

HEBEL Handbuch

# Wirtschaftsbau



# HEBEL Handbuch Wirtschaftsbau

Eine technische Information, herausgegeben von der Xella Aircrete Systems GmbH, Duisburg.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jegliche Verwendung – auch von Teilen – ist nur mit Erlaubnis der Xella Aircrete Systems GmbH gestattet.

Mehr zu unseren Produkten und ihren Eigenschaften unter [www.hebel.de](http://www.hebel.de). Dort finden Sie auch eine PDF-Version dieses Handbuchs, die unabhängig von der gedruckten Ausgabe ständig aktualisiert wird.

Wir beraten in unseren Druckschriften nach bestem Wissen und nach dem zum Zeitpunkt der Drucklegung neuesten Stand der Porenbeton-Anwendungstechnik.

Die Angaben sind nicht rechtsverbindlich, da die Verwendung von Bauteilen aus Porenbeton DIN-Vorschriften bzw. Zulassungsbescheiden unterliegt, die Änderungen unterworfen sind. Statische Nachweise sind im Einzelfall zu erbringen.

13. Auflage, Juli 2010

Änderungen bleiben vorbehalten.



# HEBEL Montagebauteile von Xella Aircrete Systems

Xella International GmbH ist eines der größten europäischen Baustoffunternehmen und der weltweit führende Hersteller von Porenbeton und Kalksandstein.

Eine der bekannten Produktmarken, die unter dem Dach von XELLA bestehen, ist HEBEL. Großformatige Montagebauteile aus Porenbeton dieser Marke werden vom Unternehmensbereich Xella Aircrete Systems europaweit produziert und vertrieben.

HEBEL Montagebauteile sind bei der Errichtung von industriellen Großobjekten wie Logistikzentren oder Produktionshallen erste Wahl. Denn vor allem dort, wo es auf Sicherheit und Wirtschaftlichkeit ankommt, zeigen sich die Vorteile von modularer Bauweise und herausragender Brandsicherheit.

## Know-how rund um den Porenbeton

Wir arbeiten seit jeher eng mit Planern, Projektentwicklern, Bauherren und Investoren zusammen, denen wir unser Wissen zur Verfügung stellen.

Das geschieht unter anderem in Form dieses HEBEL Handbuchs, das nunmehr in der dreizehnten Auflage vorliegt und jahrzehntelang bewährtes Know-how im Wirtschaftsbaubau für Ihre tägliche Arbeit zur Verfügung stellt.

## Xella International GmbH

# xella

### Baustoffe

Xella Deutschland GmbH

Kalksandstein   Porenbeton   Dämmstoffe

**silka**

**YTONG**

**YTONG**  
multipor

Xella Aircrete Systems GmbH

Montagebauteile  
und Panels  
aus Porenbeton

**hebel**

### Trockenbau- Systeme

Fermacell GmbH

**fermacell**  
AESTUVER

**fermacell**

### Rohstoffe

Fels-Werke GmbH

**Fels**



<b>1. HEBEL Porenbeton</b>	<b>1</b>
<b>2. Das HEBEL Bausystem und seine Verarbeitung</b>	<b>2</b>
<b>3. Folgearbeiten</b>	<b>3</b>
<b>4. Statik</b>	<b>4</b>
<b>5. Bauphysik</b>	<b>5</b>
<b>6. Wirtschaftlichkeit</b>	<b>6</b>
<b>Konstruktionsdetails</b>	<b>K</b>
<b>Anhang: Verarbeitungshinweise</b>	<b>V</b>
<b>Anhang: Normen und Zulassungen</b>	<b>N</b>
<b>Index</b>	<b>I</b>

# 1. HEBEL Porenbeton

<b>1.1 Ein universeller Baustoff</b> .....	14
<b>1.2 Herstellung</b> .....	15
<b>1.3 Qualitätssicherung</b> .....	17
<b>1.4 Umweltverträglichkeit</b> .....	18

# 2. Das HEBEL Bausystem und seine Verarbeitung

<b>2.1 Das HEBEL Bausystem</b> .....	22
2.1.1 Ein umfassendes System .....	22
2.1.2 Verarbeitungsvorteile des HEBEL Bausystems .....	24
<b>2.2 HEBEL Wandplatten</b> .....	25
2.2.1 Produkt und Anwendung .....	25
2.2.2 Produkt-Kenndaten .....	26
2.2.3 Formate .....	27
2.2.4 Montage .....	28
<b>2.3 HEBEL Brandwandplatten</b> .....	30
<b>2.4 HEBEL Komplextrennwandplatten</b> .....	33
<b>2.5 HEBEL Dachplatten</b> .....	34
2.5.1 Produkt und Anwendung .....	34
2.5.2 Produkt-Kenndaten .....	36
2.5.3 Formate .....	36
2.5.4 Montage .....	37
<b>2.6 HEBEL Deckenplatten</b> .....	39
2.6.1 Produkt und Anwendung .....	39
2.6.2 Produkt-Kenndaten .....	39
2.6.3 Formate .....	40
2.6.4 Montage .....	40

# 3. Folgearbeiten

- 3.1 Wandabdichtungen** ..... 44
- 3.2 Verfugungen** ..... 44
  - 3.2.1 Kleber und Fugenfüller ..... 44
  - 3.2.2 Elementkleber ..... 45
  - 3.2.3 Plastoelastische Fugenmasse ..... 46
  - 3.2.4 Horizontale Fugen zwischen Bauteilen ..... 47
  - 3.2.5 Vertikale Fugen zwischen Bauteilen ..... 47
  - 3.2.6 Konstruktiv bedingte Fugen zwischen Bauteilen ..... 48
  - 3.2.7 Anschluss- und Bewegungsfugen ..... 48
  - 3.2.8 Sonderfälle ..... 48
- 3.3 Außenbeschichtung** ..... 49
  - 3.3.1 Silikon-Außenbeschichtung ..... 50
  - 3.3.2 Silikat-Außenbeschichtung ..... 51
  - 3.3.3 Acryl-Außenbeschichtung ..... 52
  - 3.3.4 Renovierung von Außenbeschichtungssystemen ..... 53
- 3.4 Fassadenbekleidungen** ..... 54
- 3.5 Dachabdichtung** ..... 55
- 3.6 Innenbeschichtung** ..... 56
- 3.7 Abgehängte Decken** ..... 56
- 3.8 Befestigungen** ..... 57
  - 3.8.1 Grundlagen ..... 57
  - 3.8.2 Dübel mit Zulassung ..... 57
  - 3.8.3 Befestigungsmittel ohne Zulassung ..... 57
  - 3.8.4 Sonderfälle ..... 58
  - 3.8.5 Weitere Informationen und Quellen ..... 58

## 4. Statik

<b>4.1 HEBEL Wandplatten</b> .....	62
4.1.1 Materialkennwerte .....	62
4.1.2 Lastannahmen für Windbeanspruchung .....	63
4.1.3 HEBEL Wandplatten, liegend angeordnet. Mögliche Abmessungen .....	69
4.1.4 Erläuterungen zur Bemessung von Wandplatten .....	69
4.1.5 HEBEL Wandplatten als Sturzwandplatten und als Brüstungswandplatten ..	71
4.1.6 HEBEL Wandplatten, stehend angeordnet. Mögliche Abmessungen .....	71
4.1.7 Verankerungsmittel .....	72
4.1.8 Haltekonstruktionen .....	75
4.1.9 Korrosionsschutz für Verankerungsmittel und Haltekonstruktionen .....	77
<b>4.2 HEBEL Brand- und Komplextrennwandplatten</b> .....	79
<b>4.3 HEBEL Dachplatten</b> .....	80
4.3.1 Materialkennwerte .....	80
4.3.2 Lastannahmen für Verkehrslasten .....	80
4.3.3 Lastannahmen für Windbeanspruchung .....	80
4.3.4 Lastannahmen für Schneebelastung .....	85
4.3.5 Maximale Stützweiten .....	89
4.3.6 Auflager HEBEL Dachplatten .....	90
4.3.7 Auskragungen .....	91
4.3.8 Aussparungen und Auswechselungen bei HEBEL Dachplatten .....	91
4.3.9 Dachscheiben .....	91
<b>4.4 HEBEL Deckenplatten</b> .....	94
4.4.1 Produkt-Kenndaten .....	94
4.4.2 Bewehrung .....	94
4.4.3 Maximale Stützweiten .....	94
4.4.4 Auflager HEBEL Deckenplatten .....	95
4.4.5 Aussparungen und Auswechselungen bei HEBEL Deckenplatten .....	95
<b>4.5 Verformungseigenschaften von HEBEL Porenbeton</b> .....	97
<b>4.6 Teilsicherheitsbeiwerte</b> .....	98

# 5. Bauphysik

<b>5.1 Wärmeschutz</b>	100
5.1.1 Wärmeleitfähigkeit $\lambda$	100
5.1.2 Bemessungswert des Wärmedurchlasswiderstands R	101
5.1.3 Wärmeübergangswiderstand nach DIN EN ISO 6946	102
5.1.4 Wärmedurchgangswiderstand $R_T$	103
5.1.5 Wärmedurchgangskoeffizient U	103
5.1.6 Wärmebrücken (Wärmebrückenverluste $\psi$ )	105
<b>5.2 Energieeinsparverordnung</b>	106
5.2.1 Die Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009	106
5.2.2 Die Energieeinsparverordnung bei Nichtwohngebäuden	107
5.2.3 Nachweisverfahren für Nichtwohngebäude nach DIN V 18599	108
5.2.4 Energieausweis	116
5.2.5 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz	119
<b>5.3 Raumklima</b>	120
5.3.1 Sommerlicher Wärmeschutz	121
5.3.2 Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2	122
5.3.3 Einflussfaktoren auf den sommerlichen Wärmeschutz	126
5.3.4 Sommerliches Raumklima	129
<b>5.4 Klimabedingter Feuchteschutz</b>	135
5.4.1 Schlagregenschutz	135
5.4.2 Tauwasserschutz	135
5.4.3 Diffusionsverhalten	136
5.4.4 Wasseraufnahme	145
<b>5.5 Brandschutz</b>	146
5.5.1 Mit Porenbeton Brandsicherheit einbauen	146
5.5.2 Begriffe	147
5.5.3 Einstufung der HEBEL Bauteile nach DIN 4102-4	150
5.5.4 Einstufung der HEBEL Bauteile nach Prüfzeugnissen	151
<b>5.6 Schallschutz</b>	153
5.6.1 Allgemeines zur DIN 4109	153
5.6.2 Definitionen und Bezeichnungen	156
5.6.3 Ermittlung von $R'_{w,R}$ nach DIN 4109 aus der flächenbezogenen Masse der Bauteile	157
5.6.4 Schutz gegen Außenlärm	159
5.6.5 Außenwände	161
5.6.6 Dächer	165
5.6.7 Schallabsorption	165
5.6.8 Schallabstrahlung von Industriebauten	166

## 6. Wirtschaftlichkeit

<b>6.1 Wirtschaftlich, zeitgemäß und ökologisch bauen</b>	180
6.1.1 Kostensparend bauen mit dem HEBEL Bausystem	180
6.1.2 Dachplatten gehören zum System	181
6.1.3 Porenbeton kennt keine Wärmebrücken	181
6.1.4 Glatte Bauteile für glatte Abschlüsse und dichte Übergänge	182
<b>6.2 Wirtschaftlich planen</b>	183
6.2.1 Schnelle und kostengünstige Erstellung von Hallenbauten im Achsraster	183
6.2.2 Tragkonstruktion Stahlbeton	184
6.2.3 Tragkonstruktion Brettschichtholz	185
6.2.4 Tragkonstruktion Stahl	186
6.2.5 Elementgerechte Planung mit HEBEL Wandplatten	187
6.2.6 Modulare Planung mit HEBEL Wandplatten	189
6.2.7 Individuelle Lösungen	193
<b>6.3 Wirtschaftlich bauen</b>	194
6.3.1 Montagegerechte Anlieferung auf der Baustelle	194
6.3.2 Trockenmontage beschleunigt das Arbeitstempo enorm	194
6.3.3 Flexibilität für schnellen Baufortschritt und rasche Nutzung	194
<b>6.4 Wirtschaftlich nutzen</b>	195
6.4.1 Bei einem 30-jährigen Lebenszyklus entfallen 75 % bis 80 % der Gesamtkosten auf die Gebäudenutzung	195
6.4.2 Bauphysikalische Vorteile – in der Summe ein Optimum	195
6.4.3 Humanisierung des Arbeitsplatzes fördert Leistungsbereitschaft	195
<b>6.5 Wirtschaftlich instandhalten, umbauen und umnutzen</b>	196
6.5.1 Nutzungsänderungen erfordern multifunktionale Gebäudehüllen	196

# Konstruktionsdetails

Wichtiger Hinweis zu den Konstruktionsbeispielen .....	198
--	-----

## Konstruktionsbeispiele

### Wandkonstruktionen

Sockelausbildung .....	199
Mittelverankerung .....	200/201
Eckverankerung .....	202/203
Attika-Mittelverankerung .....	204/205
Attika-Eckverankerung .....	206/207
Verankerung zwischen Stützen .....	208
Auflagerkonsole .....	209/210

### Brand- und Komplextrennwandkonstruktionen

Mittelverankerung .....	211
Eckverankerung .....	212
Verankerung zwischen Stützen .....	213
Feuerschutztor .....	214

### Dachkonstruktionen

Mittelverankerung .....	215/216/217
Endverankerung .....	218

<b>Anhang: Verarbeitungshinweise .....</b>	<b>219</b>
--	------------

<b>Anhang: Normen und Zulassungen .....</b>	<b>221</b>
---	------------

<b>Index .....</b>	<b>223</b>
--------------------	------------





## **HEBEL Porenbeton**

- 1.1 Ein universeller Baustoff**
- 1.2 Herstellung**
- 1.3 Qualitätssicherung**
- 1.4 Umweltverträglichkeit**

# 1.1 Ein universeller Baustoff

Bereits seit dem Ende des 19. Jahrhunderts kennt man die grundlegenden Verfahren zur Herstellung von Porenbeton, einem Baustoff aus der Gruppe der Leichtbetone.

Porenbeton vereint optimale Eigenschaften in sich, die sonst nur durch die Kombination verschiedener Materialien zu erreichen sind. Damit wird den unterschiedlichen Anforderungen, die heute an einen Baustoff gestellt werden, auf ideale Weise Rechnung getragen.

Bei verschiedenartigster Verwendung haben alle HEBEL Porenbeton-Produkte eines gemeinsam:

Sie sorgen in jedem mit ihnen errichteten Gebäude unter ökologischen und bauphysischen Gesichtspunkten für ein behagliches Raumklima, weil sie hervorragende Eigenschaften in sich vereinen:

## Höchste Brandsicherheit

- Porenbeton ist ein nicht brennbarer Baustoff der Klasse A1 nach DIN 4102 und DIN EN 13501.
- Bauteile aus Porenbeton können für alle Feuerwiderstandsklassen eingesetzt werden und sind der ideale Baustoff für Brand- und Komplextrennwände.
- Porenbeton bietet weit über den in einschlägigen Normen und Verordnungen geforderten Brandschutz hinaus ein Höchstmaß an Brandsicherheit. Er verhindert z. B. die Brandausbreitung in Lager- oder Produktionsgebäuden und schottet Brandabschnitte und die darin gelagerten Güter wirkungsvoll ab.

## Beste Wärmedämmeigenschaften für einen Massivbaustoff

- Porenbeton erfüllt höchste Anforderungen an den Wärmeschutz.

- Hoch wärmedämmende HEBEL Bauteile besitzen eine weitaus bessere Wärmedämmung als Porenbeton nach DIN 4108, den andere Hersteller produzieren.

## Minimierte Wärmebrücken

- Durch monolithische Bauweise entsteht eine homogene Wärmedämmung im ganzen Gebäude, die wirkungsvoll zur Minimierung von Energieverlusten durch Wärmebrücken beiträgt.

## Luftdichtheit

- Eine luftdichte Gebäudehülle aus massiven Porenbeton-Bauteilen verhindert so genannte „konvektive Wärmebrücken“, die an undichten Stellen der Hülle entstehen und häufig bei nicht massiven Bauweisen auftreten.

## Ausgewogene Wärmespeichereigenschaften

- Die ausgewogene Wärmespeicherfähigkeit des Porenbetons gleicht Temperaturschwankungen aus.

## Hervorragendes Diffusionsverhalten

- Porenbeton ist diffusionsoffen und sorgt für einen ausgewogenen Feuchtigkeitshaushalt im Raum.

## Angenehmes Raumklima

- Das Zusammenspiel von Wärmedämmung, Wärmespeicherung und Diffusionsfähigkeit sorgt für ein angenehmes Raumklima, im Sommer wie im Winter.
- Die ausgewogene Wärmespeicherung der HEBEL Bauteile führt zu einer tageszeitgerechten Tag-Nacht-relevanten Temperaturphasenverschiebung und kann Schwankungen der Außentemperatur erheblich dämpfen.

**Guter Schallschutz**

- Mit Porenbeton werden in vielen Fällen die geltenden Schallschutzanforderungen bereits ohne Zusatzmaßnahmen erfüllt.

