand der Mauersteine; der Außenputz muss die Anforderungen in DIN EN 998-1 [5]/DIN V 18550 [6] erfüllen, s. aber Abschn. 10.1!

Bei der Verwendung von Lochsteinen ist auf eine ausreichend große Außenstegdicke (Mindestdicke nach Norm: 20 mm) zu achten, damit genügend Mörtel vor der Lochung gegen Wasserdurchgang vorhanden ist.

#### Mörtel

Nach DIN 1053-1 dürfen für die Außenschale folgende *Mauermörtel* verwendet werden:

- Normalmörtel der Gruppen II und IIa; MG III für Bereiche mit bewehrtem Mauerwerk nach DIN 1053-3 (Norm zurückgezogen)
- Leichtmörtel nur für geputzte Außenschalen: LM 36; LM 21 nur mit bauaufsichtlich dafür zugelassener Verankerungsart

Auch die Verwendung von Dünnbettmörtel DM ist möglich, jedoch nur mit Plansteinen und bauaufsichtlich zugelassener Verankerungsart. Diese Anwendung wird im Folgenden nicht weiter behandelt.

Für das *nachträgliche Verfugen* von Verblendschalen darf Normalmörtel MG III verwendet werden.

Nach DIN EN 1996-2/NA [3] ist für die Verblendschale Normalmauermörtel mind. der Gruppe IIa zu verwenden.

### 10.4 Ausführung

Das Mauerwerk der Außenschale ist vollfugig auszuführen, d. h., Lager- und Stoßfugen sind vollständig zu vermörteln. Darauf ist umso mehr zu achten, je geringer die Saugfähigkeit der Mauersteine ist.

Der äußere Fugenabschluss der Verblendschale kann durch Fugenglattstrich oder nachträglichem Verfugen erfolgen, s. Bilder 10.4-1 und 10.4-2.

#### Fugenglattstrich

Lager- und Stoßfugenmörtel wird reichlich aufgetragen, sodass der Mörtel nach dem Aufsetzen der Mauersteine etwas seitlich aus den Fugen herausquillt.

Nach dem Ansteifen des Mörtels wird der aus den Fugen überstehende Mörtel mit der Kelle abgestreift und die Fugenoberfläche mit einem Schlauchstück, Kunststoffrohr, Rundholz o.ä. ausgeformt.

Für den Fugenglattstrich sollten Werk-Trockenmörtel verwendet werden. Bei Werk-Frischmörtel kann die verlangsamte Festigkeitsentwicklung Ausblühungen fördern.

Bei der Ausführung mit Fugenglattstrich werden die Mauerwerksfugen homogen geschlossen. Das ist grundsätzlich vorteilhaft.

Fugenglattstrich ist ungünstig bei Vormauersteinen (Ziegeln) mit sehr unebener Oberfläche, da sich Verschmutzungen schwierig entfernen lassen, die Farbgleichheit der Fugenoberfläche ist i.d.R. nicht zu erreichen, eine bestimmte Farb- und Strukturgebung sind nicht möglich.

#### *Nachträgliches Verfugen*

Nach dem Auftrag des Lager- und Stoßfugenmörtels und dessen Ansteifen wird der Mörtel mindestens 15 mm tief aus den Fugen entfernt.

Die Fugen werden gesäubert und ggf. vorgehässt (von unten nach oben).

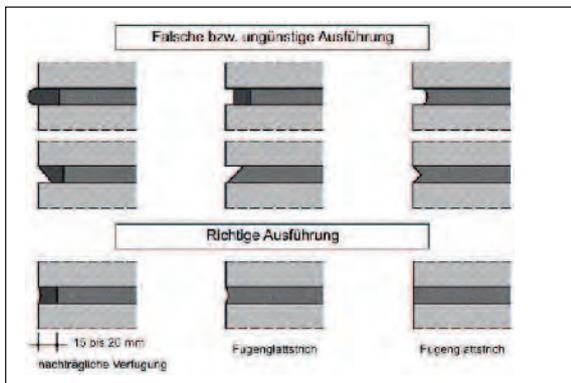
Der schwach plastisch eingestellte Verfugmörtel wird sorgfältig und hohlraumfrei mit geeignetem Werkzeug, z. B. einem Verfugeisen, in 2 Arbeitsgängen – zuerst Stoßfugen, dann Lagerfugen und umgekehrt – in die Fugen eingedrückt.

Bei mangelhafter Ausführung (z. B. zu geringe Verfugtiefe, ungeeigneter Verfugmörtel) kann sich der Verfugmörtel infolge Temperatur- und Feuchtebeanspruchung aus der Fuge lösen (Bild 10.4-5). Das Nachträgliche verfugen verlangt deshalb besondere Ausführungsqualität.

Die Fugenoberfläche wird günstig geformt, s. Bilder 10.4-1 und 10.4-2.

Dringend empfohlen wird die Verwendung von Werkmörtel, der auf die jeweiligen Steineigenschaften (Wassersaugfähigkeit) abgestimmt werden kann

#### ► Richtige Ausführung



**Bild 10.4-1:** Ausbildung der Fugenoberfläche



**Bild 10.4-2:** Sachgerechte Fugenausbildung – KS-Fasenstein



**Bild 10.4-3:** Sachgerechter Fugenabschluss

## ► Ungünstige Ausführung



**Bild 10.4-4:** Ungünstige, rückspringende Ausbildung der Fugenoberfläche



**Bild 10.4-5:** Schadhafter Fugenabschluss bei nachträglichem Verfugen

Beim zweischaligem Mauerwerk mit Kerndämmung ist zum Aufmauern der Außenschale je nach Steifigkeit des Dämmstoffes ein Fingerspalt zwischen Dämmstoff und Schale erforderlich.

Nach *DIN 1053-1 [1]* soll die Außenschale unten und oben mit Lüftungsöffnungen – z. B. offene Stoßfugen – versehen werden und zwar jeweils  $7500 \text{ mm}^2$  je  $20 \text{ m}^2$  Wandfläche (einschl. Öffnungen). Die unteren Öffnungen können auch zur Entwässerung dienen. Dies gilt auch für Brüstungsbereiche.

Bei zweischaligen Außenwänden mit Kerndämmung sollen die Entwässerungsöffnungen im Fußpunktbereich je  $20 \text{ m}^2$  Wandfläche eine Fläche von mind.  $5000 \text{ mm}^2$  haben.

Nach *DIN EN 1996-2/NA [3]* dürfen in der Außenschale sowie in Brüstungsbereichen oberhalb von Abdichtungen Entwässerungs- oder Lüftungsöffnungen, z. B. offene Stoßfugen, angeordnet werden.

Nach Auffassung der Autoren sind bei sachgerechter, den Regelwerken entsprechender Ausführung der Verblendschale Entwässerungsöffnungen entbehrlich, s. auch Abschn. 10.6.4.

## 10.5 Dehnungsfugen

### 10.5.1 Technischer Hintergrund

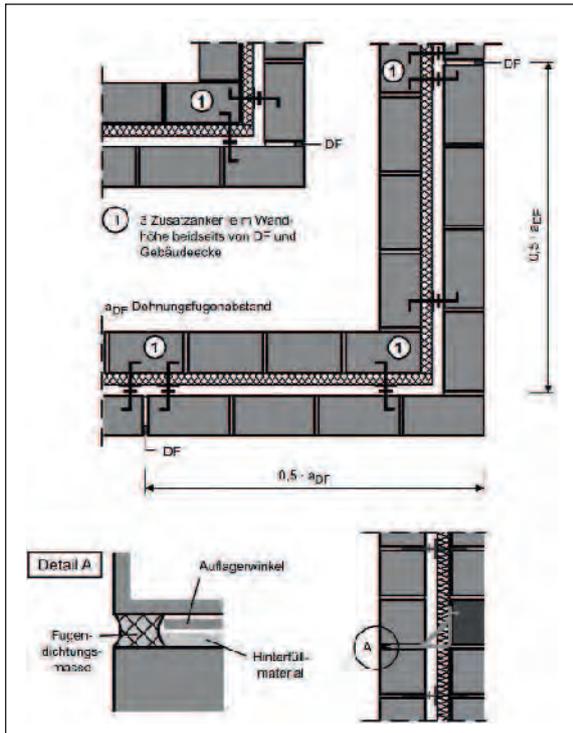
Die Außenschalen verformen sich infolge Temperaturänderung, Austrocknung (Schwinden), Feuchtigkeitsaufnahme (Quellen) bzw. auch – möglicherweise bei Mauerziegeln – irreversiblen Quellen sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung. Werden diese Verformungen durch die Verbindung der Bauteile behindert, so entstehen Spannungen – bei Verkürzung Zug- und bei Verlängerung Druckspannungen. Diese führen bei Überschreitung der Festigkeit zu Rissen. Wegen der im Vergleich zur Druckfestigkeit wesentlich geringeren Zugfestigkeit des Mauerwerks, sind Zugspannungen besonders rissgefährlich.

Verkürzt sich eine Außenschale in *horizontaler Richtung* „zu stark“, so entstehen weitgehend vertikal verlaufende Risse. Bei sehr großer Verlängerung der Außenschalen kann es zum „Herausdrücken“ der Schalen im Gebäudeeckbereich kommen. Eine große *vertikale Verlängerung* der Verblendschale verursacht ein Ausbeulen und ggf. einen Absturz der Außenschale, wenn eine spannungsfreie Verformung nicht möglich ist, d. h. keine Ausdehnungsmöglichkeit besteht – keine Dehnungsfuge vorhanden ist.

Um solche Schäden mit hoher Sicherheit zu vermeiden, sollten sowohl horizontale Dehnungsfugen – i. d. R. unter den Abfangungen – als auch bei großen Wandlängen vertikale Dehnungsfugen angeordnet werden. Dies wird auch in *DIN 1053-1* und *DIN EN 1996-2/NA, NCI Anhang NA.D.1 j* verlangt.

### 10.5.2 Anordnung

Vertikale Dehnungsfugen können im Gebäudeeckbereich oder – aus architektonischen Gründen – im etwa halben Dehnungsfugenabstand beiderseits der Ecke angeordnet werden, s. Bild 10.5-1.



**Bild 10.5-1:** Empfehlenswerte Anordnung von vertikalen und horizontalen Dehnungsfugen



**Bild 10.5-2:** Empfehlenswerte Anordnung einer vertikalen Dehnungsfuge

Anhaltswerte für den Dehnungsfugenabstand finden sich in Tabelle 10.5-1.

*Tabelle 10.5-1: Anhaltswerte für den Abstand von vertikalen Dehnungsfugen*

Mauerwerk aus	Dehnungsfugenabstand (m)
Kalksandsteinen, Porenbetonsteinen, Betonsteinen	6 ... 8
Leichtbetonsteinen	4 ... 6
Mauerziegel <sup>1)</sup>	10 ... 20

<sup>1)</sup> Kleinere Werte bei höherem irreversiblen Quellen

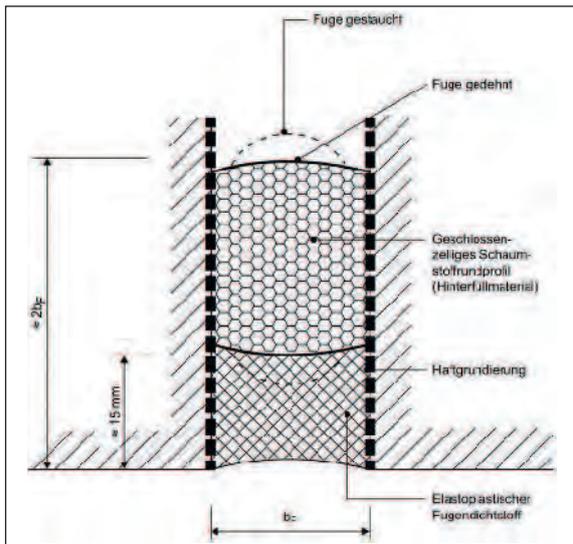
Das Bild 10.5-1 enthält auch die Darstellung für die horizontalen Dehnungsfugen unter Abfangungen.