**Hohe Schallabsorption**

- HEBEL Porenbeton besitzt aufgrund seiner Oberflächenstruktur im Vergleich zu vollkom-

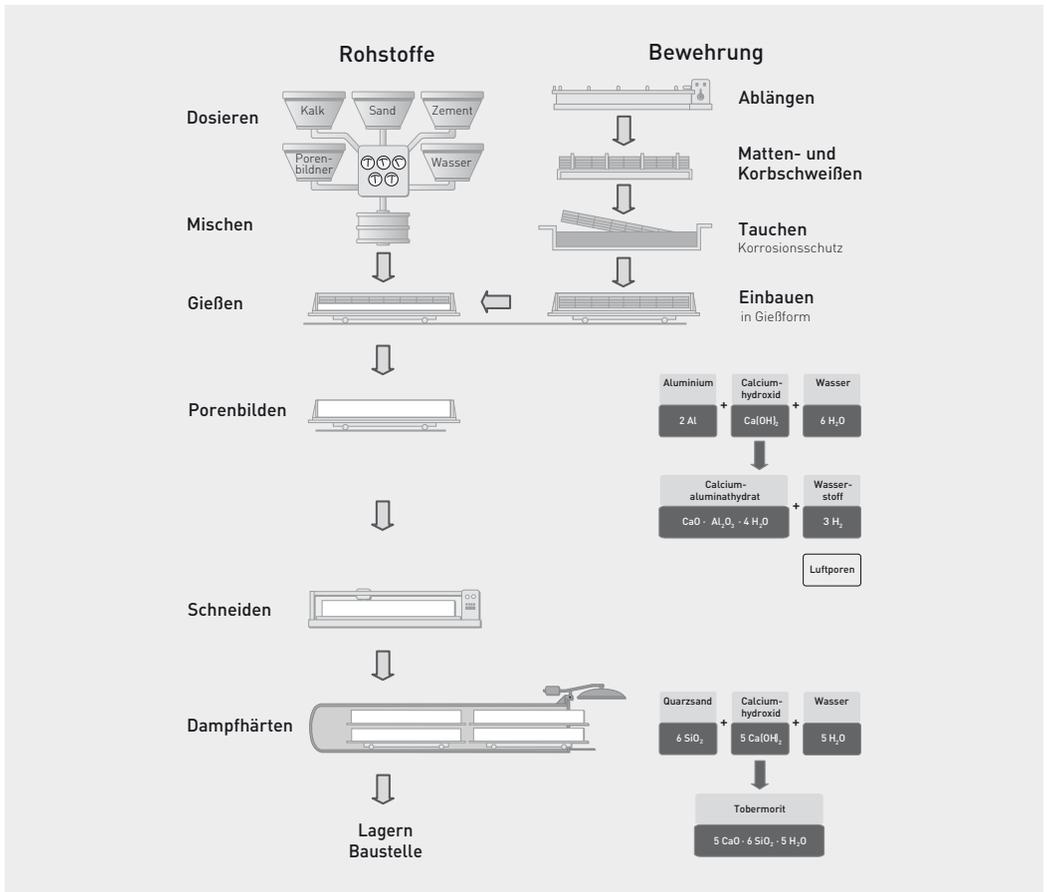
men glatten und „schallharten“ Oberflächen eine 5 bis 10 mal höhere Schallabsorption. Dadurch eignet sich Porenbeton sehr gut zur Dämpfung des „Innenlärms“ von Industriebauten.

## 1.2 Herstellung

Aus den reichlich vorhandenen Rohstoffen Quarzsand, Kalk und Zement entsteht Porenbeton, ein moderner Baustoff, aus dem großformatige Bauteile hergestellt werden.

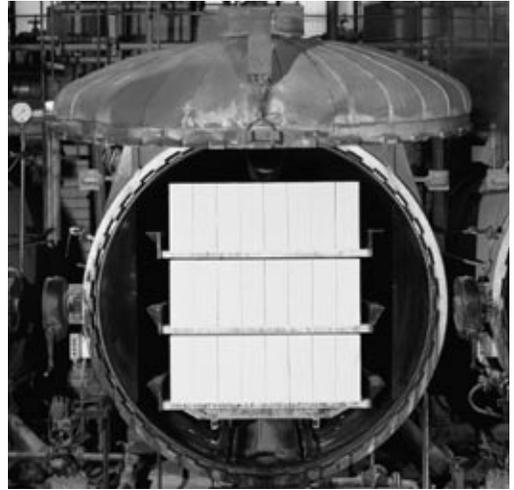
Rationelle Fertigungsverfahren, modernste Produktionsanlagen und der hohe Automatisierungsgrad sichern eine gleichbleibend hohe Qualität der Produkte bei großer Maßgenauigkeit.

**Herstellung von HEBEL Bauteilen aus Porenbeton**





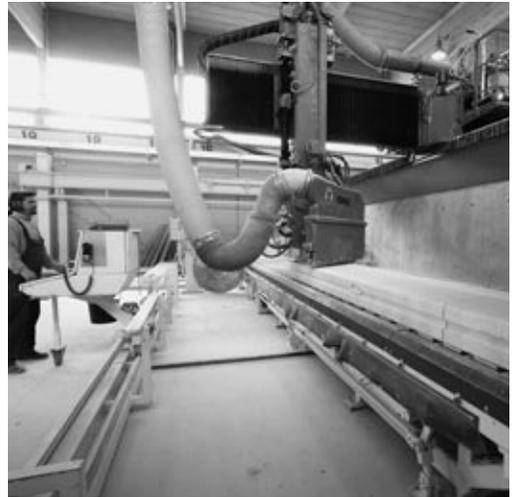
Fertig befüllte Gießform zu Beginn des Treibvorgangs.



Aushärten in Autoklaven.



Schneiden und Profilieren der bis zu 8,0 m × 1,5 m × 0,75 m großen Blöcke.



Weiterbearbeiten ausgehärteter Platten.

Die Vorteile davon haben Planer, die mit HEBEL Bauteilen aus Porenbeton funktionsgerecht gestalten, Ausführende, die damit wirtschaftlich bauen und nicht zuletzt die Bauherren, die solide, langlebige Gebäude mit guten raumklimatischen Bedingungen und hoher Energieeffizienz beim Heizen und Kühlen erhalten.

Bei der energiesparenden Herstellung fallen weder luft-, wasser- noch bodenbelastende

Schadstoffe an. Die Produktion erfolgt nach den einschlägigen DIN-Vorschriften und amtlichen Zulassungen.

Um Porenbeton herzustellen, wird mehlfrein gemahlener Quarzsand mit den Bindemitteln Kalk und Zement unter Zugabe von Wasser und einem Porenbildner gut vermengt in Gießformen gefüllt.

HEBEL Montagebauteile erhalten generell eine Bewehrung aus korrosionsgeschützten Baustahlmatten.

Durch die Reaktion des Porenbildners Aluminium (weniger als 0,05 % der Porenbetonmasse) mit Calciumhydroxid bildet sich Wasserstoff, der die Mischung auftreibt und Millionen kleiner Poren entstehen lässt. Neben den sichtbaren Treibporen entstehen gleichzeitig unzählige Mikroporen, die das Porenvolumen auf bis zu 90 % Porenanteil am Baustoff vergrößern.

Im Laufe der weiteren Produktionsgänge entweicht der sehr leicht flüchtige Wasserstoff aus dem Porenbeton in die Luft. Im Porenbeton verbleibt nur Luft.

## 1.3 Qualitätssicherung

Seit Jahren betreiben die Porenbetonwerke der Xella Aircrete Systems eine Qualitätssicherung, die über die bloße Güteüberwachung nach Norm hinausgeht.

Sie waren immer unter den ersten Baustoffherstellern, die mit neuen Qualitätssiegeln ausgestattet wurden.

### Gewährleistung

Die Qualitätssicherung von HEBEL Porenbeton unterliegt hohen Standards. So ist es selbstverständlich, dass fünf Jahre lang in gesetzlicher Weise gewährleistet wird, dass der Porenbeton alle vereinbarten Eigenschaften hat.

Nach dem Abbinden entstehen halbfeste Rohblöcke, aus denen die verschiedenen Bauteile maschinell geschnitten werden.

In Autoklaven erfolgt bei ca. 190 °C und etwa 12 bar Dampfdruck die Dampfhärtung der Bauteile. Dabei reagiert der gemahlene Sand unter Beteiligung von Calciumhydroxid und Wasser. Es entsteht druckfester Porenbeton aus Calcium-Silikat-Hydrat, das dem in der Natur vorkommenden Mineral Tobermorit entspricht und dem Porenbeton seine herausragenden mechanischen Eigenschaften verleiht. Damit ist der Herstellungsprozess abgeschlossen.

## 1.4 Umweltverträglichkeit

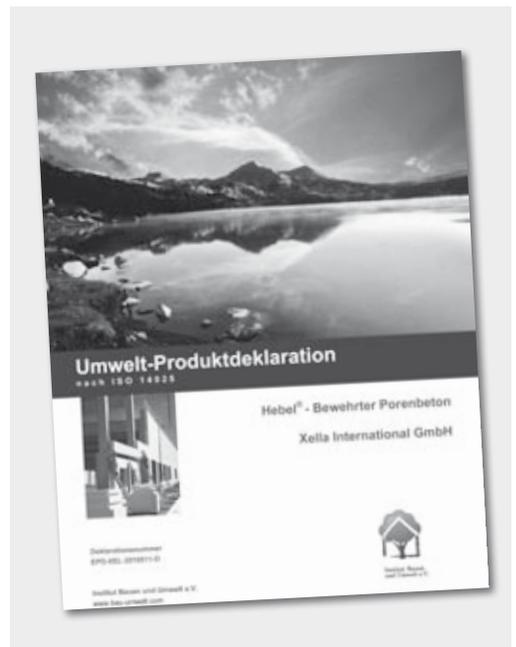
HEBEL Porenbeton ist u. a. deshalb besonders umweltverträglich, weil:

- die Hauptrohstoffe reichlich vorhanden und leicht abbaubar sind, es entsteht keine Ressourcenknappheit.
- die Hauptrohstoffe aus der unmittelbaren Umgebung des Werkes stammen.
- durch die Verfünnfachung des Baustoffvolumens von den Ausgangsstoffen zum fertigen Porenbeton Ressourcen gespart werden.
- der Primärenergieverbrauch zur Herstellung eines Kubikmeters HEBEL Porenbeton (Rohstoffe, Transport, Produktion) sehr gering ist.
- bei seiner Herstellung kein Abwasser anfällt und nur geringe Schadstoffemissionen auftreten (Verbrennung von Erdgas zur Energieerzeugung).
- sowohl Rohstoffe aus der Herstellung als auch auf der Baustelle anfallende Reste aus HEBEL Porenbeton in die Produktion zurückgeführt werden.
- Porenbeton keine toxischen Stoffe enthält oder abgibt.
- Porenbeton auf Deponien der Klasse 1 entsorgt werden kann.
- Xella Aircrete Systems der Rücknahmeverpflichtung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes nachkommt (gilt sowohl für auf der Baustelle nicht mehr benötigtes als auch für beim Rückbau anfallendes sortenreines Material).

### Bereitstellung von belastbaren Daten zur Nachhaltigkeit von HEBEL Porenbeton in einer Umweltproduktdeklaration nach ISO 14025

Eine Umweltproduktdeklaration, englisch Environmental Product Declaration (EPD), enthält verifizierte Daten zur Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit eines Produktes oder einer Produktgruppe. Die HEBEL EPD enthält Daten, Erläuterungen und Hinweise zu Rohstoffen und Produktion, zu Produktverarbeitung, Nutzung und außergewöhnlichen Einwirkungen (z. B. Brand) sowie entsprechende Nachweise und Ökobilanzdaten. Dabei übersteigt der Ressourcen- und Energieverbrauch während der Nutzung eines Gebäudes den zur Herstellung notwendigen bei weitem.

Xella besitzt für HEBEL Porenbeton eine EPD nach ISO 14025. Diese EPD wurde nach den Richtlinien des Instituts Bauen und Umwelt e.V. (IBU) erstellt, die Regeln sowie die EPD wurden durch den Sachverständigenausschuss des IBU überprüft. Dieser Ausschuss ist neutral und



arbeitet unabhängig vom IBU. Beteiligt sind Experten aus Hochschulen, Bauministerium, Bundesamt für Materialforschung, Umweltbundesamt und Umweltschutzverbänden. Damit entspricht die HEBEL EPD einem Öko-Label Typ III gemäß der ISO 14025.

Das Institut Bauen und Umwelt e.V. ist hervorgegangen aus der Arbeitsgemeinschaft Umweltverträgliches Bauprodukt e.V. (AUB). Seit ihrer Gründung im Jahr 1982 sind Porenbetonwerke der heutigen Xella-Gruppe Mitglied und haben schon im Gründungsjahr die Bedingungen erfüllt, die zum Führen eines Zertifikates der AUB berechtigen. Diese Zertifikate wurden regelmäßig alle 3 Jahre überprüft und erneuert. Sie sind jetzt aufgegangen in den EPD des Instituts für Bauen und Umwelt e.V. und werden nicht mehr verlängert. Gültige Dokumente sind die EPD nach ISO 14025, die ebenfalls alle 3 Jahre überprüft werden.

Die HEBEL EPD kann im Internet entweder über [www.hebel.de](http://www.hebel.de) oder die Homepage des IBU abgerufen werden.





## Das HEBEL Bausystem und seine Verarbeitung

- 2.1 Das HEBEL Bausystem
- 2.2 HEBEL Wandplatten
- 2.3 HEBEL Brandwandplatten
- 2.4 HEBEL Komplextrennwandplatten
- 2.5 HEBEL Dachplatten
- 2.6 HEBEL Deckenplatten

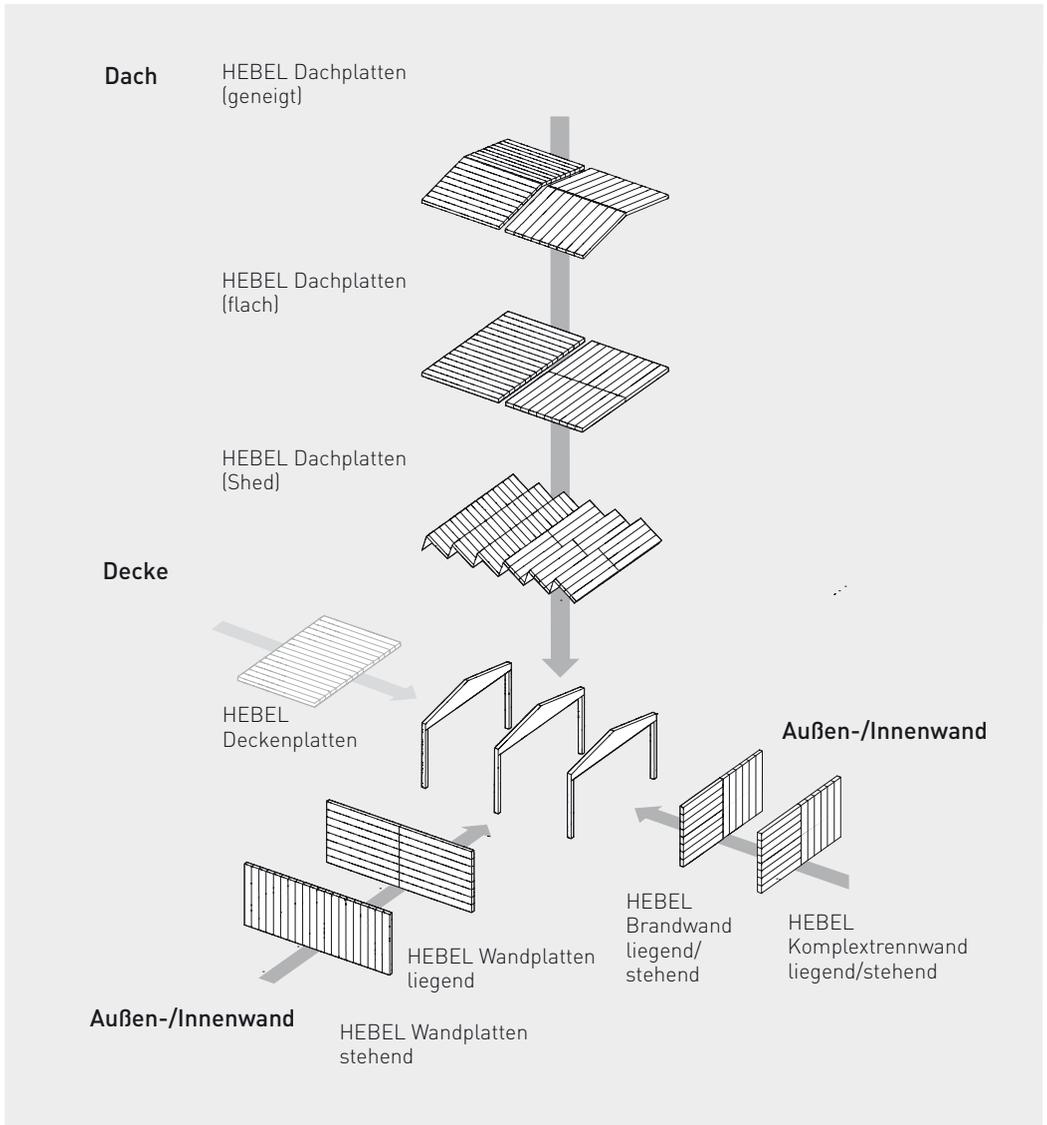
# 2.1 Das HEBEL Bausystem

## 2.1.1 Ein umfassendes System

2

Für Roh- und Ausbau stellt Xella Aircrete Systems Planern und Ausführenden eine umfassende Produktpalette zur Verfügung, deren Teile aufeinander abgestimmt sind und sich optimal ergänzen.

### Das HEBEL Bausystem für Gebäude im Wirtschaftsbau



## Service für Planung und Ausschreibung

Einen Schwerpunkt des Angebotes von Xella Aircrete Systems bilden die Beratungen und Dienstleistungen rund um den Bau. Fundierte Unterlagen für den Planer und Hilfen zur Erleichterung der täglichen Arbeit gehören genauso zum Service wie die Beratung vor Ort durch unsere Mitarbeiter.

Sprechen Sie bereits in der Planungsphase mit uns. Wir unterstützen Sie bei der Beantwortung aller technischen Fragen, bei der richtigen Anwendung sowie bei der Beachtung baulicher Vorschriften und helfen Ihnen, wirtschaftlich und sicher zu planen und zu bauen.

Die Wirtschaftlichkeit eines Bauwerkes beginnt bereits beim Vorentwurf. Es ist deshalb sinnvoll, die Möglichkeiten und Vorteile von HEBEL Bauteilen schon bei den ersten Entwürfen zu berücksichtigen und zu nutzen.

Folgende Unterlagen und Leistungen werden angeboten:

- Informationen aus dem Internet:  
[www.hebel.de](http://www.hebel.de)  
Kontakt: info-xas@xella.com
- fundierte technische Unterlagen
- Konstruktionsdetails
- Detailpunktlösungen, die die Arbeit für Nachfolgewerke erleichtern
- Vorschläge für wirtschaftliches Planen
- Ausschreibungstexte
- Nachweisprogramm für EnEV
- anwendungstechnische Beratung
- branchenspezifische Dokumentationen

## Die Leistungen der Xella Aircrete Systems GmbH

Die Ausführung der Arbeiten auf den Baustellen liegt bei den zertifizierten Vertriebspartnern der Xella Aircrete Systems GmbH in zuverlässigen Händen. Egal, wie umfassend der Auftrag ist: Xella Aircrete Systems unterstützt sie mit fachlichem Know-how, Baukompetenz und Sicherheit.

Xella Aircrete Systems beliefert seine zertifizierten Vertriebspartner mit den Porenbeton-Bauteilen des HEBEL Bausystems. Die eng verbundenen Partner führen die Gewerke aus, die u. a. folgende Leistungen umfassen:

- Erstellung Verlegeplan und statische Berechnung
- Montage der HEBEL Bauteile
- Lieferung und Montage von Stahlteilen für Haltekonstruktionen, Auswechselungen, Tür- und Torrahmen
- Verfügung von montierten HEBEL Wandplatten
- Oberflächenbehandlung von HEBEL Wandplatten (Beschichtung, Bekleidung)
- fertige Wände, ggf. inkl. Türen, Tore, Fenster, Sockelplatten, Frostschrüzen
- fertige Dächer inkl. Belichtungs- und Belüftungseinrichtungen und Dachdichtung
- auf Wunsch Pauschalauftrag, kein aufwändiges Aufmaß
- Preissicherheit für die ganze Hülle



Anlieferung von HEBEL Montagebauteilen.

### 2.1.2 Verarbeitungsvorteile des HEBEL Bausystems

#### Rundum rationell und wirtschaftlich

Das HEBEL Bausystem eröffnet interessante betriebswirtschaftliche Perspektiven.

Die leichte Be- und Verarbeitung ist ein wichtiger Vorteil im Hinblick auf schnelles, rationelles Bauen. Der Baustoff ermöglicht einfache und übersichtliche Konstruktionen und erfordert geringen Aufwand bei Planung und Bauleitung. Das HEBEL Bausystem mit seinen standardisierten Bauteilen verkürzt die Bauzeiten spürbar. Das bedeutet geringeren Stundenaufwand und damit niedrigere Kosten.

#### Leicht und wirtschaftlich zu transportieren

HEBEL Produkte sind zu transportgerechten Einheiten zusammengefasst. Das günstige Verhältnis von Gewicht und Transporteinheit erlaubt es, die Transportkapazitäten voll zu nutzen.



Montage von HEBEL Wandplatten.

#### Maßgenau und rationell zu verarbeiten

Alle Porenbeton-Bauteile werden mit höchster Maßgenauigkeit hergestellt. Das ermöglicht saubere und präzise Konstruktionen mit ebenen Bauteiloberflächen, was wiederum geringeren Zeitaufwand für die nachfolgenden Gewerke bedeutet.

#### Folgearbeiten

Die Oberfläche der HEBEL Wandplatten wird mit einer Beschichtung versehen. Putz ist nicht notwendig.

Bekleidungen, Ausbauteile usw. können an Konstruktionen aus Porenbeton leicht und sicher befestigt werden (s. Kapitel 3.4 und 3.8).

HEBEL Dächer können als nicht belüftete oder belüftete Konstruktionen mit herkömmlichen Eindeckungen ausgeführt werden.

Im Innenausbau bringt die leichte Bearbeitbarkeit des Porenbetons ebenfalls Vorteile, z. B. bei Installationsarbeiten und bei der Befestigung von Ausbauteilen.

## 2.2 HEBEL Wandplatten

### 2.2.1 Produkt und Anwendung

HEBEL Wandplatten sind bewehrte Bauteile für massive wärmedämmende Wandkonstruktionen im Wirtschaftsbau. Sie sind in Verbindung mit Tragkonstruktionen variabel einsetzbar und werden als Außenwände mit Stahl-, Stahlbeton- oder Holzkonstruktionen sowohl vor, hinter, als auch zwischen den Unterkonstruktionen verwendet.

Die unterschiedlichen Bauteilgrößen und die liegende oder stehende Verlegeweise eröffnen viele Wege in der Fassadengestaltung und geben die Möglichkeit, jede Wand im Montagebau zu errichten.



Liegend angeordnete HEBEL Wandplatten.

HEBEL Wandplatten werden zur Abtragung des Eigengewichtes und zur Aufnahme von senkrecht zur Platte wirkenden Windlasten gemäß DIN 1055-4 verwendet.

HEBEL Wandplatten werden auch als Sturzwandplatten ausgeführt. Dies sind Platten über Türöffnungen und Fensterbändern, die nicht in ihrer vollen Länge aufliegen, sondern nur jeweils im Stützenbereich von Pfeilern oder Konsolen

gehalten werden. Als Belastung wirken hierbei in vertikaler Richtung das Eigengewicht und in horizontaler Richtung Winddruck und -sog aus der Plattenfläche und gegebenenfalls anteilig aus dem Fensterband bzw. den Tür- oder Toröffnungen.

Verankerungen und Befestigungen in HEBEL Wandplatten können sicher und einfach vorgenommen werden.



Verschiedene Arten der Befestigung in HEBEL Wandplatten.

### Brandverhalten von Porenbeton

Das Brandverhalten von Bauteilen wird durch die Feuerwiderstandsdauer (in Minuten) beschrieben. Die Einstufung erfolgt in Feuerwiderstandsklassen, z. B. F 90. Dies entspricht einer Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 Minuten.

Eine ergänzende Benennung der Feuerwiderstandsklassen ergibt sich aus dem Brandverhalten der für die Bauteile verwendeten Baustoffe, z. B. Baustoffklasse A = nicht brennbar. Eine Übersicht hierzu ist in DIN 4102-2 und DIN EN 13501-1 enthalten.

Die Feuerwiderstandsklasse von Baustoffen muss durch Prüfungen nach DIN 4102 oder DIN EN 1363 nachgewiesen werden. Die Klassifizierung von Bauteilen setzt voraus, dass die anschließenden Bauteile mindestens derselben Feuerwiderstandsklasse angehören.

Porenbeton gehört nach DIN 4102 und DIN EN 13501 zu den nicht brennbaren Baustoffen der Baustoffklasse A1.

Die Zuordnung zur Baustoffklasse bleibt auch dann erhalten, wenn die Bauteiloberflächen mit Anstrichen auf Dispersions- oder Alkydharzbasis oder mit Fassadenbekleidungen (z. B. aus Blech) versehen werden.

HEBEL Wandplatten erfüllen unter Beachtung von Fugen, Anschlüssen, Halterungen usw.

alle Anforderungen an die Feuerwiderstandsklassen von F 90 bis F 360 bzw. EI 90 bis EI 360. Die genannte Einstufung in Feuerwiderstandsklassen ist nur möglich, wenn die Tragkonstruktion mindestens die gleiche Feuerwiderstandsklasse erfüllt.

### **Porenbeton-Außenwände schützen vor dem Eindringen von Feuer**

Brände, die außerhalb von Gebäuden entstehen, können leicht auf das Gebäudeinnere übergreifen, wenn man sie nicht daran hindert. Außenwände aus Porenbeton, die von vornherein die gleiche Feuerwiderstandsdauer wie Brandwände besitzen, sind der sicherste Schutz gegen dieses Risiko.

## **2.2.2 Produkt-Kenndaten**

### **Produkt-Kenndaten HEBEL Wandplatten**

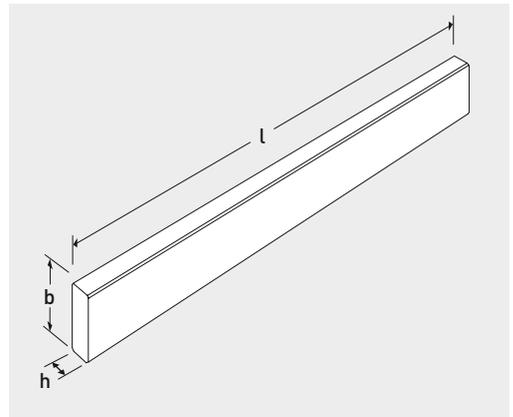
<b>Druckfestigkeitsklasse</b>	<b>P 3,3</b>	<b>P 4,4</b>	<b>Dimension</b>
Charakteristische Druckfestigkeit $f_{ck}$	3,3	4,4	MPa
Rohdichteklasse	0,50	0,55	
Rohdichte max.	500	550	kg/m <sup>3</sup>
Wärmeleitfähigkeit $\lambda$	0,13	0,14	W/(mK)
Rechenwert für Eigenlasten einschließlich Bewehrung	6,2	6,7	kN/m <sup>3</sup>
Elastizitätsmodul $E_{cm}$	1.750	2.000	MPa
Wärmedehnzahl $\alpha_T$	8	8	10 <sup>-6</sup> ·K <sup>-1</sup>
Schwindmaß $\epsilon_f$	< 0,2	< 0,2	mm/m

## 2.2.3 Formate

### Standard-Lieferprogramm HEBEL Wandplatten

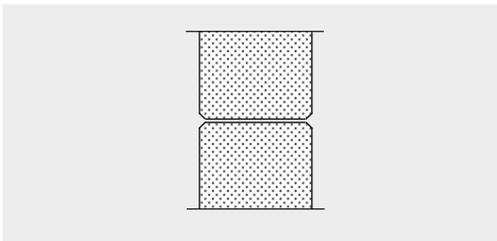
Druckfestigkeits-/ Rohdichteklasse	P 3,3-0,50	P 4,4-0,55
Breite b [mm]	625/750	
Dicke h [mm]	Länge l [mm]	
150	-	Systemmaß 6.000*
175	-	
200	-	
250	Systemmaß 6.000*	
300		
365/375		

\* andere Längen bis maximal 8.000 mm belastungsabhängig möglich

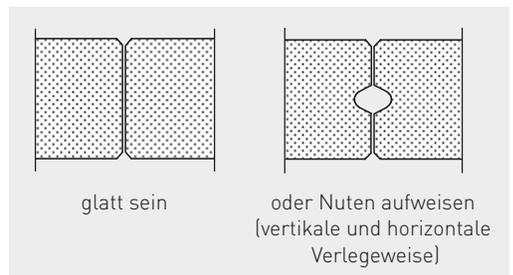


2

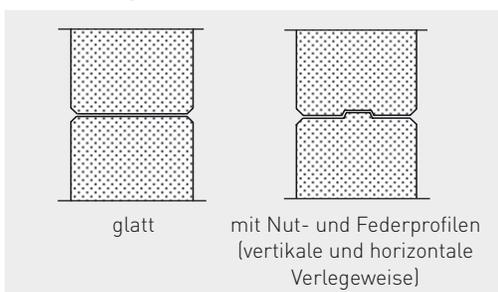
Die Längskanten der HEBEL Wandplatten sind werkseitig gefast.



Stirnseiten von HEBEL Wandplatten können:



Die Längsseiten der HEBEL Wandplatten können ausgebildet sein:



## 2.2.4 Montage

Zum Abladen und für die Montage stehen verschiedene Geräte zur Verfügung, die in den Zeichnungen dargestellt sind.

### Montagevorgang

Auf dem Sockel (Bodenplatte) ist eine horizontale Abdichtung gegen aufsteigende Bodenfeuchtigkeit vorzusehen (s. Kapitel 3.1).

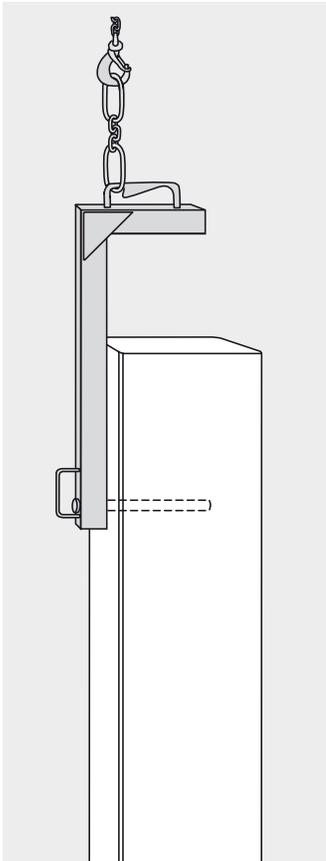
Die unterste HEBEL Wandplatte bzw. der Wandplattenfuß ist waagrecht und fluchtgerecht in ein Zementmörtelbett zu versetzen.

Bei Fertigteilsockeln kann das Mörtelbett aufgrund der hohen Fertigungsgenauigkeit entfallen. Die Wandplatten sind mit den Befestigungsmitteln,

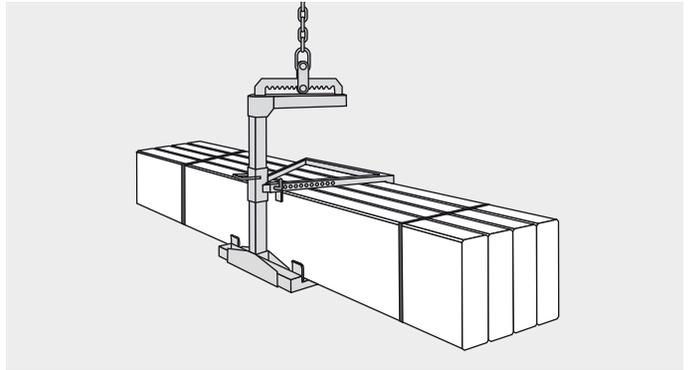
wie sie in der Montagezeichnung – angegeben sind, örtlich einzupassen.

HEBEL Wandplatten dürfen nur in den vom Herstellerwerk ausgelieferten Abmessungen eingebaut werden. Sie dürfen in Ausnahmefällen nur durch Beauftragte des Herstellerwerks nachträglich gekürzt werden, wenn dadurch – vor allem im Bereich örtlicher Auflagerungen oder im Bereich von Verankerungen – die Tragfähigkeit nicht beeinträchtigt wird.

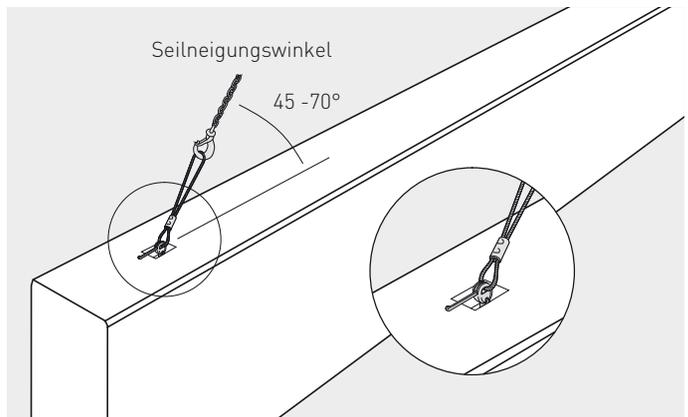
An Bauteilen dürfen keine Stemmarbeiten vorgenommen werden. Das Fräsen, Sägen oder Bohren eines einzelnen Loches rechtwinklig zur Bauteilebene bis zu einem Durchmesser  $1/3 \cdot b$  ist zulässig, wenn für den verbleibenden



Montagedorn.