Bei der Anordnung von Dehnungsfugen ist auch die gesamte Verformungssituation der Außenschale zu beachten. Dazu heißt es in der DIN EN 1996-2/NA: „Die unterschiedlichen Verformungen der Außen- und Innenschale sind insbesondere bei Gebäuden mit über mehrere Geschosse durchgehender Außenschale auch bei der Ausführung der Türen und Fenster zu beachten.“ Dies trifft beispielsweise zu, wenn Fenstersturz-Fertigelemente an der Innenschale verankert sind, sodass sich die darüber liegenden Bereiche der Außenschale unterschiedlich zu den Nachbarbereichen der Außenschale verformen. Auch verschieden große, miteinander verbundene und ggf. unterschiedlich gehaltene Bereiche von Außenschalen müssen in dieser Hinsicht beurteilt werden. Somit sind Dehnungsfugen ggf. auch bei Fensterbrüstungen, Fensteranschlüssen und Stürzen erforderlich.

In der Regel sind bei ein- und zweigeschossigen Gebäuden bis zu einer Wandlänge von 8 m keine vertikalen Dehnungsfugen erforderlich. Bei mehrgeschossigen Gebäuden und Abfangungsabständen über 6 m, empfiehlt es sich – um auch der gesamten Verformungssituation (s. oben) Rechnung zu tragen – genügend Dehnungsfugen anzuordnen und diese von vorneherein gestalterisch einzuplanen.

### 10.5.3 Breite der Dehnungsfugen und Fugenverschluss

Die Dehnungsfugen selbst bzw. die ausreichende unbehinderte Verformungsmöglichkeit können auf verschiedene Weise ausgeführt/erreicht werden. Wichtig ist natürlich, dass die zu erwartenden Verformungen auch sicher und dauerhaft sowie spannungsfrei aufgenommen werden können. Dies ist vor allem zu beachten, wenn die Dehnungsfuge analog DIN 18540 [7] ausgeführt werden soll, s. Bild 10.5-3. In diesem Fall ist zu berücksichtigen, dass selbst hochwirksame Fugendichtungsstoffe nur bis zu einer Dehnung um maximal 25 % der Fugenbreite dauerhaft funktionsfähig sind. Deshalb muss die Fugenbreite mindestens das Vierfache der möglichen Verformung betragen und soll nicht geringer als rd. 8 bis 10 mm sein. Die Dehnungsmöglichkeit kann aber ggf. auch durch eine offene Fuge – außer in stark bewitterten Fassaden – sichergestellt werden. Es empfiehlt sich dann ein Fugeneinsatz für Insekten- und Mäuseschutz.



**Bild 10.5-3:** Mit Fugendichtstoff geschlossene Dehnungsfuge nach DIN 18540 [7]

Die erforderliche Breite der Dehnungsfuge  $b_f$  hängt selbstverständlich wesentlich von der vorhandenen Wandlänge  $l_w$  bzw. Wandhöhe  $h_w$  ab.

Anhaltswerte sind:

- horizontale Dehnungsfugen:  $b_f \geq 2 \times h_w / 1000$
- vertikale Dehnungsfugen:  $b_f \geq 1,5 \times l_w / 1000$ .

Empfehlenswert ist die Verwendung von vorkomprimierten Dichtungsbändern, die wasserundurchlässig aber wasserdampfdurchlässig sind, keine besondere Ebenheit der Dehnungsfugenränder erfordern, eine große Dauerhaftigkeit aufweisen, und ggf. auch einfacher zu erneuern sind, s. Bild 10.5-4.



**Bild 10.5-4:** Mit vorkomprimiertem Dichtungsband geschlossene Dehnungsfuge

Eine vollständige Dichtheit der Dehnungsfugen gegen Eindringen von Wasser (Regen, Schlagregen) ist nicht erforderlich, da ggf. eingedrungenes Wasser im Fußpunktbereich wieder nach außen ablaufen kann.

## 10.6 Fußpunktabdichtungen in Verblendschalen

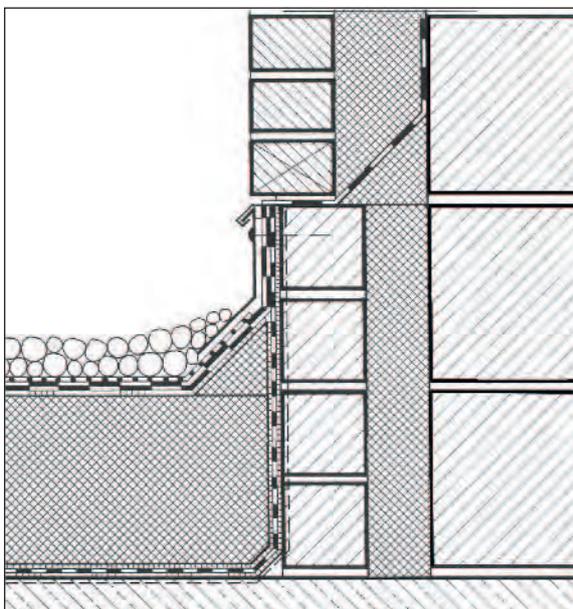
### 10.6.1 Notwendigkeit

Verblendschalen aus Sichtmauerwerk sind nicht wasserundurchlässig. Je nach Saugfähigkeit des Steins und des Mörtels, der Dichtheit der Anschlüsse und Gestaltung der Abdeckungen sowie in Abhängigkeit von der Intensität der Schlagregenbeanspruchung muss damit gerechnet werden, dass Wasser nicht nur im Verblendschalenquerschnitt gespeichert wird, sondern in geringen Mengen an der Außenschalenrückseite – ggf. auch in Steinlochungen – der Schwerkraft folgend nach unten absickert. An den Aufstandsflächen (Fußpunkten) am Sockel; auf Dach-, Dachterrassen- und Balkonflächen sowie über Fenster- und Türstürzen muss dafür gesorgt werden, dass dieses Sickerwasser, das ggf. in Stein oder Mörtel vorhandene, wasserlösliche Stoffe mit transportiert, so wieder nach außen gelangen kann, dass Feuchteschäden im Gebäudeinneren und störende Verschmutzungen an Fassade oder Fenstern verhindert werden.

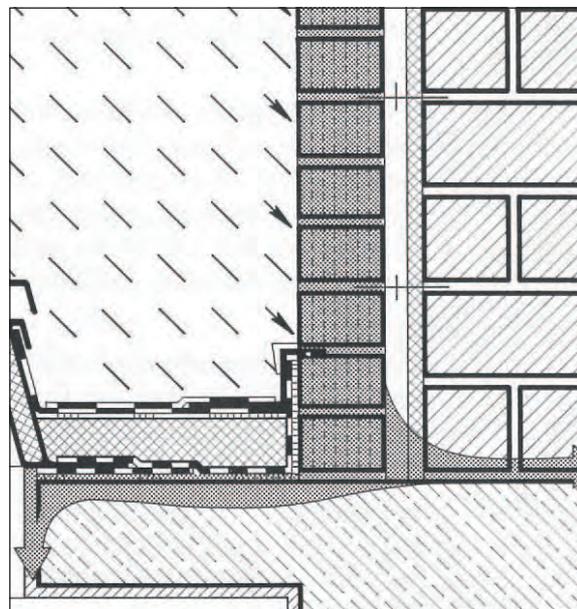
Dazu sind in der Regel Fußpunktabdichtungen erforderlich.

### 10.6.2 Abdichtungsmaterialien

Für die Fußpunktabdichtung sind grundsätzlich alle auch für Querschnittsabdichtungen verwendbaren Abdichtungsmaterialien geeignet. Dickere Bahnen scheiden in der Regel aus, da sie (besonders an Überlappungen) in der Lagerfuge zu viel Raum einnehmen und der vordere Rand optisch stören würde. Verwendbar sind daher Bitumenbahnen (z. B. G 200 DD); Kunststoffbahnen (z. B. PVC-weich, 1,2 mm dick), unter bestimmten Randbedingungen auch dünnere Kunststofffolien mit allgemeinem bauaufsichtlichen Prüfzeugnis zur Verwendung als Mauersperrbahn (z. B. Polyolefin 0,4 mm dick). Besteht der Untergrund stetig aus Mauerwerk, Mörtel oder Beton z. B. am Bodenplattenrand, können auch rissüberbrückende Mineralische Dichtungsschlämme (MDS); 2 mm dick, eingebaut werden.



**Bild 10.6-1:** Fußpunktabdichtung bei Verblendschalenmauerwerk – sachgerechte Ausführung



**Bild 10.6-2:** Schäden bei fehlender Fußpunktabdichtung

### 10.6.3 Anordnung und Anschlüsse

Rückseitig ist die Fußpunktabdichtung an der Innenschale aufzukanten und so zu fixieren, dass sie nicht abrutschen kann. Verkleben reicht in der Regel aus – auf das Einmauern in die Innenschale oder die Fixierung mit Klemmschienen o.ä. kann meist verzichtet werden.

Im Schalenzwischenraum ist die Führung der Dichtung auf einer nach außen abgeschrägten festen Unterlage (z. B. keilförmig zugeschnittener Hartschaumplatte) anzuraten – keinesfalls darf die Bahn im Zwischenraum eine vertiefte Rinne bilden, die unkontrolliert in den Untergrund entwässert.

An den seitlichen Enden ist die Abdichtung bei möglicherweise höherem Wasseranfall aufzufalten.

Die Einbettung der Bahn zwischen zwei Mörtellagen ist meist – insbesondere bei dicken Bahnen – nicht praktikabel. Die Bahn wird daher in der Regel unmittelbar auf der mit Mörtel abgeglichenen Steinoberfläche verlegt und dann eingemauert.

Vorderseitig sollte die Bahn bis hinter die Verfugung reichen und noch die Lochung des Verblendsteins abdecken. Eine Führung bis an die Mauerwerksoberfläche ist aus optischen Gründen und wegen der Störung des Haftverbundes des Fugmörtels nicht sinnvoll und erfahrungsgemäß auch nicht nötig.

#### 10.6.4 Entwässerungsöffnungen

Die Erforderlichkeit von Entwässerungsöffnungen – z. B. durch Offenlassen von Stoßfugen – ist von der erwartbaren Wassermenge und der Dichtheit der Lagerfuge abhängig. Häufig sind bei sachgerecht gemauerten und abgedeckten Verblendschalen die Sickerwassermengen so gering, dass auf die gezielte Entwässerung über eigens dafür vorgesehene Öffnungen verzichtet werden kann (s. die Beispiele unten).

Liegt der Verblendschalenfuß unter OK Gelände und ist die Fußpunktabdichtung aus zuverlässig dicht verklebten Bahnen hergestellt, so kann dort auf Entwässerungsöffnungen verzichtet werden. Wird die Außenoberfläche der Verblendschale unter Oberkante Gelände zusätzlich abgedichtet, so sind selbstverständlich Entwässerungsöffnungen nötig.

##### *Praxistipp*

Der Aufwand für Fußpunktabdichtungen sollte von folgenden Faktoren abhängig gemacht werden:

- Grad der Schlagregenexposition (geografische und topografische Lage; Himmelsrichtung);
- Schlagregendichtheit der Verblendschale (Saugfähigkeit des Steins; Dichtheit der Verfugung und der Dehnfugenverschlüsse)
- Zuverlässigkeit der Mauerabdeckungen an Mauerkronen und Fensterbänken (Gefälle; Tropfkantenausbildung; Dichtheit von Stößen und seitlichen Anschlüssen)
- Schadenfolgen beim möglichen Versagen.