Abladebügel mit Niederhalter.



Transportanker mit eingehängter Ringkupplung (Seilneigung beachten).

Querschnitt die Tragfähigkeit nachgewiesen ist. Wird das Loch außerhalb des Werks hergestellt, gilt der vorhergehende Absatz sinngemäß.

An der Unterkonstruktion müssen die HEBEL Wandplatten vollflächig und ohne Spiel anliegen. Toleranzen sind durch geeignete Maßnahmen, zum Beispiel Mörtelverguss, auszugleichen. Fugen und Fugenabmessungen sind wie in den Montagezeichnungen angegeben einzuhalten.

Die Verankerung der HEBEL Wandplatten an der Tragkonstruktion ist sorgfältig und fachgerecht auszuführen. Die Bestimmungen der Zulassungsbescheide Z-2.1-38 und Z-21.8-1857 sind zu beachten.

Liegend und stehend angeordnete HEBEL Wandplatten mit glatten Längsseiten werden an den Längsseiten mit Dünnbettmörtel oder mit einem Kunstharzmörtel miteinander verbunden.

- Dünnbettmörtel sind Werk-Trockenmörtel mit einer Trockenrohddichte über  $1,5 \text{ kg/dm}^3$ . Sie entsprechen in ihrer Druckfestigkeit der Mörtelgruppe III.
- Kunstharzmörtel (Dispensionsklebemörtel) sind in Normen für diesen Verwendungszweck nicht definiert. Es sind deshalb von Xella Aircrete Systems freigegebene Kleber und Fugenfüller zu verwenden.

Sind an den Plattenlängsseiten Nut und Feder vorhanden, können die Platten trocken versetzt werden. Bei stehend angeordneten Wandplatten können an den Plattenlängsseiten auch Vergussnuten vorhanden sein. Aus statischen Gründen kann auch bei Platten mit Nut und Feder eine Verklebung der Plattenlängsseiten notwendig sein. Bei Brandwand- und Komplextrennwandplatten ist dies grundsätzlich erforderlich.

Diese Nuten werden mit Zementmörtel der Mörtelgruppe III nach DIN 1053 vergossen.



Montage von liegend angeordneten HEBEL Wandplatten mit Transportankern.



Montage von liegend angeordneten HEBEL Wandplatten mit der Plattenzange.

## 2.3 HEBEL Brandwandplatten

HEBEL Brandwandplatten gehören zu den nicht brennbaren Baustoffen der Klasse A1 und leisten damit keinen Beitrag zum Brand. Im Brandfall werden weder Rauch noch sonstige Gase freigesetzt. Wände aus Porenbeton schotten durch ihre hohe Temperaturdämpfung die Hitze wirkungsvoll ab, so dass auf der dem Brand abgewandten Seite weitaus niedrigere Temperaturen herrschen als bei anderen Baustoffen. Auch bei großer Hitze treten kaum Verformungen auf.

### Brandwände

HEBEL Brandwandplatten werden zur Errichtung von Brandwänden eingesetzt. Brandwände sind Wände zur Trennung oder Abgrenzung von Brandabschnitten im Gebäudeinneren oder im Fassadenbereich. Sie müssen mindestens die Feuerwiderstandsklasse F 90 bzw. EI-M 90 erfüllen und gleichzeitig im Brandfall eine bestimmte Stoßbelastung aufnehmen können. Dabei muss der Raumabschluss gewahrt bleiben. Sie werden als volle Wände ohne Öffnungen geprüft.

Nach den bauaufsichtlichen Bestimmungen der Länder können besondere Anforderungen gestellt oder Erleichterungen gestattet werden.

Nach der Industriebaurichtlinie sind größere Brandabschnittsflächen möglich. Hiernach können Brandwände mit einer Dicke von mindestens 200 mm erforderlich werden, bei denen die Stoßbelastung nach 120 Minuten und nicht nach den üblichen 90 Minuten geprüft wird. Wände aus HEBEL Brandwandplatten verfügen laut dem allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis P-3480/ 2866-MPA BS über eine Feuerwiderstandsdauer von 360 Minuten, die alle Anforderungen von Normen weit übertrifft.

Bei einschaliger Ausführung müssen Brandwände aus HEBEL Wandplatten in Druckfestigkeitsklasse-/Rohdichteklasse-Kombination 4,4-0,55 mindestens 175 mm dick sein, bei zweischaliger Ausführung gilt mindestens 2 × 175 mm.

Werden die Wandplatten zwischen Stahlbetonstützen versetzt, können in den Stützen entweder Ankerschienen oder Gegennuten vorhanden sein. Die Verankerung an der Tragkonstruktion ist entsprechend den HEBEL Konstruktionsbeispielen nach allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnissen, nach Zulassung bzw. nach DIN 4102-4 auszuführen.

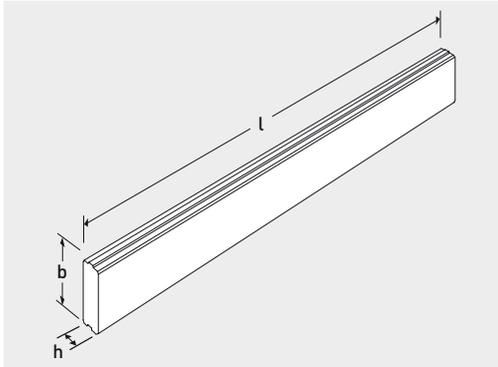
Verbindung der Brandwandplatten untereinander mit Nut-und-Feder-Profilierung der Längsseiten ist immer erforderlich. Die Verbindung der Platten untereinander ist nach Prüfzeugnissen bzw. DIN 4102 mit Dünnbettmörtel oder mit Kunstharzmörtel (Dispersionsklebemörtel) zulässig.

HEBEL Brandwandplatten dürfen nur in den vom Herstellwerk ausgelieferten Abmessungen eingebaut und nicht nachträglich gekürzt werden.



Sicherheit durch HEBEL Brandwände bei Daimler in Germersheim.

## Standard-Lieferprogramm HEBEL Brandwandplatten



Breite b [mm]	625/750
Dicke h [mm]	Länge l [mm]
175*	Standardlänge 6.000**
200	
250	
300	

\* Mindestdicke

\*\* andere Längen bis maximal 8.000 mm belastungsabhängig möglich

2

## Brandwände aus liegend oder stehend angeordneten HEBEL Brandwandplatten

Mindestdicken und Ausführungen nach allg. bauaufsichtlichem Prüfzeugnis P-3480/2866-MPA BS

Brandwände aus nicht tragenden Wandplatten mit Feuerwiderstandsdauer F 90 bis F 360* bzw. EI-M 90 bis EI-M 360	Mindestdicke h mm	Mindestachs- abstand u** mm
<b>Stoßbelastung nach 90 Minuten</b>		
Druckfestigkeitsklasse 4,4; Rohdichteklasse $\geq 0,55$ ; Nut und Federausbildung sowie Bewehrung gegenüber DIN 4102-4, 4.8.1 bzw. 4.8.9 verringert;	175	30
<b>Stoßbelastung nach 120 Minuten</b>		
Druckfestigkeitsklasse 4,4; Rohdichteklasse $\geq 0,55$ ; Nut und Federausbildung sowie Bewehrung gegenüber DIN 4102-4, 4.8.1 bzw. 4.8.9 verringert;	200	50

\* anschließende Bauteile müssen die gleiche Feuerwiderstandsklasse besitzen

\*\* Abstand der Achse der Längsbewegung von der Außenseite der Wandplatten

### Feuerschutztüren

In feuerhemmenden und feuerbeständigen Wänden und in Brandwänden sind häufig Türöffnungen erforderlich. Zum Einbau sollten marktgängige Normtüren T 30 bzw. T 90 vorgesehen werden. Diese Türen bedürfen einer bauaufsichtlichen Zulassung für den Einbau in Porenbeton-Montagebauteile.

Es gibt zwei Einbauarten:

- Unmittelbarer Einbau in Porenbetonwände ohne Rahmen nach Zulassung der Türhersteller.
- In Betonrahmen der Druckfestigkeitsklasse  $\geq C 12/15$  oder Mauerwerksrahmen der Steifigkeitsklasse  $\geq 12/MG \geq II$ .

Neben feuerhemmenden Türen T 30 stehen für feuerbeständige Türen T 90 folgende Ausführungen mit max. Abmessungen zur Verfügung:

- Einflügelige Türen für Öffnungen bis  $1,25 \text{ m} \times 2,50 \text{ m}$ , Bezeichnung der Tür T 30-1 (feuerhemmend) T 90-1 (feuerbeständig).
- Zweiflügelige Türen für Öffnungen bis  $3,0 \text{ m} \times 3,0 \text{ m}$ , Bezeichnung der Tür T 30-2 (feuerhemmend) T 90-2 (feuerbeständig).

## Erforderliche Wanddicken von HEBEL Wandplatten bei Einbau von Feuerschutztüren

2

	Mindestdicke (mm) für	
	F 90-A	Brandwand
Druckfestigkeitsklasse $\geq$ P 4,4	150	175

Nähere Einzelheiten sind den Unterlagen der Türenhersteller zu entnehmen, z. B.:

Hörmann KG  
Upheider Weg 94-98  
33803 Steinhagen  
Telefon 05204 915-0  
Telefax 05204 915-277  
www.hoermann.de

Novoform Riexinger Türenwerke GmbH  
Industriestraße  
74336 Brackenheim  
Telefon 07135 89-0  
Telefax 07135 89-239  
www.riexinger.com

Teckentrup GmbH & Co. KG  
Industriestraße 50  
33415 Verl-Sürenheide  
Telefon 05246 504-0  
Telefax 05246 504-230  
www.teckentrup.biz

### Brandschutzverglasungen

In feuerbeständigen Wänden und in Brandwänden sind häufig Verglasungen erforderlich. Zum Einbau sollten marktgängige Verglasungssysteme vorgesehen werden. Brandschutzverglasungen bzw. -verglasungssysteme bedürfen einer bauaufsichtlichen Zulassung.

Der Einbau der Verglasungssysteme kann unmittelbar in Porenbetonwände erfolgen.

Für feuerbeständige Wände ist die Verglasungshöhe auf 5,0 m begrenzt, Längenbegrenzungen bestehen nicht, die Größe der Einzelscheiben beträgt  $\leq 1,40 \text{ m} \times 2,00 \text{ m}$ . Für verglaste Öffnun-



Brandwand aus HEBEL Brandwandplatten.

gen in Brandwänden gilt die max. Öffnungsgröße von  $1 \text{ m}^2$ .

Verglasungssysteme dürfen bei Porenbeton-Montagebauteilen der Druckfestigkeitsklasse P 4,4 und Wanddicke  $\geq 175 \text{ mm}$  eingebaut werden.

Nähere Einzelheiten sind den Unterlagen der Hersteller zu entnehmen, z. B.:

bemo Brandschutzsysteme GmbH  
Postfach 11 11  
56571 Weißenthurm  
Telefon 02637 9228-0  
Telefax 02637 7010  
www.bemo.de

WESER-Bauelemente-Werk GmbH  
Postfach 17 40  
31727 Rinteln  
Telefon 05751 9604-0  
Telefax 05751 9604-42  
www.weserwaben.de

## 2.4 HEBEL Komplextrennwandplatten

### Komplextrennwände aus Porenbeton

Komplextrennwände grenzen wie Brandwände Brandabschnitte untereinander ab und werden von Sachversicherern verlangt. Sie müssen höhere Stoßbelastungen als Brandwände nach DIN 4102 aufnehmen und außerdem der Feuerwiderstandsklasse F 180 bzw. EI-M 180 entsprechen. HEBEL Komplextrennwandplatten sind mindestens 250 mm dick; Druckfestigkeitsklasse-/Rohdichteklasse-Kombination P 4,4-0,55.

HEBEL ist es gelungen, Komplextrennwandplatten zu entwickeln, die mit 360 Minuten Feuerwiderstandsdauer weit über die von den Sachversicherern geforderten 180 Minuten hinaus ihre Standsicherheit und damit ihre Funktion behalten. Nachgewiesen wurde dies in Versuchen der MPA Braunschweig, dokumentiert im allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis 3590/4066-MPA BS.

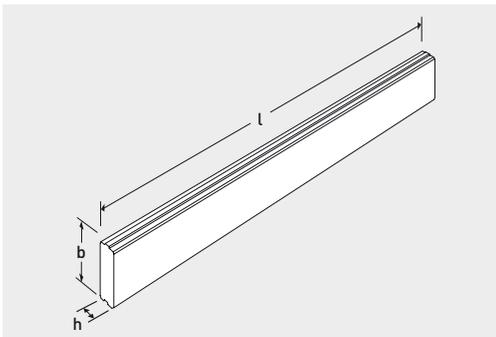


Sicherheit durch HEBEL Komplextrennwände beim Bau des IKEA Zentrallagers in Salzgitter.

### Anschließende Bauteile

Bei Brandwänden und Komplextrennwänden müssen die anschließenden Bauteile wie tragende Konstruktionen, Träger und Stützen mindestens die gleichen Feuerwiderstandsklassen aufweisen. Ausführliche Informationen dazu sind in den Berichtsheften 4, 17 und 24 des Bundesverbandes Porenbeton zu finden.

### Standard-Lieferprogramm HEBEL Komplextrennwandplatten



Breite b [mm]	625/750
Dicke h [mm]	Länge l [mm]
250	Standardlänge
300	6.000*

\* andere Längen bis maximal 8.000 mm belastungsabhängig möglich

### Komplextrennwände aus liegend oder stehend angeordneten HEBEL Komplextrennwandplatten, Mindestdicken und Ausführungen nach allg. bauaufsichtlichem Prüfzeugnis P-3590/4066-MPA BS

Komplextrennwände aus nicht tragenden Wandplatten mit erhöhter Feuerwiderstandsdauer F 180 bis F 360* bzw. EI-M 180 bis EI-M 360	Mindestdicke h	Mindestachsabstand u**
	mm	mm
Druckfestigkeitsklasse 4,4; Rohdichteklasse $\geq 0,55$ ; Nut- und Federausbildung	250	30

\* anschließende Bauteile müssen die gleiche Feuerwiderstandsklasse erfüllen

\*\* Abstand der Achse der Längsbewehrung von der Außenseite der Wandplatte

## 2.5 HEBEL Dachplatten

### 2.5.1 Produkt und Anwendung

2

HEBEL Dachplatten sind bewehrte, tragende großformatige Montagebauteile für massive Dächer im Wohn-, Kommunal- und Wirtschaftsbau in verschiedenen Dicken und Spannweiten mit unterschiedlichen Tragfähigkeiten. Sie bestehen aus hoch wärmedämmendem, nicht brennbarem Porenbeton und sind für die verschiedensten Dachformen wie flache und geneigte Dächer in belüfteter wie auch unbelüfteter Ausführung geeignet.

HEBEL Dachplatten werden auf alle üblichen Tragkonstruktionen montiert (z. B. auf Stahl, Stahlbeton, Holzleimbinder). Die Ausbildung und Bemessung von Dachscheiben ist möglich. Bei entsprechender Ausführung können sie horizontale Kräfte aufnehmen und dienen damit der Gebäudeaussteifung.

Als einbaufertige Vollmontagebauteile besitzen HEBEL Dachplatten bereits bei Anlieferung volle Tragfähigkeit. Sie lassen sich einfach verlegen und verankern. Der Einbau erfolgt weitgehend trocken. Schalungen und Abstützungen sind nicht notwendig.

#### Brandschutz

HEBEL Dachplatten gehören nach DIN 4102 und DIN EN 13501 zu den nicht brennbaren Baustoffen der Klasse A1.

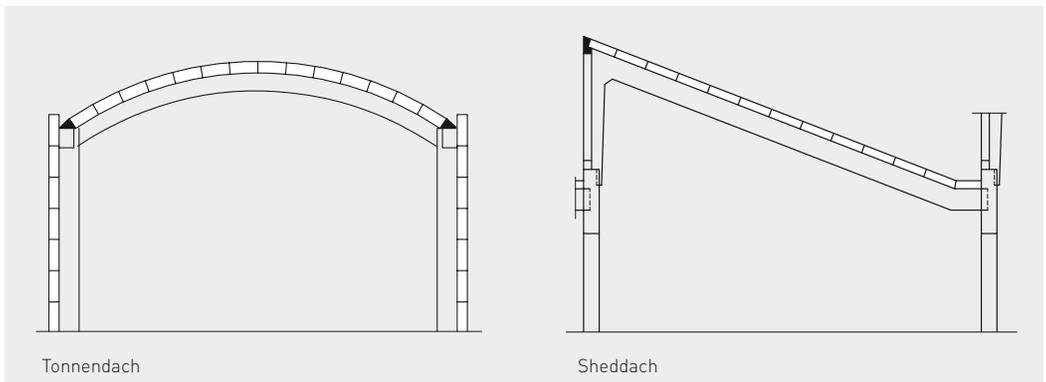
Sie entsprechen in Normalausführung der Feuerwiderstandsklasse F 90 bzw. REI 90, bei größerer Betondeckung der Bewehrung bis F 180 bzw. REI 180.