##### *Beispiele*

- Hohe Anforderungen an die Fußpunktabdichtung

Wetterseiten in Schlagregenbeanspruchungsklasse III; Klinkermauerwerk im Fugenglattstrich gemauert; Mauerabdeckungen aus Rollschichten oder an Stößen; einfach überdeckte, gering geneigte Blech- oder Werksteinabdeckungen mit geringem Tropfkantenüberstand; Einbausituation: Dachterrassenanschluss einer aufgehenden Fassade

Empfohlen: Aufwendige Fußpunktabdichtung: G 200 DD, seitlich aufgekantet, Überlappungen verklebt, deutliches Gefälle im Schalenzwischenraum, Entwässerungsöffnungen

- Geringe Anforderungen an die Fußpunktabdichtung

Wetterabgewandte Seiten in Schlagregenbeanspruchungsklasse I; leicht saugfähiger Vormauerstein, nachträglich in zwei Arbeitsgängen verfugt; an Stößen und seitlichen Anschlüssen zuverlässig dichte, deutlich geneigte Blech- oder Werksteinabdeckungen mit deutlichem Überstand; Einbausituation: Sturz über Fenster, Fensterrahmen mit Folienstreifen an der Hintermauerung angedichtet.

Ausreichend: einfache Fußpunktabdichtung: dünne Mauersperrbahn, seitlich nicht aufgekantet, Überlappungen unverklebt, geringes Gefälle im Zwischenraum; keine Entwässerungsöffnungen.

Zwischenlösungen sind vom Planer zu entscheiden und ggf. mit dem Bauherrn abzustimmen.

In Zweifelsfällen: Besser die aufwändigere Lösung wählen!

## 10.7 Wärmedämmung

Für die Dämmung zweischaliger Mauerwerkswände sind in der Regel plattenförmige Wärmedämmstoffe zu verwenden, die nach DIN 4108-10 [8] für das Anwendungsgebiet „WZ“ „Dämmung von zweischaligen Wänden, Kerndämmung“ zugelassen sind. Diese sind so ausgerüstet, dass Wasser im Schalenzwischenraum nicht zur Dämmstoffdurchfeuchtung führen kann.

**Hinweis:** Auf der Baustelle prüfen, ob die gelieferten Baustoffe die Kennzeichnung „WZ“ tragen!

Es ist darauf zu achten, dass die Dämmung flächig auf der Oberfläche der Innenschale aufliegt und nicht von Luft hinterströmt werden kann. Überstehender Mauermörtel muss daher während des Mauerns sorgfältig entfernt werden.

Bei den heutigen, großen Dämmschichtdicken fallen Lücken in der Dämmung wesentlich stärker ins Gewicht als früher. Auf die lückenlose Verlegung im Verband und auf den exakten Zuschnitt, z. B. im Fensterleibungsbereich, ist daher Wert zu legen. Solche Fehler fallen als Schimmelstellen und Temperaturabsenkungen im Thermografiebild auf und machen spätere kostspielige Nachbesserungen notwendig.

## 10.8 Ausblühungen, Auslaugungen

### 10.8.1 Ausblühungen

Ausblühungen entstehen, wenn wasserlösliche Salze im Mauerwerk in Wasser gelöst, durch Wasserwanderung (Austrocknung) an die Oberfläche transportiert werden und dort bei Verdunsten des Wassers auskristallisieren. Für das Entstehen der Ausblühungen müssen *alle* folgenden Voraussetzungen erfüllt sein: wasserlösliche Salze, Wasser zum Lösen und Transportieren und ein geeignetes Porensystem. Die wasserlöslichen Salze können aus dem Mauerstein, dem Mauermörtel, aus Austauschreaktionen zwischen Mauerstein und Mauermörtel, aus der Umwelt sowie aus aufsteigender Feuchtigkeit im Mauerwerk herrühren.

Die Ausblühneigung des Mauerwerks lässt sich vorab nur mit eingeschränkter Sicherheit an Zweistein-Prüfkörpern (zwei miteinander vermörtelte Mauersteine des vorgesehenen Mauerwerks) bestimmen. Die Prüfkörper werden hochkant bis zu einem Viertel ihrer Höhe in destilliertes Wasser gestellt und über etwa einem Monat auf Ausblühungen kontrolliert.

Ein gewisser Anteil an wasserlöslichen Salzen in Mauerstein und Mauermörtel ist kaum vermeidbar, nach den Regelwerken zulässig und führt im Allgemeinen zu geringen, hinnehmbaren und vorübergehenden Ausblühungen, die sich durch „trockenes Entfernen“ – durch Abbürsten – leicht beseitigen lassen, zumal sich die Ausblühungen mit der Zeit verringern, da die Menge der ausblühfähigen Stoffe abnimmt. Intensive, umfangreiche Ausblühungen infolge eines hohen Gehaltes an wasserlöslichen Salzen im Mauerstein/Mauermörtel, hoher Durchfeuchtung des Mauerwerks – mangelhafte Schutzmaßnahmen bei der Ausführung, keine sachgerechte Wasserabführung; fehlerhafte Planung und Ausführung, z. B. fehlerhafte Abdichtung – stellen dagegen in der Regel einen optischen Mangel dar.

### *Maßnahmen*

Durchfeuchtungen infolge Ausführungs- und Planungsfehlern beseitigen; Ausblühungen von Zeit zu Zeit trocken abbürsten. Wenn notwendig, mit geeigneten lösenden Stoffen entfernen, das Mauerwerk

ist dafür von unten nach oben vorzunässen und zu behandeln. Andernfalls können die lösenden Stoffe in das Mauerwerk eindringen und ggf. zusätzliche Ausblühungen verursachen.



*Bild 10.8-1: Ausblühungen*

### 10.8.2 Auslaugungen

Auslaugungen bilden sich, wenn in Wasser gelöstes Kalkhydrat (i.W. aus dem Mauermörtel) an die Oberfläche transportiert wird und dort mit dem Kohlendioxid der Luft zu schwerlöslichem Calciumcarbonat (weißer Belag) reagiert.

#### *Maßnahmen*

Trockenes Abbürsten (s. bei Ausblühungen), ggf. Anwendung besonderer Reinigungsmittel.



*Bild 10.8-2: Auslaugungen*

## 11 Schutz des Mauerwerks vor Witterungseinflüssen

Ungünstige Witterungseinflüsse können Mauerwerkeigenschaften verschlechtern, dies gilt besonders für junges Mauerwerk und für den Rohbauzustand, s. Bild 11-1. Deshalb ist ein entsprechender Schutz des Mauerwerks erforderlich, s. Bild 11-2.

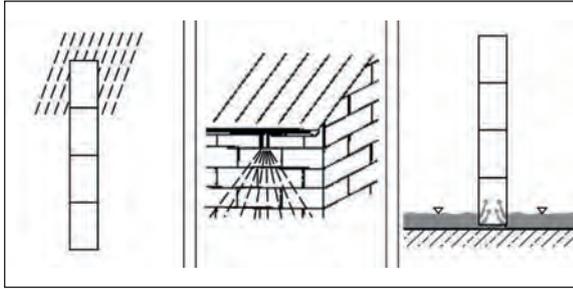
#### *Ungünstige Witterungseinflüsse*

(1) Durchfeuchtung von Mauerwerkbereichen bzw. -bauteilen

Vor allem stärkere Durchfeuchtung, s. Bild 11-1, durch längere Beregnung, im Wandfußbereich anstehendes Wasser, s. Bild 11-1 rechts, können

- zu Rissbildung infolge Schwinden bei nachfolgender Austrocknung
- zu Schäden (Zerstörung) bei nachfolgender Frosteinwirkung
- zu Schimmelpilzbildung mit gesundheitlichen Schäden
- zu Ausblühungen (i.W. und ggf. optische Beeinträchtigung, ggf. Beeinträchtigung des Putzgrundes)

führen.



**Bild 11-1:** Witterungseinflüsse

(2) Frühzeitige, intensive Austrocknung kann

- die Erhärtung des Mörtels und dessen Verbund zum Mauerstein beeinträchtigen;
- Risse infolge Schwinden des Mörtels (ggf. auch der Mauersteine) hervorrufen;
- Mörtelablösungen von den Mauersteinflanken

begünstigen.

(3) Frosteinwirkung

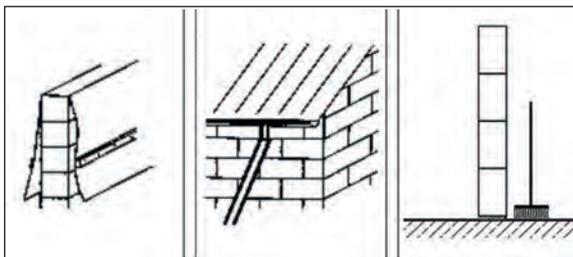
Mauerwerk darf bei Frost nur unter besonderen Schutzmaßnahmen ausgeführt werden, d. h. in der Regel ist ein Mauern bei Frost nicht möglich und nicht zulässig. Mauerwerk soll nur bei einer Temperatur (Lufttemperatur und Temperatur im Baustoff) ab +5 °C ausgeführt werden. Diese Temperatur sollte auch bis zu einem Mauerwerksalter von ca. 1 Woche im Mittel nicht wesentlich unterschritten werden.

Gefrorene Baustoffe, Frostschutzmittel und Auftausalze dürfen nicht verwendet werden. Durch Frost geschädigtes Mauerwerk ist zu entfernen.

(4) Temperatureinwirkung

Starke Erwärmung der Betondecken infolge Sonneneinstrahlung *im Rohbauzustand* kann zu Rissbildung in den Mauerwerkswänden führen, vor allem bei großen Deckenfeldern. In solchen Fällen empfiehlt sich ein zeitweiser Temperaturschutz auf der Betondecke, z. B. mit Wärmedämmstoffmatten.

### ► Richtige Ausführung



**Bild 11-2:** Schutz des Mauerwerks vor ungünstigen Witterungseinflüssen:

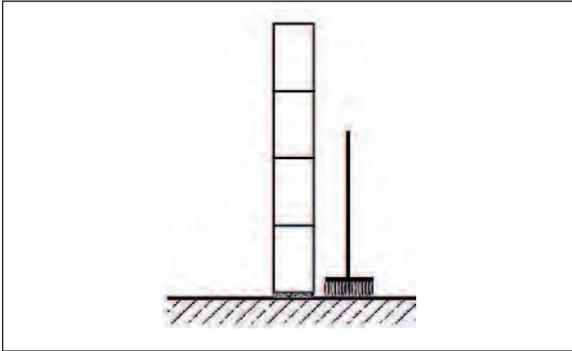
- Abdecken von Mauerwerkswänden
- unschädliches Abführen von Regenwasser
- Entfernen von im Wandfußbereich anstehendem Wasser



**Bild 11-3:** Abdeckung von Mauerkronen



**Bild 11-4:** Unschädliches Abführen von Regenwasser



**Bild 11-5:** Entfernen von im Wandfußbereich anstehendem Wasser

► **Falsche Ausführung**



**Bild 11-6:** Durchfeuchtung von Mauerwerkswänden von oben



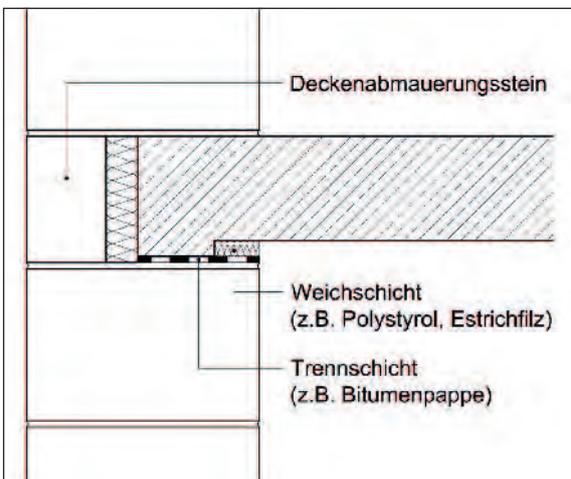
**Bild 11-7:** Durchfeuchtung von Mauerwerkswänden von unten

## 12 Bauteile und Mauerwerk

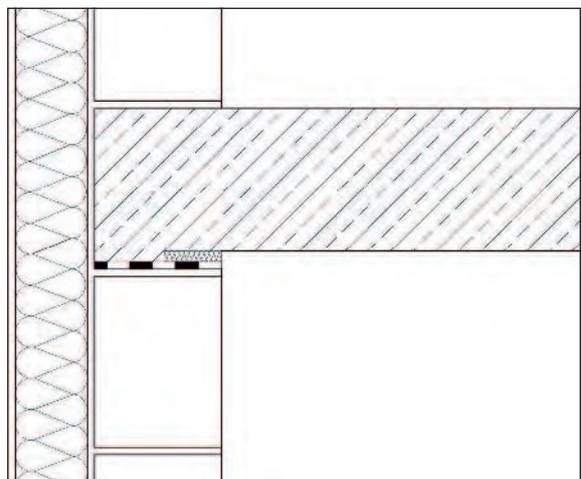
### 12.1 Deckenaufleger

Das Auflager von Betondecken auf Mauerwerk-Außenwände ist so auszuführen, dass die Auflagerkräfte möglichst zentrisch eingeleitet, Wärmebrücken vermieden werden und bei außenseitig geputzten Wänden ein homogener Putzgrund gewährleistet ist.

► **Richtige Ausführung**



**Bild 12.1-1:** Beispiel für Ausführung des Deckenauflegers mit Abmauerung



**Bild 12.1-2:** Beispiel für Deckenaufleger auf Mauerwerk mit Wärmedämmverbundsystem

### ► Falsche Ausführung



*Bild 12.1-2: Horizontalriss am Deckenaufleger durch fehlende Trennlage*

## 12.2 Ringanker

Ringanker sind horizontale Bauteile, die in der Wandebene angeordnet werden. Sie sollen Zugkräfte von 30 kN nach DIN 1053-1 [1] bzw. 45 kN nach DIN EN 1996-1-1 [2] infolge äußerer horizontaler Lasten und Verformungsunterschieden aufnehmen. Sie sind in allen Außen- und Querwänden, die horizontale Lasten abtragen, anzuordnen bei

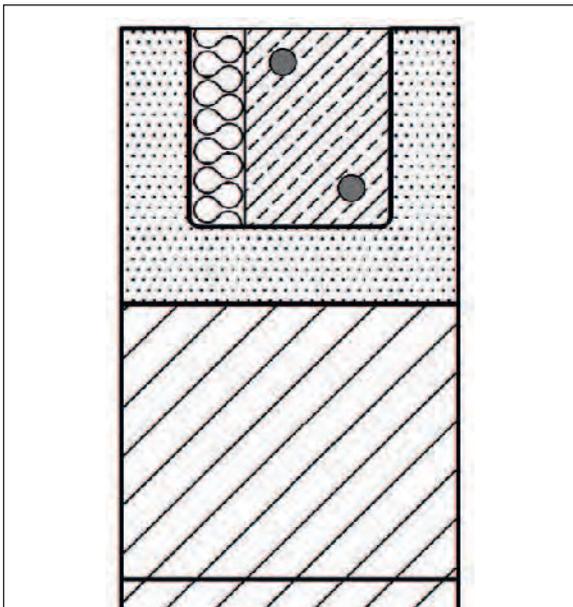
- mehr als 2 Vollgeschossen oder mehr als 18 m langen Bauten,
- Wänden mit vielen oder besonders großen Öffnungen, vor allem wenn die Summe der Öffnungsbreiten mehr als 60 % der Wandlänge oder bei Fensterbreiten von mehr als 2/3 der Geschosshöhe mehr als 40 % der Wandlänge beträgt,
- ungünstigen Baugrundverhältnissen.

Anordnung: In jeder Deckenlage oder unmittelbar darunter

### Baustoffe:

- Stahlbeton: mindestens C16/20, mindestens zwei durchlaufende Rundstäbe BSt 500 S, mindestens  $D = 12 \text{ mm}$  (IV S), Stöße nach EN 1992 -1-1 [9] gegeneinander versetzt.
- Bewehrtes Mauerwerk, s. Bilder 12.2-2 und 12.2-3: Bewehrung analog Stahlbeton; voll anrechenbare parallele Bewehrung in Stahlbetondecken, Stahlbetonstürzen im Abstand von höchstens 0,5 m von der Wandmittelebene.

## ► Richtige Ausführung



Bilder 12.2-1a und 12.2-1b: Ringankerbewehrung in Stein-U-Schalen

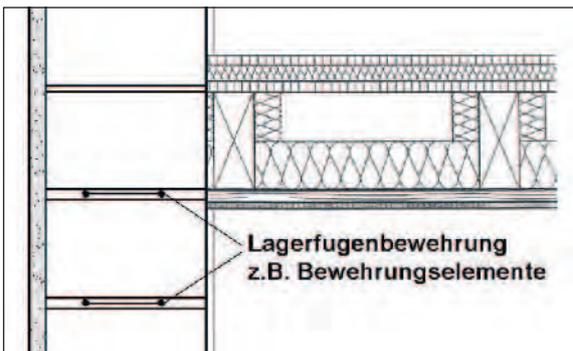


Bild 12.2-2: Ringanker als bewehrtes Mauerwerk;  
Holzbalkendecke

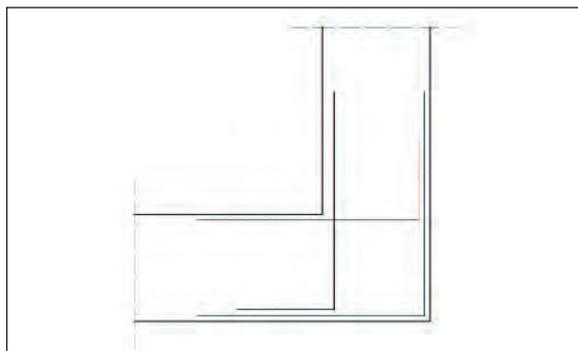


Bild 12.2-3: Eckbewehrung (Horizontalschnitt)

## 12.3 Ringbalken

Ringbalken sind erforderlich bei Decken ohne Scheibenwirkung oder wenn wegen der Formänderungen der Dachdecke Gleitschichten unter den Deckenauflagern anzuordnen sind, s. DIN 18530 [10] und DIN EN 1996-1-1/NA [2]. Ringbalken sind statisch zu bemessen. Die erforderliche Längsbewehrung ist durch Bügel zu umschließen, unter der Bewehrung sind Abstandhalter anzuordnen, Bild 12.3-1.

Unterbrechungen und nicht statisch nachgewiesene Querschnittsverringerungen von Ringbalken sind unzulässig.

### ► Richtige Ausführung

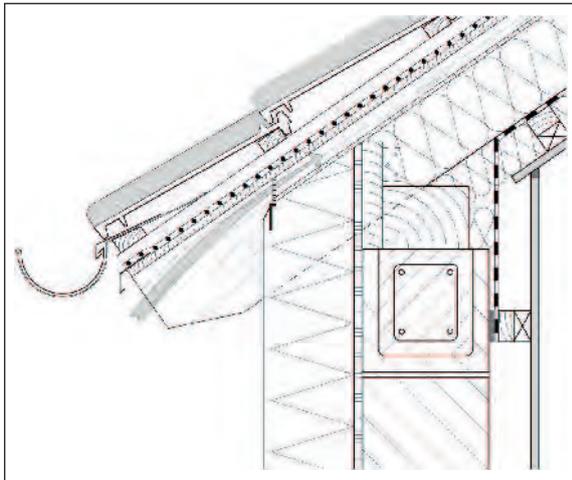


Bild 12.3-1: Sachgerechter Ringbalken in U-Stein-Schalen

### ► Falsche Ausführung

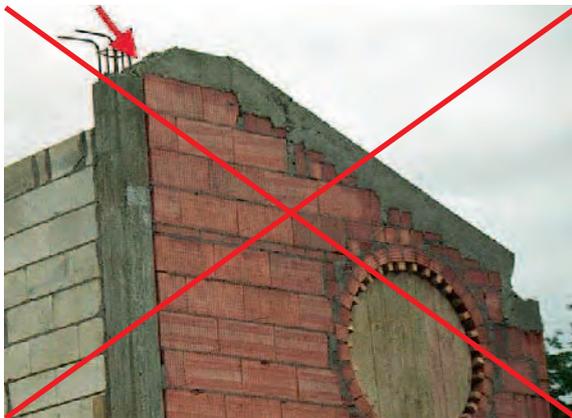


Bild 12.3-2: Am Giebelübergang fehlt die Anschlussbewehrung zum Ringbalken. Dies führt zu Rissen, s. Bild 12.3-3



Bild 12.3-3: Rissbildung im Anschlussbereich der Wand unter dem Ringbalken

## 12.4 Stürze

Zu unterscheiden ist zwischen *Fertigstürzen* (Bild 12.4-1) und *Flachstürzen* (Bilder 12.4-2a bis 12.4-2c).

Die Verwendung von *Flachstürzen* ist nur mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung möglich.



Bild 12.4-1: Fertigsturz (Beispiel Porenbeton)

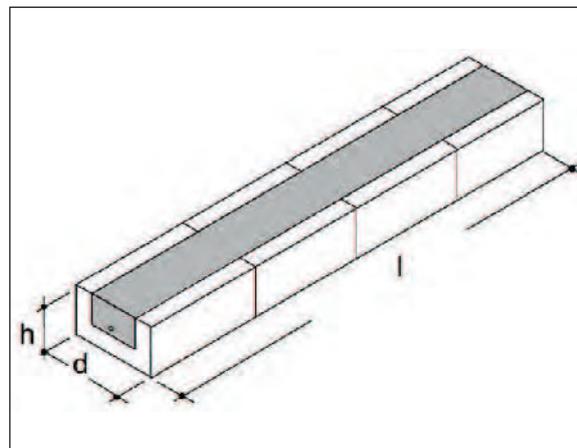


Bild 12.4-2a: Flachsturz



**Bild 12.4-2b:** Flachsturz



**Bild 12.4-2c:** Flachsturz (Beispiel Porenbeton)

Die erforderlichen Auflagertiefen sind unbedingt einzuhalten. Bei der Überbrückung von Öffnungen mit Flachstürzen bildet der Flachsturz die Zugzone und das darüber liegende Mauerwerk (bis zur Decke) die Druckzone. Damit diese uneingeschränkt wirksam ist, müssen die Stoßfugen des Mauerwerks über dem Sturz vermörtelt werden, wenn nicht in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung anderes bestimmt ist.