Mit HEBEL Dachplatten wird die herausragende Brandsicherheit von HEBEL Wänden auf das Dach ausgedehnt. Sie verhindern wirkungsvoll sowohl einen Brandüberschlag wie auch das Eindringen des Feuers von außen über das Dach.

#### Massive Dächer

Das massive Dach aus HEBEL Dachplatten führt auch alle weiteren bauphysikalischen Vorteile des Baustoffs Porenbeton buchstäblich ins Dach fort.

Die Konstruktion erreicht ebenso hohe Wärmedämmung wie Außenwände aus Porenbeton. Denn HEBEL Dachplatten bestehen aus dem gleichen, hoch wärmedämmenden Baustoff. Die ausgewogenen Wärmespeichereigenschaften des Porenbetons sorgen für ein angenehmes Raumklima mit ausgeglichenen Temperaturen.



Dächer aus HEBEL Dachplatten.

Ein wesentlicher Vorteil ist die Luftdichtheit, ohne dass die Dampfdiffusion unterbrochen wird. Auch die Schallschutzwerte sind günstiger als bei leichten Dachkonstruktionen.

### HEBEL Flachdächer

HEBEL Dachplatten können bündig abschließen oder auskragend mit bis zu 1,50 m Überstand verlegt werden. Für Auskragungen bis maximal  $2 \times$  Plattendicke  $h$  sind HEBEL Dach- bzw. Deckenplatten ohne besondere Vorkehrungen zu verwenden. Für größere Auskragungen müssen die Platten gesondert bemessen werden.

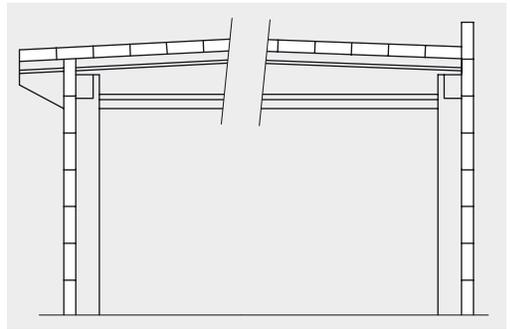
### Planung

Die Bemessung von HEBEL Dachplatten erfolgt nach statischer Berechnung, wobei die Mindestdicke der Platten von den Stützweiten und Belastungen abhängt.

Für einen verbesserten Wärme- und Schallschutz kann es sinnvoll sein, die statisch erforderlichen Mindestdicken zu erhöhen (siehe Kapitel 4.3).

HEBEL Dachplatten besitzen in der Standardausführung eine Nut- und Feder-Verbindung im Bereich der Längsfugen.

Zur Vorplanung und überschlägigen Dimensionierung können Angaben aus den Tabellen in 4.3.6 entnommen werden. Für Planung und Konstruktion stellt Xella Aircrete Systems neben diesem Handbuch weiteres Informationsmaterial zur Verfügung, das unter [www.hebel.de](http://www.hebel.de) im Internet abgerufen werden kann.



Flach geneigtes Dach.



HEBEL Dachplatten als massives Dach im Wirtschaftsbau.



Innenansicht eines HEBEL Daches.



Flachdach aus HEBEL Dachplatten.



Halbrundes Sheddach aus HEBEL Dachplatten.

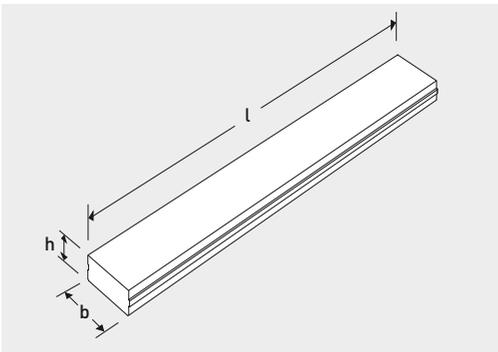
## 2.5.2 Produkt-Kenndaten

### Produkt-Kenndaten HEBEL Dachplatten

Druckfestigkeitsklasse	P 4,4	Dimension
Charakteristische Druckfestigkeit $f_{ck}$	4,4	MPa
Rohdichteklasse	0,55	
Rohdichte max.	550	kg/m <sup>3</sup>
Wärmeleitfähigkeit $\lambda$	0,14	W/(mK)
Rechenwert für Eigenlasten einschließlich Bewehrung und Fugenverguss	6,7	kN/m <sup>3</sup>
Elastizitätsmodul $E_{cm}$	2.000	MPa
Wärmedehnzahl $\alpha_T$	8	10 <sup>-6</sup> ·K <sup>-1</sup>
Schwindmaß $\epsilon_f$	< 0,2	mm/m

## 2.5.3 Formate

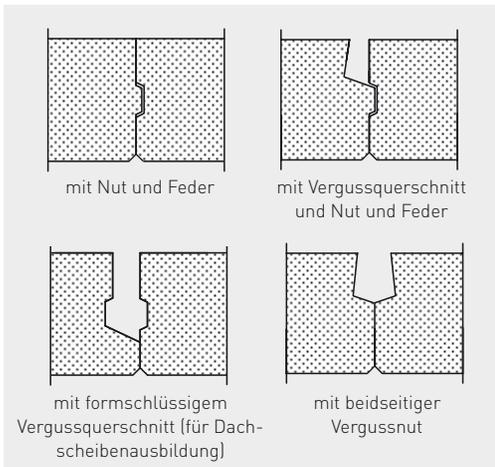
### Standard-Lieferprogramm HEBEL Dachplatten



Breite b [mm]	625/750
Dicke h [mm]	Länge l [mm]
150	Standardlänge 6.000*
175	
200	
250	
300	

\* andere Längen bis maximal 8.000 mm belastungsabhängig möglich bei max. Stützweite von 7,50 m

Die Längsseiten der HEBEL Dachplatten können ausgestattet sein:



Die Plattenlängskanten sind gefast oder ungefast lieferbar. Bitte bei Bestellung angeben.

## 2.5.4 Montage

Bei der Montage von HEBEL Dachplatten sind die Angaben der Lieferwerke, die Materiallisten und die Verlegepläne zu beachten. Die Platten sollen bei Transport, Lagerung und Verarbeitung sorgfältig behandelt werden.

Bei Zwischenlagerung werden die mit Bandstahl zusammengefassten Platten auf Kanthölzern abgesetzt. Wenn die Platten in mehreren Lagen gestapelt werden, ist darauf zu achten, dass die Lagerhölzer fluchtend übereinander liegen.

HEBEL Dachplatten dürfen nur in den vom Herstellwerk ausgelieferten Abmessungen eingebaut werden. Sie dürfen in Ausnahmefällen nur durch Beauftragte des Herstellwerks nachträglich gekürzt werden, wenn dadurch, vor allem im Bereich örtlicher Auflagerungen oder im Bereich von Verankerungen, die Tragfähigkeit nicht beeinträchtigt wird.

An Bauteilen dürfen keine Stemmarbeiten vorgenommen werden. Das Fräsen, Sägen oder

Bohren eines einzelnen Loches rechtwinklig zur Bauteilebene bis zu einem Durchmesser  $1/3 \cdot b$  ist zulässig, wenn für den verbleibenden Querschnitt die Tragfähigkeit nachgewiesen ist. Wird das Loch außerhalb des Werks hergestellt, gilt der vorhergehende Absatz sinngemäß.

HEBEL Dachplatten sind einbaufertige Vollmontagebauteile. Sie können bei jeder Witterung eingebaut werden. Im Winter sind bei Frostgefahr die erforderlichen Maßnahmen zu berücksichtigen. Für das Abtauen von Schnee und Eis darf kein Salz verwendet werden.

HEBEL Dachplatten werden auf Stahlbeton, Stahl- und Holzkonstruktionen verlegt. Die Auflager müssen genügend breit und eben sein. Zum Mindestauflager der Dachplatten siehe 4.3.6. Sie müssen mit ihrem Auflager so verbunden sein, dass sie weder seitlich verschoben noch durch Windkräfte abgehoben werden können. Dies bedeutet, dass Trauf- und Ortgangbefestigungen eine besondere Bedeutung zukommt. Für diese Verankerung müssen in der Tragkonstruktion Befestigungselemente vorhanden sein.

Werden HEBEL Dachplatten zur Dachscheibenausbildung oder Kippaussteifung der Unterkonstruktion herangezogen, ist hierzu ein statischer Nachweis erforderlich.

Bei geneigten Dächern oder bei größeren Dachvorsprüngen sind die Randplatten sofort fest zu verankern (Abrutschgefahr, Kippgefahr). Je nach Größe des Dachvorsprunges muss an der Konstruktion eine Abkippsicherung vorhanden sein, an der die Platten noch zusätzlich gegen Abhub durch Wind zu verankern sind.

Öffnungen in Dachflächen sind während und nach der Montage abzudecken (Absturzgefahr). Auch Dachränder sind aus dem gleichen Grund zu sichern. Im Übrigen sind die einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaft zu beachten.

Die Einzelplatten werden mittels Kran und Verlegebügel bzw. -zange an die Einlegestellen transportiert. Nach jedem Einlegen einer Platte wird diese dicht an die bereits verlegte herangezogen.

Ihr geringes Gewicht verleiht HEBEL Dachplatten nicht nur in der Statik Vorteile, sondern auch in der Montage. Bei sehr hohen Gebäuden wie Kraftwerksanlagen können beispielsweise ganze Plattenpakete auf einmal mit dem Kran auf die Dachfläche gehoben und dort vereinzelt werden. Das senkt Kranhubzeiten und verkürzt die Montagezeit erheblich.

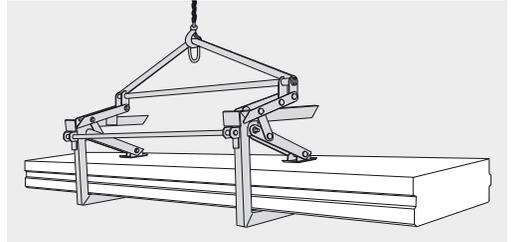
Dachplatten mit formschlüssigem Vergussprofil, die zur Ausbildung einer Dachscheibe verwendet werden, werden mit der Verlegezange montiert (s. 2.6.4). Die ersten Platten sind fluchtgerecht zu verlegen, damit beim Ausrichten der Dachfläche nicht unnötig viele Platten nachgerückt werden müssen. Bei kleineren Dachflächen ist zuerst eine ausreichende Standfläche zu verlegen. Ist die verlegte Fläche groß genug und reicht die Tragfähigkeit der Konstruktion aus, können Plattenpakete auch auf dem Dach abgesetzt werden. Auf symmetrische Belastung der Unterkonstruktion ist zu achten.

Längs- und Quertugen sind von Rückständen aller Art zu säubern. Anschließend werden die nach Verlegeplan erforderlichen Fugen- und Ringankerbewehrungen eingelegt und mit feinkörnigem Beton vergossen. Dabei darauf achten, dass die Fugenbewehrung vollständig mit Mörtel ummantelt wird (bei Dachscheibenausbildung Abstandhalter für die Bewehrung verwenden). Bei Verwendung von Platten mit Nut und Feder entfällt der Mörtelverguss. Für den Einbau ist die DIN 4223 zu beachten. Die Plattenoberfläche ist vor Aufbringen der Dachhaut von Mörtelresten zu reinigen und abzukehren.

### Dachdeckung

Flachdächer bzw. Warmdachkonstruktionen sind vielfach wegen der Dachhaut nach außen verhältnismäßig diffusionsdicht. Dennoch bleiben

auch diese Konstruktionen diffusionstechnisch trocken. Bei Verwendung einer Zusatzdämmung aus Mineralfaserplatten oder anderen diffusions-offenen Dämmschichten wird der Einbau einer Dampfsperre  $s_d \geq 100 \text{ m}$  zwischen Dachplatten und Wärmedämmung empfohlen, bei Metall-dacheindeckungen ist sie generell erforderlich.



Verlegebügel mit Niederhalter.



Verlegen von HEBEL Dachplatten mit Verlegebügel.



Verlegen von HEBEL Dachplatten mit der Verlegezange.

## 2.6 HEBEL Deckenplatten

### 2.6.1 Produkt und Anwendung

HEBEL Deckenplatten sind einbaufertige Montagebauteile für Decken im Kommunal- und Wirtschaftsraum. Sie besitzen bereits bei Anlieferung volle Tragfähigkeit und sind in verschiedenen Dicken und Spannweiten mit unterschiedlichen Tragfähigkeiten erhältlich. Sie eignen sich für Zwischen- und Dachdecken von Gebäuden.

#### Brandschutz

HEBEL Deckenplatten gehören zu den nicht brennbaren Baustoffen der Klasse A1 nach DIN 4102 und DIN EN 13501. Sie erfüllen damit je nach Ausführung die Anforderungen aller Feuerwiderstandsklassen. In Normalausführung erfüllen sie Feuerwiderstandsklasse F 90 bzw. REI 90, bei größerer Betondeckung der Bewehrung bis F 180 bzw. REI 180.

#### HEBEL Deckenplatten als thermischer Abschluss

Porenbeton ist überall dort ein idealer Baustoff, wo es auf möglichst guten thermischen Abschluss

gegen die Außenluft oder gegen unbeheizte Gebäudeteile ankommt, so auch bei den Keller- und Geschossdecken.

#### Planung

Die Bemessung erfolgt nach statischer Berechnung. Die Mindestdicken der Platten hängen von den Stützweiten, Belastungen und Feuerwiderstandsklassen ab.

Aus konstruktiven Gründen, aber auch für einen verbesserten Wärmeschutz, Schallschutz oder höhere Feuerbeständigkeit kann es sinnvoll sein, die statisch erforderlichen Mindestdicken zu erhöhen (s. 4.4).

Zur Vorplanung und überschlägigen Dimensionierung können Angaben aus der Tabelle in 4.4.3 entnommen werden. Für Planung und Konstruktion stellt Xella Aircrete Systems neben diesem Handbuch weiteres Informationsmaterial zur Verfügung, das unter [www.hebel.de](http://www.hebel.de) im Internet abgerufen werden kann.

### 2.6.2 Produkt-Kenndaten

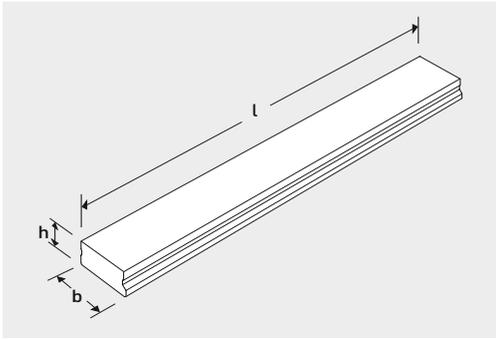
#### Produkt-Kenndaten HEBEL Deckenplatten

Druckfestigkeitsklasse	P 4,4	Dimension
Charakteristische Druckfestigkeit $f_{ck}$	4,4	MPa
Rohdichteklasse	0,55	
Rohdichte max.	550	kg/m <sup>3</sup>
Wärmeleitfähigkeit $\lambda$	0,14	W/(mK)
Rechenwert für Eigenlasten einschließlich Bewehrung und Fugenverguss	6,7	kN/m <sup>3</sup>
Elastizitätsmodul $E_{cm}$	2.000	MPa
Wärmedehnzahl $\alpha_T$	8	10 <sup>-6</sup> ·K <sup>-1</sup>
Schwindmaß $\epsilon_f$	< 0,2	mm/m

## 2.6.3 Formate

### Standard-Lieferprogramm HEBEL Deckenplatten

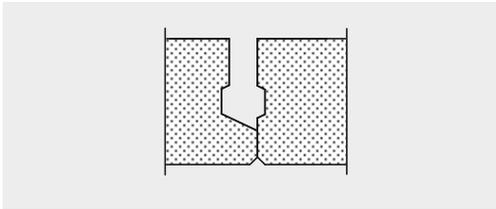
2



Breite b [mm]	625/750
Dicke h [mm]	Länge l [mm]
200	Standardlänge 6.000*
250	
300	

\* andere Längen bis maximal 8.000 mm belastungsabhängig möglich bei max. Stützweite von 7,50 m

Die Längsseiten der HEBEL Deckenplatten sind mit einem formschlüssigen Vergussquerschnitt ausgestattet.



## 2.6.4 Montage

HEBEL Deckenplatten lassen sich einfach verlegen. Lediglich Fugen und Ringankerquerschnitte müssen mit Beton vergossen werden. Der Einbau erfolgt weitgehend trocken. Schalungen sind nicht notwendig.

Bei Zwischenlagerung werden die mit Bandstahl zusammengefassten Platten auf Kantenhölzern abgesetzt. Wenn die Platten in mehreren Lagen gestapelt werden, ist darauf zu achten, dass die Lagerhölzer fluchtend übereinander liegen.