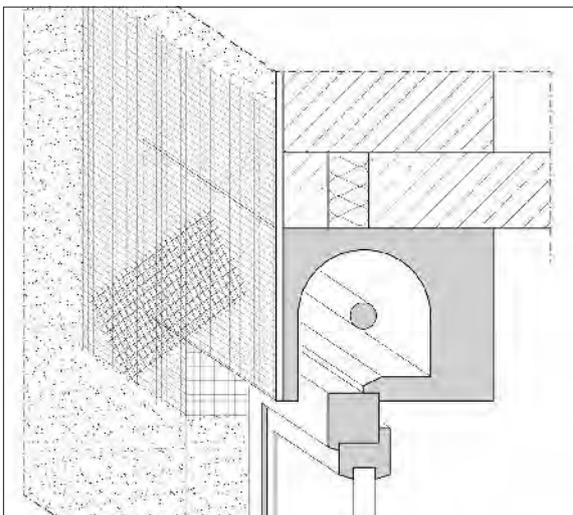
## 12.5 Rollladenkästen

Sollen Rollläden nicht außenseitig der Fassade angeordnet werden, sondern in das Mauerwerk integriert werden, so sollten in der Regel aufgrund des besseren Wärmeschutzes allseitig wärmegeämmte Kästen eingebaut werden. Bei einschaligem, verputztem Mauerwerk ist auf die zusätzliche außenseitige Wärmedämmung des ggf. erforderlichen Sturzes über dem Kasten zu achten.

Im Bereich der Rollladenkastenschürze tritt bei verputztem, einschaligen Mauerwerk ein Materialwechsel auf. Auf die Bewehrung des Putzes bei diesem Materialwechsel ist zu achten. Weiterhin sollte eine Diagonalbewehrung in den Sturzecken in den Putz eingearbeitet werden, da der Putz in diesem Bereich nicht nur durch die geometrische Situation und den Materialwechsel, sondern auch durch die ggf. möglichen Erschütterungen beim Bedienen des Rollladens beansprucht wird, s. Bilder 12.5-1 und 12.5-2. Anschlussschienen sind so zu kürzen, dass keine Risse entstehen, s. Bild 12.5-3.

Bei weit gespannten Verblendschalenstürzen ist auf die ausreichende Dimensionierung bzw. zuverlässige Zwischenverankerung des Abfangwinkels besonders zu achten, da sonst aufgrund der Durchbiegung des Sturzes Risschäden möglich sind.

### ► Richtige Ausführung



**Bild 12.5-1:** Notwendige Gewebewehrung bei eingebautem Rollladenkasten

## ► Falsche Ausführung



**Bild 12.5-2:** Riss am unteren Rand der Rolladenschürze, Putz nicht bewehrt



**Bild 12.5-3:** Randwinkel nicht eingekürzt, Bewehrung fehlt

## 12.6 Abdeckungen und Rollschichten

### 12.6.1 Notwendigkeit

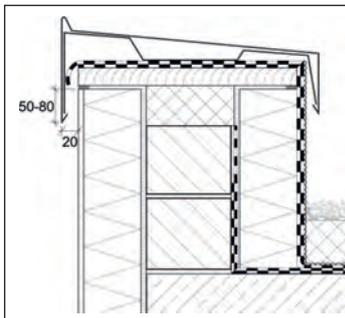
Die Kronen von freistehenden Wänden, von Balkon- und Terrassenbrüstungen, Attiken und Fensterbrüstungen müssen vor dem Eindringen von Niederschlagswasser geschützt werden. Sonst sind Schäden am Mauerwerk selbst und Durchfeuchtungen im Gebäudeinneren zu befürchten.

Weiterhin muss das auf die Mauerkronen auftreffende Wasser so abgeleitet werden, dass es nicht konzentriert auf die angrenzenden senkrechten Wandflächen gelangt und dort zu Laufspuren und Veralgungen führt.

Daher müssen Mauerkronen abgedeckt werden.

Darf gar kein Wasser in den Wandquerschnitt gelangen, wie z. B. bei Putzbauten und Gebäuden mit Wärmedämmverbundsystemen, sind wasserdichte Abdeckungen, z. B. aus Naturstein, Betonfertigteilen oder Blech erforderlich.

Ist ein geringes Eindringen von Feuchtigkeit unschädlich, wie dies bei Sichtmauerwerkskonstruktionen, z. B. Verblendschalen, in der Regel der Fall ist, können zur Abdeckung unter den u. a. Randbedingungen auch Rollschichten verwendet werden.



**Bild 12.6-1:** Mauerkronenabdeckung



**Bild 12.6-2:** Stark geneigte Rollschicht (Fertigteil)



**Bild 12.6-3:** Schwach geneigte Rollschicht mit Durchfeuchtungsspuren

### 12.6.2 Details

Blechabdeckungen auf Kronen von freistehenden Wänden, Balkon- und Dachterrassenbrüstungen und Attiken sollten mit mindestens 2 % Gefälle zu der Seite versehen werden, die optisch unwichtig ist und/oder einfacher instand zu halten ist – also bei Attiken zu Dachseiten, bei Balkonen zur Innenseite. Der Tropfkantenüberstand sollte mindestens 20 mm betragen.

Bei Putzbauten sind die Fensterbänke mit mindestens 2 % Gefälle und einem Tropfkantenüberstand von 40 mm auszubilden und in den seitlichen Leibungsanschlüssen aufzukanten. Sollen Rollschichten verwendet werden, sind diese mit deutlich größerem Gefälle von mindestens ca. 5 bis 8 % auszubilden und es ist ein besonders zusammengesetzter Mauer- und Fugmörtel zu verwenden.

### 12.6.3 Anwendungsfälle für Rollschichten

Da Rollschichten nicht belastet sind, treten häufig Abrisse an den Steinflanken auf. Insofern ist die Anwendung von Rollschichten nur in geschützten Lagen und/oder wetterabgewandten Seiten ohne Einschränkung empfehlenswert. Bei Standorten mit hoher Schlagregenbelastung und unter großen, zur Wetterseite gerichteten Fensterflächen ist es anzuraten, entweder die Rollschichten zu Stahlbetonfertigteilen zusammenzufassen oder besser auf Rollschichten ganz zu verzichten.

## 13 Abdichtung erdberührter Wände

Ausführliche Hinweise für Konstruktion und Ausführung enthalten das Merkblatt der DGfM „Abdichtung von erdberührtem Mauerwerk“ [11] und das Merkblatt „Kellerwände“ [12].

### 13.1 Ermittlung der Wasserbeanspruchung

Die Art und der Umfang des Feuchteschutzes erdberührter Mauerwerkswände hängen von der Intensität der Wasserbeanspruchung und den Nutzungsansprüchen der angrenzenden Innenräume ab.

*Der ausführende Rohbauer sollte daher grundsätzlich von den Planern eindeutige Angaben zur Wasserbeanspruchung und zu besonderen Nutzungsanforderungen verlangen !*

Es ist Aufgabe der Planung, die Wasserbeanspruchung vorab zu klären. Insbesondere die Möglichkeit von – ggf. nur zeitweise auftretendem – drückendem Grundwasser muss vor Baubeginn geklärt sein, da dies auch in statischer Hinsicht für die Bemessung der Bodenplatte und der Wandbauteile von großer Bedeutung ist. Wenn in Plänen oder in der Ausschreibung nicht ausdrücklich anderes angegeben ist, kann der Ausführende in Regelfall davon ausgehen, dass kein drückendes Grundwasser zu erwarten ist, das Gebäude also oberhalb des „Bemessungsgrundwasserstandes“ liegt.

### 13.2 Wandabdichtung mit PMB (KMB)

#### 13.2.1 Allgemeines

Die Mauerwerksaußenwände von Kellern oberhalb des Bemessungsgrundwasserstandes werden in der Regel mit kunststoffmodifizierten Bitumendickbeschichtungen (seit Erscheinen der europäischen Stoffnorm DIN EN 15814: 2013-01 wird das englische Kürzel „PMB“ („Polymer modified bituminous thick coatings“) anstelle KMB verwendet) abgedichtet. Grundsätzlich sind auch einlagige Bahnenabdichtungen möglich. Sie haben Vorteile, wenn die Abdichtungsarbeiten im Winterhalbjahr anfallen, da die ausreichenden Durchtrocknungszeiten von PMB stark witterungsabhängig sind.

Je nach Art und Vermauerungsqualität des Mauerwerks kann die PMB nach Voranstrich unmittelbar auf die Wand aufgetragen werden oder es müssen zuvor ein Ausgleichputz oder eine Kratzspachtelung ausgeführt werden. Die sorgfältige Egalisierung des Untergrunds hilft vor allem, sehr unterschiedliche PMB-Schichtdicken zu vermeiden. *Da dicke PMB-Stellen wesentlich langsamer durchtrocknen, trägt eine sorgfältige Untergrundvorbehandlung wesentlich zur Verkürzung von Wartezeiten bei.*

*Wartezeiten beachten!*

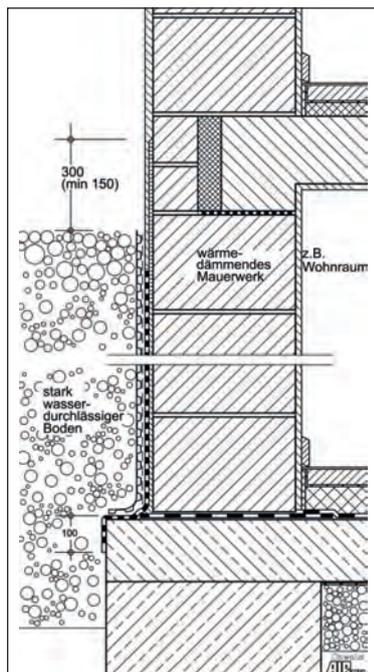
*Ein Hauptfehler bei Abdichtungen mit PMB ist die Nichteinhaltung von Wartezeiten. Das führt dazu, dass die noch weiche PMB durch die Folgearbeiten beschädigt wird oder schlimmstenfalls ganz versagt. Es darf erst weitergearbeitet werden, wenn die PMB ausreichend durchgetrocknet ist. Kritisch sind besonders Stellen mit größerer Schichtdicke (z. B. Kehlen).*

### Schutzschichten einbauen!

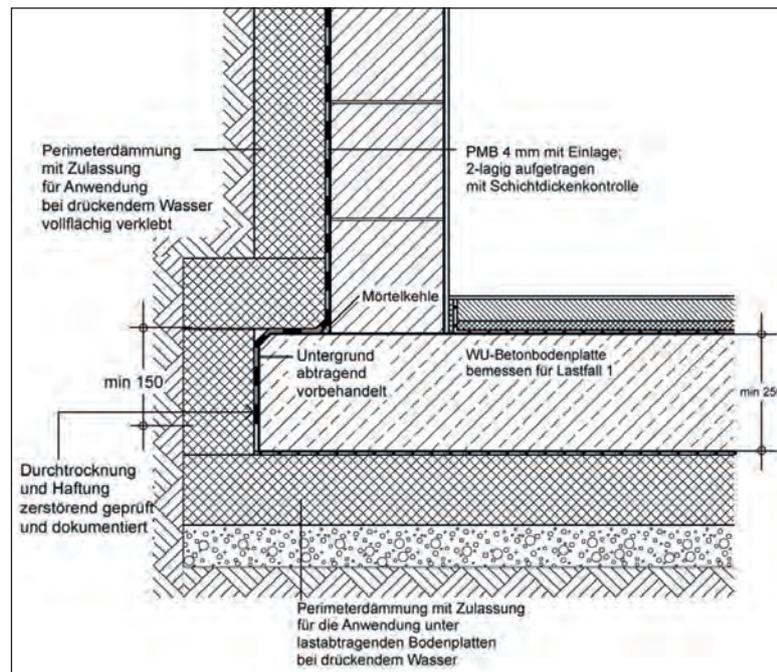
Die Baugrubenverfüllung darf in keinem Fall unmittelbar gegen die PMB erfolgen. Perimeterdämmplatten oder Dränschichten sind übliche Schutzschichten (zu weiteren Einzelheiten der Abdichtungs- und Dränmaßnahmen siehe das DGfM-Merkblatt [11]).

Vor dem Verfüllen des Arbeitsraums muss weiter sichergestellt werden, dass die Kellerwand den seitlich auf sie einwirkenden Erddruck auch schon aufnehmen kann. Aussteifende Querwände und die Kellerdecke – ggf. auch weitere Geschosse – müssen häufig eingebaut sein, bevor verfüllt und verdichtet werden kann.

Der weitere Aufwand zur Ausführung der PMB hängt davon ab, ob nur Bodenfeuchtigkeit und nichtstauendes Sickerwasser zu erwarten ist oder ob die Abdichtung durch drückendes Stauwasser beansprucht werden kann.



**Bild 13.2-1:** Untergeschossabdichtung bei Bodenfeuchtigkeit



**Bild 13.2-2:** Untergeschossabdichtung bei Stauwasser

### 13.2.2 PMB bei Bodenfeuchtigkeit

Vom ersten, geringeren Beanspruchungsfall ist auszugehen, wenn gut wasserdurchlässiger Baugrund (z. B. Kies oder Sand) ansteht oder aber das Gebäude gedränt werden soll. Dann muss die PMB in zwei Arbeitsgängen so dick aufgetragen werden, dass im durchgetrockneten Zustand eine Mindestschichtdicke von 3 mm erreicht wird. Die Hersteller geben den Schichtdickenverlust beim Durchtrocknen bzw. die erforderliche Nassschichtdicke an und stellen Nassschichtdicken-Messlehren zur Verfügung, so dass der ausreichende Auftrag einfach kontrollierbar ist – es reicht nämlich nicht aus, sich ausschließlich nach der Verbrauchsmenge pro m<sup>2</sup> zu richten.

### 13.2.3 PMB bei drückendem Stauwasser

Steht wenig wasserdurchlässiger Baugrund (z. B. Ton, Lehm oder Schluff) an und soll oder kann nicht gedränt werden, so ist vor den Kellerwänden mit Stauwasser zu rechnen. *Dann sind ein erhöhter Aufwand und besondere Sorgfalt beim Abdichten nötig.* Abdichtungsfehler führen nämlich bei Stauwasser zu wesentlich schwerwiegenderen Schäden als bei Bodenfeuchtigkeit.

- Die ausführenden Handwerker sollten für die Arbeitsschritte bei PMB im Stauwasser besonders ausgebildet sein.

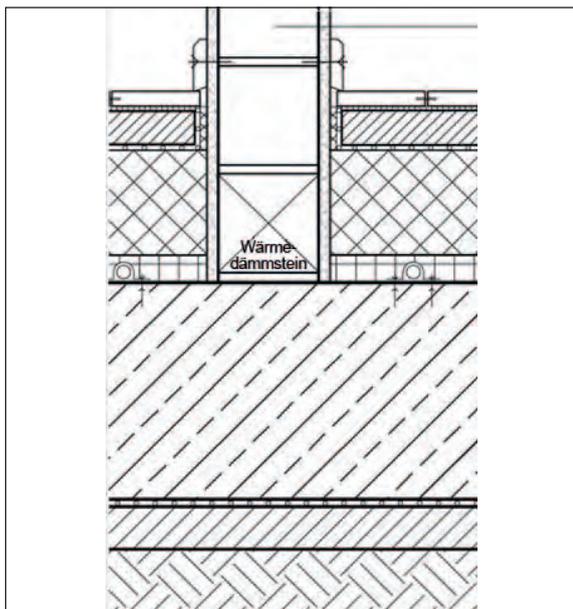
- Die PMB muss in zwei getrennten Arbeitsgängen mit Gewebeeinlage aufgetragen werden.
- Die Gesamt-Trockenschichtdicke muss mindestens 4 mm betragen.
- Es müssen systematisch Nassschicht – Dickenkontrollen durchgeführt werden, die zu protokollieren sind (s. Formblätter der PMB-Hersteller).

*Achtung! Anwendungsbeschränkung!*

Aus Sicherheitsgründen ist nach DIN 18195 Teil 1 [13] und Teil 6 [14] die Anwendung von PMB im Stauwasser nur bei Einbautiefen bis 3 m unter OK Gelände und Höhenlagen von mindestens 30 cm über dem Bemessungsgrundwasserstand zulässig.

### 13.3 Querschnittsabdichtung

Umfang und Art des Abdichtungsaufwands in der Aufstandsuge des Mauerwerks zum Schutz gegen aufsteigende Feuchtigkeit sind ganz davon abhängig, ob die Bodenplatte als wasserundurchlässiges Bauteil aus Beton mit hohem Wassereindringwiderstand nach der WU-Richtlinie des DAFStb hergestellt wurde oder nicht. Insbesondere bei einer nur geringen Beanspruchung der Bodenplatte aus Bodenfeuchtigkeit – wie sie bei nicht unterkellerten Gebäuden fast immer vorliegt – ist hinsichtlich der Betonqualität, der Bodenplattendicke und des Bewehrungsanteils der Mehraufwand für ein regelgerechtes WU-Betonbauteil nur gering. *Es ist daher zu empfehlen, im Mauerwerksbau WU-Bodenplatten auszuführen. Dann kann im Regelfall in der Aufstandsuge des Mauerwerks die früher übliche Querschnittsabdichtung ganz entfallen.*



**Bild 13.3:** Innenwand auf WU-Bodenplatte ohne Querschnittsabdichtung

Wurde die Bodenplatte ohne besondere wasserundurchlässige Eigenschaften hergestellt, so ist in der Regel unter den Außen- und Innenwänden eine Querschnittsabdichtung einzubauen. Dazu sind genormte Bahnen nach DIN 18195 Teil 4 [15] z. B. Dachdichtungsbahnen G 200 DD oder R 500 zu verwenden. Bahnen mit unterseitiger Klebeschicht sind nicht geeignet – also z. B. Schweißbahnen! Regelgerecht ist es, die Bahn ohne Klebeschicht „trocken“ auf einem Mörtelabgleich zu verlegen.

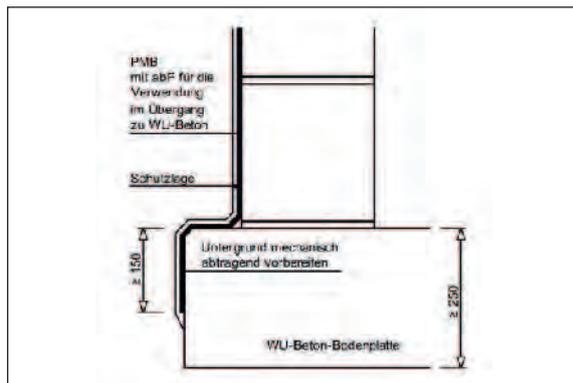
Alternativ kann die Querschnittsabdichtung auch aus rissüberbrückenden, mineralischen Dichtungsschlämmen (MDS) unmittelbar auf dem gesäuberten Betonuntergrund aufgetragen werden. Die Mindesttrockenschichtdicke muss 2 mm betragen, der Auftrag muss in zwei Arbeitsgängen erfolgen. Die Normung der MDS für die Verwendung als Querschnittsabdichtung ist zwar noch nicht vollständig abgeschlossen, die ausdrückliche Auflistung im nationalen Anhang des Eurocode 6 [3] als geeigneter Abdichtungsstoff für seitlich erddruckbelastete Wände spricht dafür, dass die Verwendung von MDS als anerkannte Regel der Bautechnik gelten kann.

### 13.4 Übergang zwischen Wandabdichtung aus PMB und WU-Bodenplatte bei Stauwasser

In Stauwassersituationen muss der Übergang einer Kellerwandabdichtung aus PMB an die wasserundurchlässige Bodenplatte aus Beton dauerhaft druckwasserdicht sein. *Hier ist besondere Sorgfalt erforderlich!*

- Die Bodenplattenstirnseite ist *mechanisch abtragend* vorzubehandeln.
- Die PMB ist mit Gewebeeinlage mindestens 15 cm breit auf die Stirnseite zu führen.
- Die Untergrundvorbehandlung und die Haftung und Schichtdicke der PMB ist auf der Stirnseite zu prüfen und das Prüfergebnis ist zu protokollieren.
- Die Schutzschicht vor der PMB der Kellerwand muss auch den Bodenplattenrand schützen.

(Weitere Einzelheiten: s. Merkblatt der DGfM [11] und DIN 18195 Teil 9 [16])



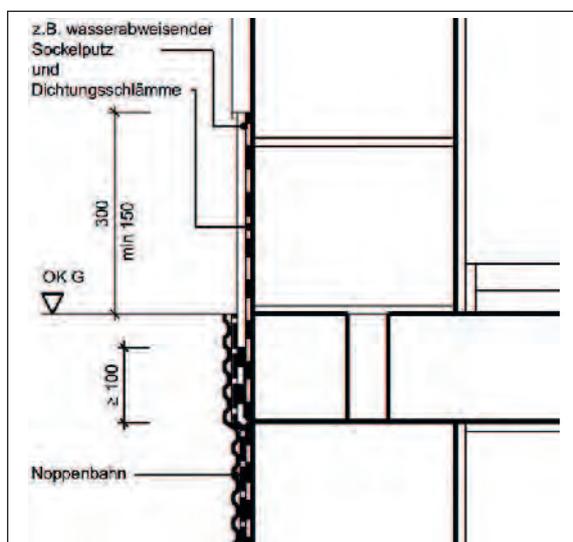
**Bild 13.4:** Übergang zwischen PMB und WU-Bodenplatte im Stauwasser

### 13.5 Feuchteschutz im Sockelbereich

Grundsätzlich soll die Kellerwandabdichtung am Außenwandsockel bis über die Spritzwasserzone weitergeführt werden. Das Richtmaß beträgt dazu 30 cm – mindestens aber 15 cm. Der obere Abdichtungsanschluss darf nicht von Wasser hinterlaufen werden, das an der Fassade herab rinnt.

Bei aufgehenden Mauerwerkswänden mit hinterlüfteten Bekleidungen sind diese Anforderungen einfach realisierbar.

Im verputzten Mauerwerksbau ist im Sockelbereich ein wasserabweisender Putz zu verwenden, die PMB endet dann knapp unter Geländeoberfläche. Am Übergang zwischen Putz und PMB ist ein Streifen aus flexibler MDS aufzutragen. Der Putz ist an der Geländeoberfläche vor unmittelbarem Erdkontakt zu schützen, indem z. B. eine Noppenbahn eingebaut wird, Bild 13-5.



**Bild 13-5:** Sockelabdichtung bei verputztem Außenmauerwerk

Bei Mauerwerk mit Verblendschalen – in der Regel als Kerndämmmauerwerk – ist im Sockelbereich nicht kapillar saugendes Mauerwerk zu verwenden oder im Spritzwasserbereich die äußere Schale mit einem wasserabweisenden Putz oder einer MDS zu versehen. Die Fußpunktabdichtung kann oberhalb oder unterhalb Gelände liegen.

Zu sonstigen Details z. B. Rohrdurchführungen (Durchdringungen); Lichtschächte etc. s. DGfM-Merkblatt „Abdichtung von erdberührtem Mauerwerk“ [11].

## 14 Eignung des Mauerwerks für Oberflächenschichten

Bereits bei der Wahl des Mauerwerks und bei der Art des Vermauerns muss berücksichtigt werden, welche weiteren Schichten auf die Oberfläche aufgebracht werden sollen. Dies betrifft insbesondere die Festigkeit und die Oberflächenbeschaffenheit des Mauerwerks.

### 14.1 Festigkeit

Insbesondere bei Fassadenbekleidungen muss die Festigkeit des Mauerwerks auf die zu erwartenden Lasten, die Art der Unterkonstruktion und die Bemessung der Verankerungselemente abgestimmt sein. Es ist Aufgabe der Planung, ein geeignetes Mauerwerk auszuwählen.