HEBEL Deckenplatten dürfen nur in den vom Herstellwerk ausgelieferten Abmessungen eingebaut werden. Sie dürfen in Ausnahmefällen nur durch Beauftragte des Herstellwerks nachträglich gekürzt werden, wenn dadurch, vor

allem im Bereich örtlicher Auflagerungen oder im Bereich von Verankerungen, die Tragfähigkeit nicht beeinträchtigt wird.

An Bauteilen dürfen keine Stemmarbeiten vorgenommen werden. Das Fräsen, Sägen oder Bohren eines einzelnen Loches rechtwinklig zur Bauteilebene bis zu einem Durchmesser  $1/3 \cdot b$  ist zulässig, wenn für den verbleibenden Querschnitt die Tragfähigkeit nachgewiesen ist. Wird das Loch außerhalb des Werks hergestellt, gilt der vorhergehende Absatz sinngemäß.

### Materialgerechte Behandlung

HEBEL Deckenplatten sollen bei Transport, Lagerung und Montage sorgfältig behandelt werden, da sie als vorgefertigte Montagebauteile nach dem Einbau oft nur noch beschichtet oder gestrichen werden.

Bei der Montage von HEBEL Deckenplatten sind die Angaben der Lieferwerke, die Materiallisten und die Verlegepläne zu beachten.

Grundsätzlich kann der Einbau bei jeder Witterung erfolgen. Im Winter sind bei Frostgefahr die erforderlichen Maßnahmen zu berücksichtigen. Für das Abtauen von Schnee und Eis darf kein Salz verwendet werden.

Die Verlegung erfolgt nahezu trocken. Die liegend angelieferten HEBEL Deckenplatten werden einzeln mit Kran und Verlegezange aus dem Paket in die endgültige Position verlegt.

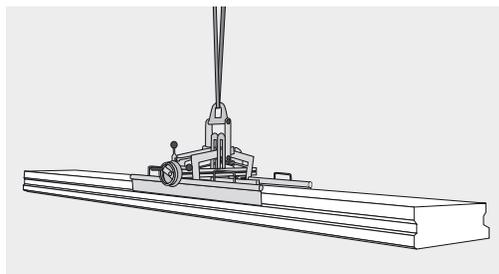
Es ist darauf zu achten, dass die erste Platte fluchtgerecht eingebaut wird, damit die anderen Platten später nicht nachgerückt werden müssen. Stahlauswechselungen für Öffnungen werden gleich mit eingebaut.

Vor dem Betonverguss werden die Fugen und Ringankerquerschnitte vorgehäst und dann mit feinkörnigem Beton mindestens der Betongüte C 12/15 ausgefüllt und verdichtet.



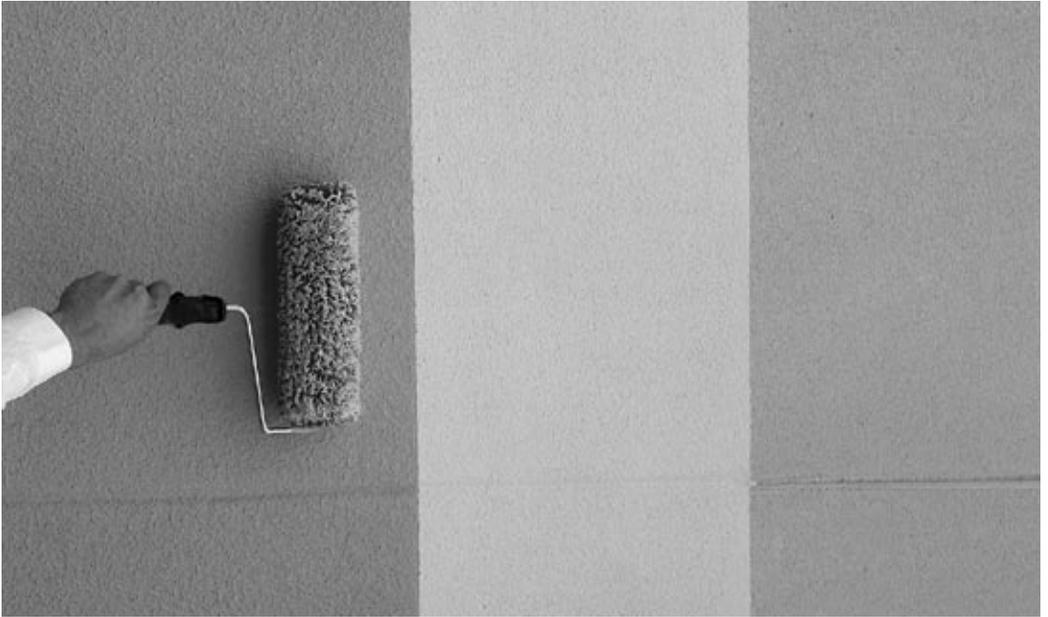
HEBEL Deckenplatten mit eingelegter Fugen- und Ringankerbewehrung.

Beim Lagern von Einzellasten, vor allem in Feldmitte, ist die Tragfähigkeit der Platten zu beachten. Bei größeren Stützweiten empfiehlt es sich, die Decken vorübergehend abzustützen oder Lasten nur in Nähe des Auflagers abzusetzen.



Deckenplatten-Verlegezange.





## Folgearbeiten

- 3.1 Wandabdichtungen
- 3.2 Verfugungen
- 3.3 Außenbeschichtung
- 3.4 Fassadenbekleidungen
- 3.5 Dachabdichtung
- 3.6 Innenbeschichtung
- 3.7 Abgehängte Decken
- 3.8 Bodenbeläge
- 3.9 Befestigungen

## 3.1 Wandabdichtungen

Damit Bauteile ihre planmäßigen Aufgaben erfüllen können, müssen sie vor dem Eindringen von Feuchtigkeit geschützt werden.

### Feuchtigkeitsabdichtung horizontal

HEBEL Bauteile sind gegen aufsteigende Feuchtigkeit zu schützen.

Hier können alle Dichtungsbahnen eingesetzt werden, die in DIN 18195 für diese Anwendung vorgesehen sind. Darüber hinaus hat sich die Verwendung von flexibler Dichtungsschlämme

bewährt, da sich dieses Material gut an die vertikale Abdichtung anschließen lässt. Die abdichtenden Materialien müssen DIN 18195 sowie dem ibh-Merkblatt „Bauwerksabdichtungen mit zementgebundenen starren und flexiblen Dichtungsschlämmen“ entsprechen. Zementgebundene Schlämmen sind nicht in der Materialauflistung der DIN 18195 enthalten. Ihre Verwendung ist daher bei Auftragsvergabe mit dem Auftraggeber besonders zu vereinbaren.

## 3.2 Verfugungen

Eine Verfugung von HEBEL Montagebauteilen ist überall dort erforderlich, wo aus Gründen des Feuchtigkeits- und Schlagregenschutzes eine geschlossene Fläche notwendig ist.

Die nachfolgend beschriebenen Fugenausbildungen sind für normale Beanspruchungen gedacht. In Sonderfällen, z. B. bei aggressiver Luft oder Wasser, kann auch ein anderer Fugenaufbau notwendig werden. In solchen Fällen ist mit Xella Aircrete Systems Rücksprache zu nehmen.

Für die Ausführung von Verfugungsarbeiten sind sowohl das Merkblatt für die Fugenausbildung bei Wandbauteilen aus Porenbeton (Berichtsheft Nr. 6) des Bundesverbandes Porenbeton als auch die Richtlinien der Fugendichtungsmassen-Hersteller zu beachten.

Es sollen nur solche Verfugungssysteme verwendet werden, deren Eignung für Porenbeton vom Hersteller nachgewiesen und zugesichert werden kann.

### 3.2.1 Kleber und Fugenfüller

#### Produkt und Anwendung

Kleber und Fugenfüller (Hersteller: Alsecco; Produkt: KLEFU) ist ein Dispersions-Klebermörtel zum Verkleben von Wandplatten im Bereich der Lagerfugen, sowie zum Auskehlen der angefasten Plattenfugen.

#### Produkt-Kenndaten

##### Kleber und Fugenfüller in Lieferform

Lieferform	3-kg-Kunststoffpuppen
Bindemittelbasis	Acrylatdispersion
Trockenzeit	ca. 4 bis 24 Stunden, je nach Temperatur, rel. Luftfeuchte und Schichtdicke
spezifisches Gewicht	ca. 1,8 g/cm <sup>3</sup>
pH-Wert	ca. 8,5

#### Untergrund-Vorbehandlung

Alle Untergründe müssen sauber und frei von haftmindernden Rückständen, eisfrei und oberflächentrocken sein.

#### Verarbeitung

- a) Verklebung:  
Kleber und Fugenfüller ist 30 mm von der Plattenkante zurückversetzt in einer Strang-

dicke von ca. 10 mm aufzutragen (keine Schlangenlinie).

- b) Verfugung:  
Kleber und Fugenfüller wird bei HEBEL Wandplatten in die horizontale, gefaste Lagerfuge aus der Kunststoffpuppe eingespritzt und nachgeglättet.

Nach etwa 24 bis 72 Stunden ist diese Fugen-dichtungsmasse ausreichend durchgehärtet.



Verklebung von HEBEL Wandplatten mit Kleber und Fugenfüller.



Verfugung der Lagerfuge von HEBEL Wandplatten mit Kleber und Fugenfüller.

### Achtung!

Die Verfüguungsmasse kann im frischen Zustand durch Regen ausgewaschen werden.

Die Reinigung der Werkzeuge erfolgt mit Wasser.

## 3.2.2 Elementkleber

### Produkt und Anwendung

Elementkleber ist ein Dispersions-Klebemörtel zum Verkleben von Wandplatten im Bereich der Längsfugen. Vgl. Berichtsheft Nr. 6 des Bundesverbandes Porenbeton, Tabelle 2.

Elementkleber ist wetterbeständig, haftfest und schwundarm. Es gibt ihn in 3 Ausführungen:

Typ PW: bei Temperaturen bis  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$  verarbeitbar; grob gefüllt

Typ F: bei Temperaturen  $\geq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  verarbeitbar; fein gefüllt, für geringste Lagerfugendicken

Typ FW: bei Temperaturen bis  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$  verarbeitbar; fein gefüllt, für geringste Lagerfugendicken

Hinweise:

- Für Verfugungsarbeiten kann Elementkleber nicht verwendet werden.
- Lagerung in original verschlossener Verpackung mind. 1 Jahr; kühl lagern; Elementkleber F frostgeschützt lagern.

### Produkt-Kenndaten

#### Elementkleber in Lieferform

Lieferform	3-kg-Kunststoffpuppen
Bindemittelbasis	Acrylatdispersion
Trockenzeit	ca. 24 bis 48 Stunden, je nach Temperatur, rel. Luftfeuchte und Schichtdicke
spezifisches Gewicht	ca. $1,7\text{ g/cm}^3$
pH-Wert	ca. 8,5

### Materialbedarf

Verbrauch: 200 g/m je Strang  
Wir empfehlen, den exakten Materialbedarf durch Probeverklebung auf den in Frage kommenden Untergründen am Objekt zu ermitteln.

### Untergrund-Vorbehandlung

Alle Untergründe müssen sauber und frei von haftmindernden Rückständen, eisfrei und oberflächentrocken sein.

### Verarbeitung

Den Dispersions-Klebmörtel 30 mm von der Plattenkante zurückversetzt in einer Strangdicke von ca. 10 mm auftragen (keine Schlangenlinie).

Die Reinigung der Werkzeuge erfolgt mit Wasser.

## 3.2.3 Plastoelastische Fugenmasse

### Produkt und Anwendung

Plastoelastische Fugenmasse (Hersteller: Alsecco; Produkt: Alseccoflex W) ist eine ein-komponentige Kunstharzdispersions-Fugendichtungsmasse mit 20 % zulässiger Gesamtverformung für Fugen mit dichtender Funktion zwischen HEBEL Montagebauteilen, z. B. vertikale Stoßfugen, jedoch nicht geeignet zur Abdichtung gegen stehendes oder drückendes Wasser.

Die plastoelastische Fugenmasse ist frühregenfest, lösemittelfrei und überstreichbar. Das Rückstellvermögen liegt im Bereich von 40 % bis 70 %, d. h. das Material besitzt überwiegend elastische Eigenschaften. Die Farbe ist altweiß.

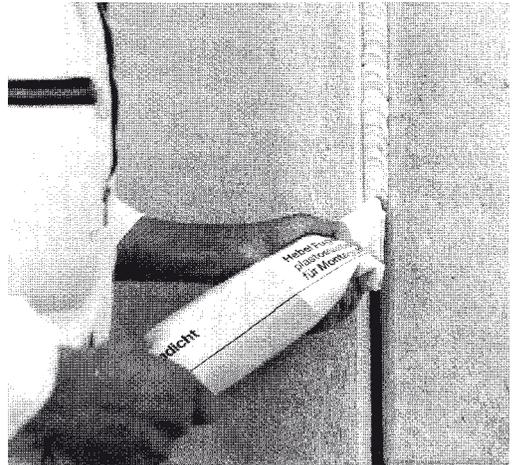
Hinweise:

- Die Beschichtung darf frühestens 5 Tage nach der Verfugung erfolgen.
- Während Verarbeitung und Trocknung dürfen Temperaturen von + 5 °C nicht unter- und + 40 °C nicht überschritten werden.

- Lagerung in original verschlossener Verpackung max. ein Jahr; kühl und frostgeschützt lagern.

### Materialbedarf:

ca. 130 g/m bei 10 mm Fugendicke  
ca. 250 g/m bei 15 mm Fugendicke  
ca. 500 g/m bei 20 mm Fugendicke  
Fugentiefe: 2/3 bis 3/4 der Fugendicke



Verfugung der vertikalen Stoßfugen von liegenden HEBEL Wandplatten mit plastoelastischer Fugenmasse.

### Produkt-Kenndaten

#### Plastoelastische Fugenmasse in Lieferform

Lieferform	2,5-kg-Kunststoffpuppen
Bindemittelbasis	Acrylatdispersion
Trockenzeit	je nach Witterung nach 0,5 bis 2 Std.; dann regenfest; Durchhärtung abhängig von Temperatur u. rel. Luftfeuchte: bei 23 °C und 50 % rel. Luftfeuchte in ca. 20 Tagen
spezif. Gewicht	1,60 g/cm <sup>3</sup>

### Untergrund-Vorbehandlung

Vor der Verfugung sind alle Fugen auf eine gleichmäßige Fugendicke zwischen 10 und 20 mm zu bringen. Die Fugenflanken müssen tragfähig, sauber, staubfrei und frei von haftmindernden Rückständen sein. Zur besseren Haftung, insbesondere bei nicht völlig staubfreien Flanken, ist eine Grundierung mit Fugenmasse-Grundie-

zung zu empfehlen. Die Fugentiefe ist durch Hinterfütterung mit einer offenporigen, nicht wassersaugenden PE-Rundschnur zu begrenzen.

**Verarbeitung**

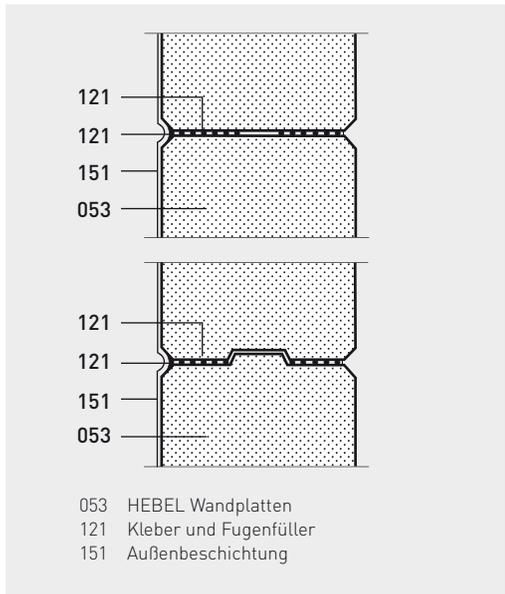
Plastoelastische Fugenmasse wird aus der Kunststoffpuppe in die vorbereitete Fuge eingespritzt und mit einem feuchten Pinsel abgeglättet. Es ist darauf zu achten, dass nur die Fugen, nicht die abgeschrägten Fasen mit Fugendichtstoff verfüllt werden.

Die Reinigung der Werkzeuge erfolgt mit Wasser.

**3.2.4 Horizontale Fugen zwischen Bauteilen**

Zu unterscheiden sind:

- a) horizontale Fugen zwischen liegenden HEBEL Wandplatten, die mit Dispersions-Klebemörtel (Kleber und Fugenfüller oder Elementkleber) geschlossen werden.



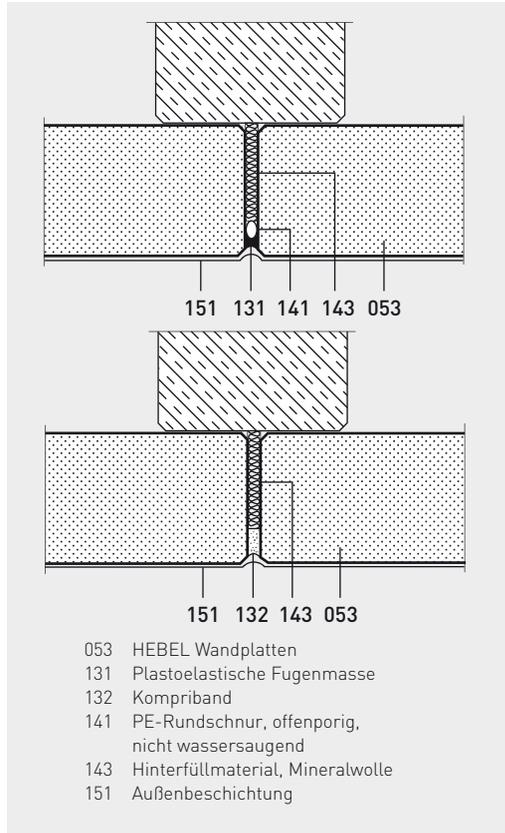
Horizontale Fugen zwischen Bauteilen – Vertikalschnitte.

- b) horizontale Fugen zwischen vertikal übereinander stehenden HEBEL Wandplatten, die mit plastoelastischer Fugenmasse abgedichtet werden.

**3.2.5 Vertikale Fugen zwischen Bauteilen**

Hier sind zu unterscheiden:

- a) vertikale Stoßfugen bei liegenden HEBEL Wandplatten, die mit plastoelastischer Fugenmasse abgedichtet werden.



Vertikale Fugen zwischen Bauteilen – Horizontalschnitte.

- b) vertikale Fugen zwischen stehenden, nicht tragenden HEBEL Wandplatten, die mit einer elastoplastischen Fugendichtungsmasse abgedichtet werden.

### 3.2.6 Konstruktiv bedingte Fugen zwischen Bauteilen

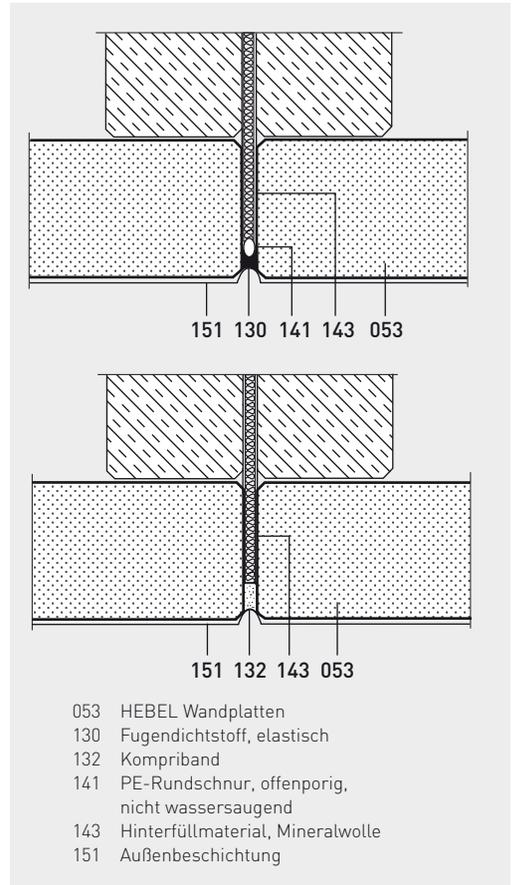
Hierunter fallen horizontale Fugen im Bereich von Abfangkonsolen, Farbsprüngen, von Wechseln der Befestigungsart, sowie vertikale Fugen im Raster der Unterkonstruktion im Bereich von stehenden HEBEL Wandplatten. Diese Fugen sind mit plastoelastischer Fugenmasse auszuführen.

### 3.2.7 Anschluss- und Bewegungsfugen

Damit sind Fugen gemeint, die größere Verformungen aufzunehmen haben (z. B. Anschlussfugen zwischen HEBEL Bauteilen und anderen Bauteilen sowie Bewegungsfugen  $\leq 35$  mm).

In diesen Fällen sind elastische Fugendichtungsmassen oder -bänder zu verwenden, die höhere Zug- und Druckbeanspruchungen aufnehmen können.

Bei Siliconverfugungen ist zu beachten, dass Beschichtungen nicht auf dieser Art der Verfugung haften und dass außerdem im Anschlussbereich Verfärbungen auftreten können.



Anschluss- und Bewegungsfugen – Horizontalschnitte.

### 3.2.8 Sonderfälle

In Sonderfällen, z. B. bei Erschütterungen, extremen Temperaturwechselbelastungen, aggressivem Innenraumklima oder höheren Luftfechtigkeiten, ist objektbedingte Rücksprache mit Xella Aircrete Systems zu nehmen.

Im Bereich der Anwendungsfälle 3.2.4 b), 3.2.5 a), 3.2.6, 3.2.7 und 3.2.8 können anstelle von Fugendichtungsmassen auch vorkomprimierte Fugendichtungsbänder verarbeitet werden.

### 3.3 Außenbeschichtung

Aufgrund einschlägiger Normen, z. B. DIN 18363, sowie gültiger Zulassungen und Merkblätter müssen HEBEL Bauteile wie alle anderen Rohbaustoffe an den Gebäudeaußenseiten durch Nachbehandlung vor Witterungseinflüssen geschützt werden. Vielfach ist auch aus optischen Gründen eine Oberflächenbehandlung gewünscht bzw. erforderlich.

HEBEL Wandplatten werden nicht verputzt, sondern durch eine Beschichtung vor Witterungseinflüssen geschützt. Es sollen nur solche Außenbeschichtungssysteme verwendet werden, deren Eignung für Porenbeton vom Beschichtungshersteller nachgewiesen und zugesichert werden kann. So wird verhindert, dass Beschichtungen oder bloße Anstriche zum Einsatz kommen, die den hohen physikalischen Anforderungen evtl. nicht genügen (siehe auch DIN 18299 und DIN 18363).

Bei HEBEL Bauteilen, deren Oberflächen nach dem Einbau im Bauwerk nicht der Witterung ausgesetzt sind, wird empfohlen, aus ästhetischen Gründen oder aus evtl. zwingend notwendigen Erfordernissen, z. B. bei Lebensmittelbetrieben, eine malerische Behandlung durchzuführen.

Beschichtungen oder Nachbehandlungen dürfen erst dann ausgeführt werden, wenn die Oberfläche der Porenbeton-Bauteile lufttrocken ist (Feuchtigkeitsgehalt unter 20 Gewichtsprozent).

Die Originalfarbe der HEBEL Montagebauteile ist weiß bis weißgrau. Bei Lagerung kann jedoch eine Oberflächenverfärbung entstehen, so dass einzelne Bauteile ein dunkleres Aussehen bekommen. Die an der Oberfläche auftretenden Poren mit unterschiedlich großen Durchmessern sind materialspezifisch und stellen keine Qualitätsminderung dar.

#### Erforderliche Eigenschaften der Beschichtung

Eine dauerhafte, materialgerechte Beschichtung auf Porenbeton muss, abgesehen von den allgemeinen Qualitäten wie Haftfestigkeit, Lichtbeständigkeit, Wetterbeständigkeit, vor allem wasserabweisend sein, trotzdem aber in hohem Maße dampfdurchlässig. Die Feuchtigkeitsabgabe der Wand muss größer sein als die Wasseraufnahme.

Diese Bedingung führt zu folgenden Anforderungen an die Wasserdampfdurchlässigkeit und Wassereindringzahl der Beschichtung (laut Institut für Bauphysik, Stuttgart, Freiland-Versuchsstelle, Holzkirchen):

$$w \cdot s_d \leq 0,2 \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{h}^{0,5})$$

Wasseraufnahmekoeffizient:

$$w \leq 0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$$

Diffusionsäquivalente Luftschichtdicke:

$$s_d \leq 2 \text{ m}$$

So hat z. B. eine Beschichtung mit  $s_d = 2 \text{ m}$  die gleichen Diffusionseigenschaften wie eine 2 m dicke Luftschicht.

Der Wasseraufnahmekoeffizient  $w \leq 0,5$  bedeutet, dass abhängig von der Zeit nur eine sehr geringe Menge Feuchtigkeit aufgenommen wird.

Das Produkt  $w \cdot s_d$  beschreibt, ob z. B. eine Beschichtung in der Lage ist, den Witterungsschutz zu gewährleisten.

Je größer  $w$  (Grenzwert jedoch  $\leq 0,5$ ), desto kleiner muss  $s_d$  (Grenzwert  $\leq 2 \text{ m}$ ) sein; oder: je kleiner  $w$ , desto größer kann  $s_d$  (Grenzwert  $\leq 2 \text{ m}$ ) werden.

Mit Abstand hat Silikat-Außenbeschichtung den günstigsten Feuchtehaushalt. Feuchtigkeit kann bei der Trocknung ungehindert durch diese sehr diffusionsoffene Silikatbeschichtung diffundieren. Dadurch bleiben die positiven Eigenschaften des Porenbetons erhalten. Sie ist jedoch nur im Farbton weiß zu empfehlen.

### Untergrund-Vorbehandlung

Die Oberfläche muss lufttrocken, staub- und fettfrei sowie frei von Verschmutzungen sein. Staub und lose Teile sind von allen Flächen mit scharfem Besen bzw. Bürste abzukehren.

### Verarbeitung

- Während Verarbeitung und Trocknung dürfen Temperaturen von + 5 °C nicht unterschritten werden.
- Der Feuchtegehalt des Porenbetons muss unter 21 Gewichtsprozent liegen.

Die Verarbeitungsrichtlinien der jeweiligen Beschichtungshersteller sind unbedingt zu beachten.

### Verbrauch

Die Materialdicken von Beschichtungen sind nur ungenau messbar.

Der Verbrauch ist von der Bindemittelbasis, den Füllstoffen und sonstigen Zuschlägen abhängig. Der Aufbau der Beschichtungen, von der Grundierung bis zur Deckschicht, ist bei den einzelnen Fabrikaten zum Teil verschieden.

Deshalb sind entsprechend den gewählten Materialien die speziellen Empfehlungen und Hinweise der Hersteller zur Verarbeitung zu beachten.

### Farbgebung

Die Beschichtungsmaterialien sind in nahezu allen Tönen einfärbbar und erlauben vielerlei farbliche Gestaltung.

Wegen der Aufheizung der Wandflächen sollten auch bei HEBEL Wänden Farben mit Hellbezugswert > 30 (Farbskala: schwarz = 0, weiß = 100) verwendet werden.

## 3.3.1 Silikon-Außenbeschichtung

### Produkt und Anwendung

Silikonharzdispersionsbeschichtung (Alsecco Alseccopor Quattro oder Brillux Silicon-Porenbetonbeschichtung 449) ist eine hoch wasserabweisende Beschichtung, geeignet als langzeitbeständiger Wetterschutz für HEBEL Wandplatten. Sie ist verschmutzungsresistent, hoch witterungsbeständig, schlagregendicht, wasserdampfdurchlässig, haftfest und leicht zu verarbeiten.

Die Farbe der Beschichtungsmaterialien ist im Normalfall „Standard weiß“. Sie sind aber auch in vielen Tönen einfärbbar. Das ermöglicht vielfältige farbliche Gestaltung.

### Grundierung

- Bei Erstbeschichtung eines Neubaus mit Alseccopor Quattro ist keine Grundierung erforderlich. Längerfristig bewitterte, nicht imprägnierte Porenbetonflächen werden mit Hydro-Tiefgrund grundiert.
- Bei Erstbeschichtung mit Brillux Silikonbeschichtung 449 in Weiß ist keine Grundierung erforderlich. Bei farbiger Beschichtung muss vorher mit Brillux Grundierkonzentrat ELF 938 grundiert werden.

### Beschichtung mit strukturierter Oberfläche

Der Auftrag erfolgt zweilagig durch Streichen oder Rollen:

- Die erste Beschichtung wird mit max. 20 % Wasser verdünnt und mit Deckenbürste oder Rolle porenverschließend aufgetragen.

- Die zweite Beschichtung erfolgt mit max. 5 % Wasser verdünnt und wird nach Durchtrocknung der ersten Lage mit Rolle oder Deckenbürste aufgetragen, anschließend mit grober Moltopren-Strukturwalze oder kurzfloriger Lammfellrolle in frischem Zustand strukturiert.
- Vor der Strukturierung sind die Fasen bzw. Fugen der HEBEL Montagebauteile mit einem Flachpinsel nachzuziehen.

Nicht unter starker Sonneneinstrahlung verarbeiten.

### **Beschichtung mit Spachtelung und nachfolgende Strukturierung**

Für eine anspruchsvolle Oberflächengestaltung ist auch eine Spachtelung mit anschließender Beschichtung möglich.

Beschichtungsaufbau:

- Flächige, einlagige Spachtelung mit gebrauchsfertigem Acryl-Spachtel (Alsecco Alseccocryl-Spachtel). Vertikalfugen (Bewegungsfugen) werden nicht überspachtelt. Anschließend einlagiger Auftrag von Silikon-Außenbeschichtung.
- Flächige, einlagige Spachtelung mit gebrauchsfertigem Acryl-Spachtel (Brillux Putzfüller für Porenbeton 978). Anschließend einlagiger Auftrag von weißer Silikon-Außenbeschichtung. Bei farbiger Beschichtung sind zwei Beschichtungen notwendig.

## **3.3.2 Silikat-Außenbeschichtung**

### **Produkt und Anwendung**

Dispersionssilikatbeschichtungen sind lösemittelfreie, umweltverträgliche, schmutzabweisende und wetterbeständige Beschichtungen mit lichtbeständigen anorganischen Pigmenten und mineralischen Füllstoffen.

Silikat-Außenbeschichtung geht eine innige Verbindung mit dem Porenbeton ein, die den Poren-

beton-Untergrund verfestigt. Für die Gestaltung der Oberfläche gibt es neben der Standardausführung eine Auswahl an Gestaltungstechniken, z. B. Lasur, Marmorierung, Schwamm-, Wickel- und Sprengeltechniken. Der Standardfarbton ist weiß in Anlehnung an RAL 9016.

### **Grundierung**

- Bei einer Erstbeschichtung eines Neubaus ist keine Grundierung erforderlich.
- Bei längerfristig unbehandelt bewitterten Flächen ist objektgebunden zu entscheiden, ob mit Spezial-Fixativ (Hersteller: Keimfarben; Produkt: Keim Spezial Fixativ) grundiert werden muss.

### **Beschichtung strukturerhaltend**

Auch mit einer einfachen farbgebenden Schutzbeschichtung können die technischen Anforderungen an Beschichtungen auf Porenbeton erfüllt werden.

Eine Strukturangleichung der Porenbeton-Oberfläche ist hierbei nicht möglich.

Beschichtungsaufbau in zwei Arbeitsgängen:

- Grundbeschichtung: Dispersionssilikatfarbe, (Hersteller: Keimfarben; Produkt: Keim Porosil Farbe) verdünnt mit Spezial-Fixativ
- Schlussbeschichtung: Dispersionssilikatfarbe, unverdünnt

### **Beschichtung mit strukturierter Oberfläche**

Hierfür werden füllende, strukturgebende Dispersionssilikatbeschichtungen verwendet, mit denen die Oberfläche der Porenbeton-Wand strukturiert wird.

Diese Variante gilt als Standardbeschichtung auf HEBEL Montagebauteilen und erfüllt die technischen Erfordernisse für Porenbeton-Beschichtungen in ausgezeichneter Weise.

Beschichtungsaufbau in weiß:

- Grundbeschichtung: Silikat-Strukturbeschichtung (Hersteller: Keimfarben; Produkt: Keim Porosil Strukturbeschichtung), verdünnt mit Spezial-Fixativ, mit geeigneter Rolle aufbringen.
- Schlussbeschichtung: Silikat-Strukturbeschichtung, unverdünnt rollen und gleichmäßig strukturieren.

Beschichtungsaufbau im Farbton:



Strukturieren der Beschichtung mit der Rolle.

- Grundbeschichtung: Silikat-Strukturbeschichtung, verdünnt mit Spezial-Fixativ, mit geeigneter Rolle aufbringen.
- Schlussbeschichtung: Silikat-Strukturbeschichtung, unverdünnt rollen und gleichmäßig strukturieren.
- Egalisationsanstrich: Dispersionssilikatfarbe unverdünnt rollen.

### Beschichtung mit glatter Oberfläche

Optisch anspruchsvolle, glatte Oberflächen werden mit folgendem Beschichtungsaufbau erreicht.

- Flächige Spachtelung mit gebrauchsfertigem Silikat-Spachtel (Hersteller: Keimfarben; Produkt: Keim Porosil Spachtel). Die Schichtdicke beträgt ca. 2 mm. Fugen werden nicht überspachtelt.
- Nach Durchtrocknung der Spachtelschicht werden Unebenheiten und Spachtelgrate plan geschliffen (z. B. mit einem Korundstein) und entstaubt.
- Auf die Spachtelung wird eine Farbbeschichtung auf Dispersionssilikatbasis aufgebracht (Dispersionssilikatfarbe).