### 14.2 Ebenheit

Herstellungsbedingt weisen Mauersteine Maßtoleranzen auf, deren Größe vom Steinmaterial und der Toleranzklasse abhängt. Einzelheiten dazu sind den Normen der Reihe DIN EN 771 mit den zugehörigen Anwendungsnormen DIN V 20000-401 bis -404 zu entnehmen. Hinsichtlich der Eignung des Mauerwerks für die geplante Oberflächenschicht sind bei Ein-Stein-dickem Mauerwerk vor allem die zulässigen **Breitentoleranzen** von Bedeutung.

#### 14.2.1 Anforderungen der Oberflächenschichten an die Ebenheit des Mauerwerks

Den zulässigen Toleranzen für das Mauerwerk stehen die Anforderungen der Oberflächenschicht an die Ebenheit des Untergrunds gegenüber.

Bei *Dünnlagenputzen* (DLP) müssen die mittlere Dicke  $\geq 5$  mm, die Mindestdicke an einzelnen Stellen 3 mm betragen. Daraus ergibt sich ein maximal möglicher Toleranzausgleich von  $\pm 2$  mm ohne zusätzliche Ausgleichsschichten.

Bei *Innen- und Außenputzen* (*Normal-, Leichtputz; NP, LP*) darf die Mindestdicke in der Regel von der mittleren Dicke max. 5 mm abweichen. Es ist davon auszugehen, dass auch die maximale Putzdicke nicht mehr als 5 mm von der mittleren Dicke abweichen sollte. Daraus ergeben sich entsprechende zulässige Toleranzmaße der Mauerwerksoberfläche von  $\pm 5$  mm.

Unter Bezug auf die in den Mauersteinnormen angegebenen Toleranzklassen (T) sind für NP, DLP und LP folgende T-Klassen anwendbar

- (1) Mauerziegel – DIN EN 771-1, DIN V 200000 –401  
NP, LP: T2; DLP: Tm =  $\pm 2$  mm
- (2) Kalksandsteine – DIN EN 771-2, DIN V 20000-402  
NP, LP: T1 bis T3; DLP: Tm =  $\pm 2$  mm
- (3) Betonsteine – DIN EN 771-3, DIN V 20000-403  
NP, LP: D1 bis D4; DLP: Gesonderte Toleranzangabe:  $\pm 2$  mm
- (4) Porenbetonsteine – DIN EN 771-4, DIN V 20000-404  
NP, LP: alle T-Klassen; DLP: TLMA, TLMB

Beim *Aufbringen von Dämmschichten*, z. B. bei Wärmedämmverbundsystemen, können Ebenheitstoleranzen bis 10 mm durch den Kleberauftrag ausgeglichen werden. DIN 55699 (Wärmedämmverbundsysteme) [25] lässt vereinzelt auch durch den Kleberauftrag Dickentoleranzen bis 20 mm zu.

Ähnliches gilt für Wärmedämmschichten im Schalenraum von Kerndämmmauerwerk.

Bei *hinterlüfteten Außenbekleidungen* muss das Mauerwerk so eben sein, dass die Wärmedämmschicht nicht hinterströmt werden kann. Auch hier sind demnach größere Toleranzen durch Klebeschichten auf der Dämmplattenrückseite so auszugleichen, dass es nicht zum Hinterströmen kommt.

#### 14.2.2 Praxistipps

- Wird die Oberfläche mit *Dämmschichten* bekleidet, so braucht bei der Wahl des Mauerwerks nicht auf eine besondere Maßhaltigkeitsklasse (Toleranzklasse) geachtet zu werden, da selbst im ungünstigsten Fall Ebenheitstoleranzen ausgeglichen werden können.
- Bei *Normal- und Leichtputz* sind bei beidseitig verputztem Ziegelmauerwerk ggf. zusätzliche Ausgleichsschichten erforderlich.
- *Dünnlagenputze* sind bei einseitig geputzten und auf der Putzseite oberflächenbündig gemauerten Wänden möglich. Bei zweiseitig geputzten Wänden müssen die Mauersteine der in 14.2.1 angegebenen Toleranzklasse entsprechen. Porenbetonmauerwerk und Kalksandsteine aus gleicher Produktion erfüllen die Toleranzanforderungen. Ggf. sind Mehrdicken des Dünnlagenputzes einzukalkulieren. Wegen der höheren Rissanfälligkeit sollte besser auf Dünnlagenputze verzichtet werden.
- Der Unternehmer muss daher bei dünnschichtig verputztem Mauerwerk grundsätzlich genauer arbeiten, als dies DIN 18202 [17] fordert. Im Allgemeinen können auf der bündigen Seite an der Mauerwerksoberfläche bei kurzem Messpunktabstand die Anforderungen an flächenfertige Wandoberfläche (3 mm bei 100 mm Messpunktabstand) problemlos realisiert werden.

*Aus dem Dargestellten ergibt sich, dass der Planer entsprechend genaue Angaben dem Rohbauer zur Verfügung stellen muss – andererseits der Rohbauer sich Kenntnis über die Art der Oberflächenschicht verschaffen muss, um anschließend entscheiden zu können, welche Maßhaltigkeit das gelieferte Mauerwerk besitzen muss.*

#### 14.3 Weitere Anforderungen an den Putzgrund

Darüber hinaus muss der Putzgrund trocken, eben, staubfrei und frei von losen Bestandteilen sein. Die Eignung des Putzgrundes ist vor dem Putzauftrag zu prüfen, ggf. zu beanstanden.

Weitere Putzgrundanforderungen bei Dünnlagenputz sind: Entfernen von überstehenden Fugenmörtel, Betonnasen; Schließen von Steinausbrüchen, eingezogenen Fugen, Schlitzten.

Soll der Dünnlagenputz ohne Tapete, also nur mit Anstrich, ausgeführt werden, so lassen sich Haarrisse nicht sicher vermeiden. Empfohlen wird, den Putz (ohne Tapete) in 2 Lagen aufzutragen. Welche Oberflächenbeschaffenheit gewünscht wird, muss bei der Planung angegeben werden, s. auch 4 Qualitätsstufen, DIN V 18550, Anhang B [6].

## 15 Wärmeschutz, wichtige Konstruktions- und Ausführungsdetails

### 15.1 Einschalige, beidseitig verputzte Mauerwerksaußenwände

Für einschalige verputzte Mauerwerksaußenwände werden hochwärmedämmende Steine -Leichtlochziegel, Leichtbeton- oder Porenbetonsteine verwendet. Die guten Wärmeschutzigenschaften werden nur erreicht, wenn sowohl beim Vermauern, als auch bei der Ausführung der Anschlussdetails sorgfältig gearbeitet wird.

*Werden Mauersteine nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung verwendet, muss mit dem in der Zulassung angegeben Mauerwerk und mit der vorgesehenen Fugendicke aufgemauert werden.*

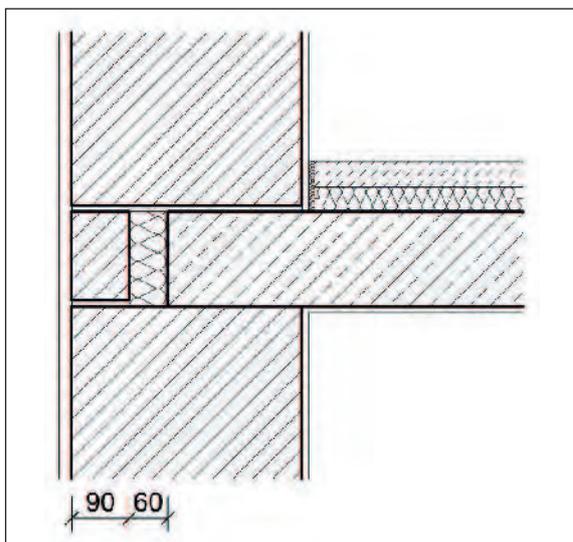
In Bild 15.1-2 zeichnen sich die Mörtelfugen in der Thermografieaufnahme deutlich ab – das Mauerwerk wurde mit Normalmörtel anstelle Leichtmörtel ausgeführt. Die Lagerfugen sind wesentlich dicker als nach Norm.

Bei hohem Wärmeschutz sind die Anschlussdetails wie: Mauerfuß auf der Bodenplatte oder Kellerdecke, Geschossdeckenaufleger, Attika, Fenstersturz, Ringbalken, Fensterleibung, von großer Bedeutung. Je nach verwendetem Nachweisverfahren zur Energieeinsparverordnung und dem vertraglich vereinbarten Wärmeschutzstandard müssen Grundregeln eingehalten werden oder aber es muss genau nach den Detailvorgaben des Planers gearbeitet werden.

Bei der Planung sind die Wärmebrückenkataloge der Mauersteinhersteller zu berücksichtigen.

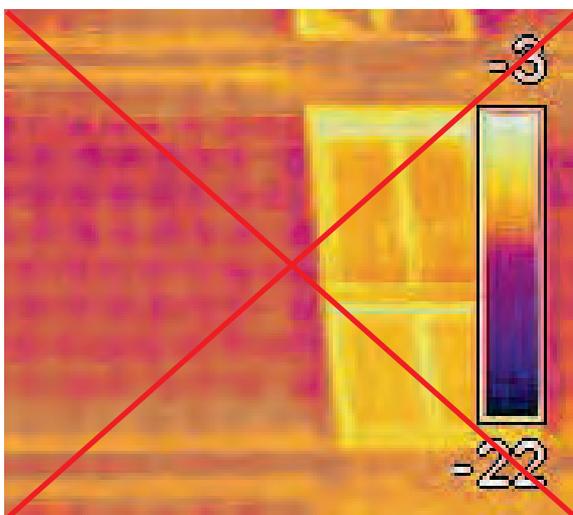
*Fehlen Angaben zur Detailausbildung, so sind sie bei den Planern anzufordern.* Als Standard können überwiegend die Regeldetails des Beiblatts 2 zu DIN 4108 [26] gelten. So ist z. B. das Deckenaufleger – wenn nichts anderes durch die Statik vorgegeben – so auszubilden, dass an der Deckenstirnseite eine mindestens 60 mm dicke Dämmung und eine mindestens 90 mm breite äußere Abmauerung vorhanden sind, Bild 15.1-1.

#### ► Richtige Ausführung



**Bild 15.1-1:** Auflagerdetail Außenwand – Geschossdecke nach DIN 4108, Beiblatt 2: Mindestdicke der Stirnseitendämmung und Mindestabstand zur Außenoberfläche

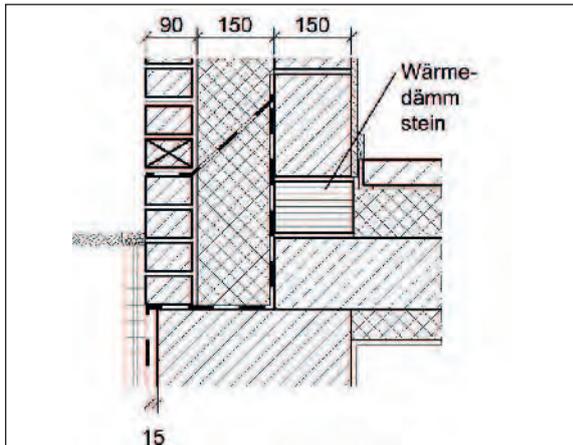
#### ► Falsche Ausführung



**Bild 15.1-2:** Die Thermografie zeigt die starke Wärmeleitung des Normalmörtels

## 15.2 Außenseitig wärmegeädmmtes Mauerwerk

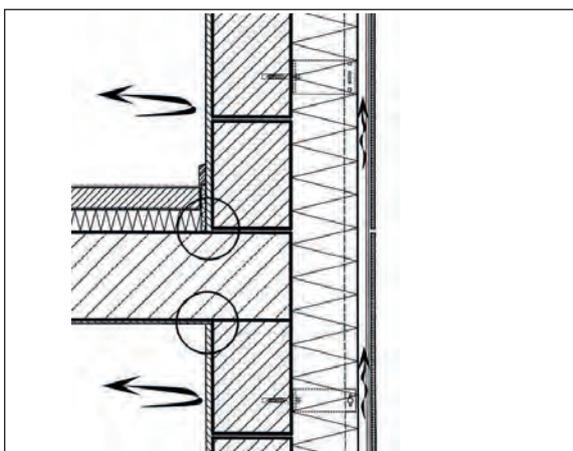
Bei außenseitig wärmegeädmmtem Mauerwerk (z. B. zweischaligem Verblendmauerwerk; Mauerwerk mit WDVS) ist die Gefahr von Wärmebrücken in der Außenwand deutlich reduziert. Bei der Rohbauerrichtung ist zur Wärmebrückenvermeidung besonders die Mauerfußdämmung von Außen- und Innenwänden auf Decken über unbeheizten Keller- oder gar Tiefgaragengeschossen, s. Bild 15.2-1, von Bedeutung, da an diesen Stellen Wärmeschutzmängel schwer korrigierbar sind. Auch hier gilt grundsätzlich ebenfalls, dass die Angaben der Planer maßgeblich sind. Beim Fehlen der Mauerfußdämmungen in den Plänen sind Bedenkenhinweise nötig.



**Bild 15.2-1:** Mauerfußdämmung der Innenschale über einer Tiefgarage

## 15.3 Mauerwerk mit hinterlüfteten Bekleidungen

Mauerwerk mit hinterlüfteten Außenbekleidungen weist in der Regel Dämmschichten im Belüftungshohlraum auf. Bei diesen Konstruktionen ist auf die Vermeidung von konvektiven Wärmebrücken in der Innenschale zu achten. Da selbst bei höchster Sorgfalt die Lagerfugen nicht völlig hohlraumfrei sind und die Stoßfugen sogar meist planmäßig unvermörtelt bleiben, ist der innere Wandquerschnitt alleine nicht luftdicht. Es ist daher mindestens ein Innennassputz vorzusehen. Besser ist ein zusätzlicher Fugenglattstrich an der Außenseite der inneren Wandschale vor dem Aufbringen der Wärmedämmung. Angesichts der heute üblichen hohen Luftdichtheitsanforderungen ist besonders auf den luftdichten Anschluss im Geschossdeckenbereich in Höhe des schwimmenden Estrichs zu achten (s. Bild 15.3-1).



**Bild 15.3-1:** Kritische Stellen für Luftundichtheit im Bereich der Geschossdecke bei hinterlüfteter Fassade

## 16 Merkliste für die Zusammenarbeit zwischen Planer und Ausführenden

In den vorangehenden Praxistipps wurde immer wieder darauf hingewiesen, dass in vielen Bereichen eine Abstimmung zwischen Planer und Ausführenden erforderlich ist, um einen langlebigen, optimal nutzbaren Mauerwerksbau zu erzielen. Die wichtigsten Punkte sind hier nochmals knapp zusammengefasst:

### (1) Allgemeines

- *Soll Mauerwerk verwendet werden, das über eine bauaufsichtliche Zulassung geregelt ist?*  
Wenn ja, sind die Zulassungen anzufordern und auf der Baustelle auszulegen und es ist nach den Zulassungen zu arbeiten (z. B. hinsichtlich der verwendeten Mörtel).
- *Soll beim Gebäude Dünnlagenputz verwendet werden?*  
Wenn ja, muss das Mauerwerksmaterial dafür geeignet sein (zulässige Ebenheitstoleranzen) und die abgeschnürte Seite des Mauerwerks muss sich nach der Lage des Dünnlagenputzes richten.

### (2) Abdichtung

- *Muss mit Stauwasser gerechnet werden?*  
Wenn ja, ist eine aufwändigere Abdichtung erforderlich (s. Abschn. 13).
- *Ist die Bodenplatte als wasserundurchlässiges Bauteil aus WU-Beton konzipiert?*  
Wenn ja, ist nicht zwingend eine Querschnittsabdichtung erforderlich (s. Abschn. 13.3).

### (3) Wärmeschutz

- *Ist der Wärmeschutzstandard sehr hoch?*  
Dann reichen die Standarddetails nach Beiblatt 2, DIN 4108, ggf. nicht aus. Hier ist also hinsichtlich der Wahl des Mörtels, der Gestaltung der Deckenaufleger, der Rollladenkästen etc. unbedingt eine Abstimmung mit dem Planer erforderlich. Er muss die entsprechenden Detailangaben liefern. Als Hilfsmittel dazu sind die Wärmebrückenkataloge und Ausführungsdetails der Hersteller zu verwenden.

### (4) Luftdichtheit

- *Soll das tragende Mauerwerk Luftdichtheitsfunktionen erfüllen, z. B. bei hinterlüfteten Fassaden und innenseitigem Trockenputz?*  
Dann sind entsprechende zusätzliche Maßnahmen an der Mauerwerksoberfläche (z. B. Rappputz auf der Außenseite) erforderlich. An Mauerkronen sind Lochsteine zu deckeln, d. h., die Lochungen sind oberseitig zu schließen.

### (5) Schallschutzanforderungen

- *Welche Schallschutzanforderungen sind zu erfüllen?*  
Ggf. ist erhöhte Sorgfalt – vor allem bei Haustrennwandfugen – erforderlich. Auch die Anschlüsse von Wohnungstrennwänden mit Schallschutzanforderungen sind gesondert zu gestalten. Hier sind ebenfalls Hinweise der Planer erforderlich.

### (6) Optisches Erscheinungsbild

- *Sollen die Wandoberflächen der Räume untapeziert einem hohen optischen Anspruch gerecht werden?*  
Wenn ja, sind bei der Konzeption des Gebäudes und beim Aufwand für das Verputzen erhöhte Sorgfalt erforderlich

## Literatur:

- [1] DIN 1053-1:1996-11; Mauerwerk – Teil 1: Berechnung und Ausführung
- [2] DIN EN 1996-1-1/NA:2012-05; Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk
- [3] DIN EN 1996-2/NA:2012-01; Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 2: Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk
- [4] DIN EN 845-1:2008-06; Festlegungen für Ergänzungsbauteile für Mauerwerk – Teil 1: Maueranker, Zugbänder, Auflager und Konsolen; Deutsche Fassung EN 845-1:2003+A1:2008
- [5] DIN EN 998-1:2010-12; Festlegungen für Mörtel im Mauerwerksbau – Teil 1: Putzmörtel; Deutsche Fassung EN 998-1:2010
- [6] DIN V 18550:2005-04; Putz und Putzsysteme – Ausführung
- [7] DIN 18540:2006-12; Abdichten von Außenwandfugen im Hochbau mit Fugendichtstoffen
- [8] DIN 4108-10:2008-06; Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe – Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe
- [9] DIN EN 1992-1-1:2011-01; Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetongtragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010
- [10] DIN 18530:1987-03; Massive Deckenkonstruktionen für Dächer; Planung und Ausführung
- [11] Merkblatt „Abdichtung von erdberührtem Mauerwerk“, 2. Auflage Mai 2013. Deutsche Gesellschaft für Mauerwerksbau e.V., Berlin
- [12] Merkblatt „Der Keller aus Mauerwerk“, 3. Auflage Mai 2005. Deutsche Gesellschaft für Mauerwerksbau e.V., Berlin
- [13] DIN 18195-1:2011-12; Bauwerksabdichtungen – Teil 1: Grundsätze, Definitionen, Zuordnung der Abdichtungsarten
- [14] DIN 18195-6:2011-12; Bauwerksabdichtungen – Teil 6: Abdichtungen gegen von außen drückendes Wasser und aufstauendes Sickerwasser, Bemessung und Ausführung
- [15] DIN 18195-4:2011-12; Bauwerksabdichtungen – Teil 4: Abdichtungen gegen Bodenfeuchte (Kapillarwasser, Haftwasser) und nichtstauendes Sickerwasser an Bodenplatten und Wänden, Bemessung und Ausführung
- [16] DIN 18195-9:2010-05; Bauwerksabdichtungen – Teil 9: Durchdringungen, Übergänge, An- und Abschlüsse
- [17] DIN 18202:2013-04; Toleranzen im Hochbau – Bauwerke
- [18] Oswald, R.; Abel, R.: Hinzunehmende Uregelmäßigkeiten bei Gebäuden, 3. Auflage 2005; Vieweg Verlag, Wiesbaden
- [19] DIN 105-100: 2012-01; Mauerziegel – Teil 100: Mauerziegel mit besonderen Eigenschaften

- [20] DIN V 106:2005-10; Kalksandsteine mit besonderen Eigenschaften
- [21] DIN V 4165-100:2005-10; Porenbetonsteine – Teil 100: Plansteine und Planelemente mit besonderen Eigenschaften
- [22] DIN V 18151-100:2005-10; Hohlblöcke aus Leichtbeton – Teil 100: Hohlblöcke mit besonderen Eigenschaften
- [23] DIN V 18152-100:2005-10; Vollsteine und Vollblöcke aus Leichtbeton – Teil 100: Vollsteine und Vollblöcke mit besonderen Eigenschaften
- [24] DIN V 18153-100:2005-10; Mauersteine aus Beton (Normalbeton) – Teil 100: Mauersteine mit besonderen Eigenschaften
- [25] DIN 55699:2005-02; Verarbeitung von Wärmedämm-Verbundsystemen
- [26] DIN 4108 Beiblatt 2:2006-03; Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele
- [27] Merkblatt „Schlitze und Aussparungen“, 2002. Deutsche Gesellschaft für Mauerwerksbau e.V., Berlin
- [28] Merkblatt „Schallschutz nach DIN 4109“, 1. Auflage 2006. Deutsche Gesellschaft für Mauerwerksbau e.V., Berlin
- [29] Schubert, P.: Ausführung von Mauerwerk. In: Mauerwerksbau – Praxis, 2. Auflage 2009; Schubert, P.; Schneider, K.-J.; Schoch, T. (Hrsg.), Bauwerk Verlag, Berlin
- [30] Schubert, P.; Meyer, G.: Dünnbettmauerwerk aus Plansteinen, Planelementen – Sachgerechte, qualitätssichernde Ausführung; Teil 1: Mauerwerk aus bindemittelgebundenen Steinen – Kalksandsteine (KS), Porenbetonsteine (P), Leichtbeton- (LB) und Betonsteine (B). Mauerwerk 9 (2005), Nr. 2, S. 51- 56
- [31] Schubert, P.; Reis, J.: Ausführung von Mauerwerk – so nicht. Mauerwerk 11 (2007), Nr. 4, S. 218-221
- [32] Schubert, P.: Praxistipps zur Ausführung von Mauerwerk. Mauerwerk 11 (2007), Nr. 5, S. 287-290
- [33] Schubert, P.; Meyer, U.: Ausführung von Planziegel-Mauerwerk mit Dünnbettmörtel. Mauerwerk 10 (2006), Nr.5, S. 190-195
- [34] Schubert, P.: Mauerwerk – Risse und Ausführungsmängel vermeiden und instandsetzen. 2., erweiterte Auflage, 2004, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart
- [35] Schubert, P.: Zweischalige Außenwände aus Mauerwerk. In: Mauerwerksbau aktuell 2013, Schneider/Sahner/Rast/(Hrsg.). Bauwerk Verlag, Berlin