### 3.3.3 Acryl-Außenbeschichtung

#### Produkt und Anwendung

Acryl-Außenbeschichtung (Hersteller: Alsecco; Produkt: Alseccocryl M oder Alseccocryl G) ist eine lösemittelfreie wasserabweisende Kunstharzdispersionsbeschichtung, geeignet als Wetterschutz für HEBEL Wandplatten.

Acryl-Außenbeschichtung ist wetterbeständig, schlagregendicht, wasserdampfdurchlässig, haftfest, abtönbar und leicht zu verarbeiten. Sie wird in den Körnungsgrößen fein, mittel und grob geliefert. Standardfarbton ist naturweiß.

#### Grundierung

- Bei Erstbeschichtung eines Neubaus ist keine Grundierung erforderlich.
- Bei längerfristig unbehandelt bewitterten Flächen ist objektgebunden zu entscheiden, ob mit Tiefgrund (Hersteller: Alsecco; Produkt: Alsecco Hydro Tiefgrund) grundiert werden muss.

### Beschichtung mit strukturierter Oberfläche

Hierfür werden füllende, strukturgebende Acrylharzdispersionsbeschichtungen wie die beschriebene Acryl-Außenbeschichtung verwendet, mit denen die Oberfläche der Porenbeton-Wand strukturiert wird.

Diese Art der Beschichtung gilt als Standardbeschichtung auf HEBEL Montagebauteilen und erfüllt die technischen Erfordernisse für Porenbeton-Beschichtungen in ausgezeichnete Weise.

Beschichtungsaufbau:

- Die erste Beschichtung ist mit ca. 20 % Wasser verdünnt durch Streichen, Spritzen oder Rollen vorzunehmen.
- Die zweite Beschichtung erfolgt mit max. 5 % Wasser verdünnt durch Streichen, Spritzen oder Rollen. Dabei wird die Oberfläche durch Abwalzen mit grober Neoprenschaumrolle strukturiert.
- Vor der Strukturierung sind die Fasen bzw. Fugen bei HEBEL Montagebauteilen mit einem Flachpinsel nachzuziehen.

Nicht unter starker Sonneneinstrahlung verarbeiten.

### Beschichtung mit Spachtelung und nachfolgende Strukturierung

Für eine anspruchsvolle Oberflächengestaltung ist auch eine Spachtelung mit anschließender Beschichtung möglich.

Beschichtungsaufbau:

- Flächige, einlagige Spachtelung mit gebrauchsfertigem Acryl-Spachtel (Hersteller: Alsecco; Produkt: Alseccocryl-Spachtel). Vertikalfugen (Bewegungsfugen) werden nicht überspachtelt.
- Anschließend einlagiger Auftrag mit Acryl-Außenbeschichtung.

## 3.3.4 Renovierung von Außenbeschichtungssystemen

Vor Beginn der Arbeiten ist wegen der Vorbereitung des Untergrundes eine objektgebundene Beratung erforderlich.

### Renovieren mit Silikat-Außenbeschichtung

Die Renovierung einer tragfähigen Acryl-Außenbeschichtung auf Porenbeton (Ausnahme: plastoelastische Altbeschichtungen) erfolgt durch:

- Grundbeschichtung mit geeigneter Haftbrücke auf Dispersionssilikatbasis (Acrylharzbasis). Schlussbeschichtung auf Dispersionssilikatbasis (Acrylharzdispersionsbasis), unverdünnt.

Die Renovierung tragfähiger Silikat-Außenbeschichtungen auf Porenbeton erfolgt durch:

- Grundbeschichtung auf Dispersionssilikatbasis, verdünnt mit Fixativ.
- Schlussbeschichtung auf Dispersionssilikatbasis, unverdünnt.

## 3.4 Fassadenbekleidungen

### Vorgehängte Fassaden

Überall dort, wo keine Beschichtung gewünscht wird, ist die Verwendung aller gängigen Fassadenbekleidungen auf HEBEL Wandplatten möglich. Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass solche Fassadenteile mit den geeigneten Befestigungsmitteln sicher mit dem Untergrund verankert werden.

### Metallfassaden

Während der Montage der HEBEL Wandplatten werden zunächst auf den Plattenlängsseiten in bestimmten Abständen korrosionsgeschützte Verankerungsteile oder nach erfolgter Wandplattenmontage Winkelprofile auf der Wandoberfläche aufgebracht.

An den Verankerungsteilen oder an den Winkelprofilen werden dann die für die Fassadenverankerung notwendigen Teile und danach die Metallfassaden selbst befestigt. Grundsätzlich sind die Einbau- und Befestigungsvorschriften der Metallfassadenhersteller zu beachten. Näheres dazu ist im Bericht 16 des Bundesverbandes Porenbeton zu finden.



Lofatec Fassaden-Elemente aus Composit-Werkstoff auf Porenbeton.



Metallbekleidung auf Porenbeton (Trapezprofilierung).

## 3.5 Dachabdichtung

Dächer werden aufgrund ihrer Dachneigung in flache und geneigte Dachflächen unterschieden. Zudem erfolgt eine Unterscheidung nach nicht-belüfteten Dächern (Warmdach) und belüfteten Dächern (Kalddach), siehe DIN 4108-3.

Dächer und Dachkonstruktionen müssen vor schädlicher Durchfeuchtung infolge der auf sie einwirkenden Niederschlagsfeuchtigkeiten sowie vor Beschädigungen infolge mechanischer Einflüsse (Reparaturarbeiten) und gegen sonstige Beanspruchungen klimatischer, chemischer und biologischer Art geschützt werden.

Darüber hinaus ist der Dachaufbau so auszuführen, dass er bei einwirkenden witterungsbedingten Temperaturen zwischen  $-20\text{ °C}$  und  $+80\text{ °C}$  funktionsfähig bleibt. Außerdem muss die Dachhaut widerstandsfähig gegen Flugfeuer und strahlende Wärme sein. Sofern erforderlich, ist eine Sicherung gegen Abheben durch Windsogkräfte vorzunehmen, damit auch angreifende Windlasten der Dachhaut nichts anhaben können.

Als Dachabdichtungen auf HEBEL Dächern können Bitumendichtungsbahnen, Kunststoffdachbahnen sowie Metallabdeckungen, Faserzementplatten/-deckungen, Dachziegel, Betondachsteine und Schieferdeckungen verwendet werden. Die jeweilige Dachneigung ist für die Auswahl der Dachabdichtungsstoffe entscheidend. Bei der Verwendung von Bitumen- oder Kunststoffdichtungsbahnen (bei Ausführung von Flachdächern mit Neigung  $\leq 5^\circ$ ) ist die Aufbringung einer Kiesschüttung  $\geq 50\text{ mm}$  zu empfehlen.

Besonderes Augenmerk ist auf die Ausführung von Dachrandabschlüssen, Anschlüssen an andere Bauteile sowie Metallverwahrungen im Bereich von Dachdurchführungen, Fallrohren, Mauerkronen und Attiken zu legen.

Bei vollflächig geklebten Dichtungsbahnen ist unter der Dachhaut immer eine Dampfdruckausgleichsschicht vorzusehen. Bei lose verlegten oder mechanisch befestigten, z. B. bei Kunststoffdachbahnen, kann sie entfallen; ebenso bei punkt- oder streifenweise verklebten Dachdichtungsbahnen.

Auf den Einbau von Schleppestreifen über den stirnseitigen Plattenstoßfugen ist zu achten. Die Ausführung eines Voranstriches auf der Dachplattenoberseite zur Staubbinding und zur Verbesserung der Haftfähigkeit der Klebmittel ist ratsam.

Für die Ausführung von Dachabdichtungen siehe auch: Flachdach-Richtlinien des Zentralverbandes des Deutschen Dachdeckerhandwerks, VOB DIN 18338, Merkblatt B 10 der AGI und Berichtsheft 10 des Bundesverbandes Porenbeton.

### Zusatzdämmung

Flachdächer bzw. Warmdachkonstruktionen sind vielfach wegen der Dachhaut nach außen verhältnismäßig diffusionsdicht. Dennoch bleiben auch diese Konstruktionen diffusionstechnisch trocken. Bei Verwendung einer Zwischendämmung aus Mineralfaserplatten oder anderen diffusionsoffenen Dämmschichten wird der Einbau einer Dampfsperre  $s_d \geq 100\text{ m}$  zwischen Dachplatten und Wärmedämmung empfohlen, bei Metalldacheindeckungen ist sie generell erforderlich.

## 3.6 Innenbeschichtung

Sind aufgrund der Nutzung des Gebäudes besondere Schutzmaßnahmen oder Oberflächenbehandlungen auf der Innenseite der HEBEL Bauteile notwendig oder erwünscht, so ist Rücksprache mit Xella Aircrete Systems zu halten.

3

Darüber hinaus können Einflüsse aus der Raumluft oder die Umweltbedingungen nach DIN 1045 Tabelle 10, Zeilen 3 und 4 (aggressive Dämpfe) eine besondere Oberflächenbehandlung erforderlich machen.

In Feuchträumen oder in Räumen mit aggressiver Raumluft sind vor dem Aufbringen der entsprechenden Anstriche oder Beschichtungen

alle Plattenfugen und alle Anschlussfugen mit geeigneten Fugenmassen zu schließen. Durch diese Verfugung wird verhindert, dass Feuchtigkeit oder aggressive Dämpfe durch die sonst von innen offenen Fugen bauphysikalische Problembereiche schaffen.

Als Beschichtungen eignen sich sowohl Werkstoffe, die in Streich- und Spritztechnik, als auch solche, die in Spachteltechnik aufgebracht werden können. Auf eine fungizide Einstellung ist zu achten. Die Anwendungsrichtlinien der Beschichtungs- oder Anstrichhersteller sind zu beachten. Für eine ausreichende Durchlüftung und gegebenenfalls Beheizung der Räume ist zu sorgen.

## 3.7 Abgehängte Decken

Werden aufgrund der Raumnutzung abgehängte Decken oder leichte Unterdecken gewünscht, so lassen sich solche Deckensysteme schnell und einfach an HEBEL Dach- oder Deckenplatten anbringen.

Wichtig ist, dass im Zwischenraum zwischen den abgehängten Decken und der Unterseite der HEBEL Dach- bzw. Deckenplatten die gleichen raumklimatischen Verhältnisse herrschen wie in den darunter liegenden Räumen. Deshalb sind abgehängte Decken mit Randabständen zu den anschließenden Wänden zu montieren, um eine gewisse Luftumwälzung zu erreichen.

Ohne diese Randabstände entstehen im Zwischenraum unkontrollierbare physikalische Verhältnisse, die zu Schäden führen können (Verwerfungen der untergehängten Decke, Feuchtigkeitsanreicherung im Bereich der untergehängten Decke und/oder in der Dachdecke, Korrosion im Bereich der Abhängelemente).

Für die Ausführung von untergehängten Decken sind die entsprechenden einschlägigen DIN-Vorschriften zu beachten, wie:

- DIN 18168 – leichte Unterdecken
- DIN 18169 – Deckenplatten aus Gips
- DIN 18181 – Gipskartonplatten im Hochbau

Bei der Verlegung von Gipsfaserplatten sind die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen der Hersteller zu beachten.

Bei der Montage von HEBEL Dach- bzw. Deckenplatten können Abhängehaken aus nicht rostendem oder verzinktem Schlitzbandeisen oder Drahtabhängern in einem bestimmten Abstand in die Fugen eingelegt werden, die dann an der Plattenunterseite herauschauen. An diesen Schlitzbandeisen oder Drahtabhängern kann das Deckensystem befestigt werden.

Andere Halterungen können mittels zugelassener Dübel von unten an den HEBEL Dach- bzw. Deckenplatten befestigt werden. Die Zulassungen für die zu wählenden Dübel sind zu beachten. Eine handwerklich einwandfreie Ausführung ist notwendig.

## 3.8 Befestigungen

### 3.8.1 Grundlagen

Grundsätzlich ist die Einleitung von Lasten in Bauteile und Konstruktionen durch die Musterbauordnung geregelt, die vorschreibt, dass für Befestigungen, deren Versagen eine Gefährdung von Leben und Gesundheit bedeuten würde, nur zugelassene Befestigungsmittel verwendet werden dürfen. Für untergeordnete Befestigungen ohne Gefährdungspotenzial im Sinne der Musterbauordnung können Befestigungsmittel ohne Zulassung verwendet werden.

### 3.8.2 Dübel mit Zulassung

Die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen des DIBt gelten nur für definierte Baustoffe und Einbaubedingungen, die bei Auswahl und Montage einzuhalten sind. Aussagen über Einbaubedingungen und zulässige Lastaufnahmen sind in den Zulassungen der Hersteller aufgeführt.

In einigen Zulassungen wird – z. B. zur Benennung der Druckfestigkeitsklasse – für Porenbeton noch die frühere Bezeichnung Gasbeton mit dem Kürzel GB verwendet, das dem Kürzel P entspricht.

#### Dübel für besondere Anwendungen

Ergänzend zu den Zulassungen gibt es für die Bereiche Brandschutz und Schockbelastung (z. B. Erdbeben) und für die Anforderungen des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. von den Herstellern für einige Dübel besondere Prüfzeugnisse.

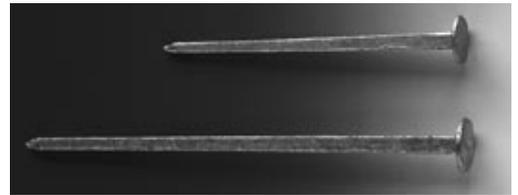
### 3.8.3 Befestigungsmittel ohne Zulassung

Hier kann die Auswahl konstruktiv gemäß den Anwendungsempfehlungen der jeweiligen Hersteller erfolgen, die auch Einbaubedingungen zu zulässige Lasten angeben.

#### Porenbeton-Nägel

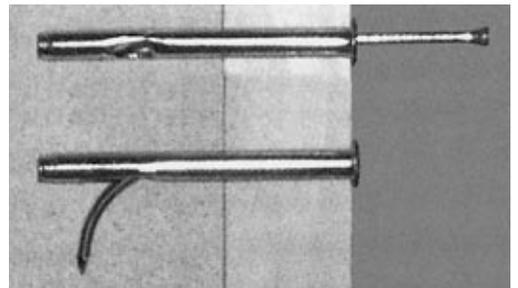
Das einfachste Befestigungsmittel sind konisch geschmiedete Porenbeton-Vierkantnägel mit rauer, feuerverzinkter Oberfläche für einfachste Befestigungen im Wandbereich.

Die Nägel werden handwerksgerecht wechselseitig schräg in den Untergrund eingetrieben.



Porenbeton-Vierkantnägel.

Der Berner Porenbeton-Nagel-Anker wird ohne vorzubohren in den Porenbeton eingeschlagen. Danach wird der Nagel eingetrieben, bis er bündig sitzt.



Berner Porenbeton-Nagel-Anker GNA.

Die einzuhaltenden Rand- und Achsabstände resultieren aus dem seitlichen Nagelaustritt. Der Anker erzeugt keine Spreizdruckkräfte, sondern verankert durch Formschluss. Der GNA 5 × 50 sollte nur für leichte Befestigungen verwendet werden. Alternativ als geschraubte Verbindung.

## Schrauben

Laut Prüfzeugnis Nr. 21 0512 099 der MPA NRW können Schrauben des Typs „ABC-SPAX-S“ auch direkt in Porenbeton eingedreht werden. Das Vorbohren oder Setzen eines Dübels entfällt.



ABC-SPAX-S Schrauben.

### 3.8.4 Sonderfälle

Bei besonders schweren Lasten, dynamischen Beanspruchungen und ähnlichen Fällen sind ggf. Montagen mittels Gewindebolzen zu wählen.

Das Porenbeton-Bauteil wird dazu im Bolzendurchmesser durchbohrt und mit einer Aufbohrung auf der Gegenseite versehen. Beidseitig großflächige Scheiben aufstecken und die Aufbohrung mit Gegenmutter anschließend zuputzen.

Bei der Befestigung von Installationsrohren ist es besonders wichtig, die Übertragung der Rohrgeräusche in Wand und Decke zu vermeiden. In solchen Fällen empfiehlt es sich, für die Befestigungen Halterungen mit Gummimanschetten o. Ä. zu verwenden.

### 3.8.5 Weitere Informationen und Quellen

Ausführliche Informationen zum Thema „Befestigungen in Porenbeton“ finden Sie auch bei folgenden Herstellern:

ABC Spax  
 Altenloh, Brinck & Co.  
 Kölner Straße 71 - 77  
 58256 Ennepetal  
 Telefon: 02333 799-0  
 Telefax: 02333 799-199  
[www.spax.de](http://www.spax.de)

Albert Berner GmbH  
 Bernerstraße 4  
 74653 Künzelsau  
 Telefon: 07940 121-0  
 Telefax: 07940 121-300  
[www.berner.de](http://www.berner.de)

BTI Befestigungstechnik GmbH & Co. KG  
 Salzstraße 51  
 74653 Ingelfingen  
 Telefon: 07940 141-0  
 Telefax: 07940 141-64  
[www.bti.de](http://www.bti.de)

EJOT Kunststofftechnik GmbH & Co. KG  
 Adolf-Böhl-Straße 7  
 57319 Bad Berleburg-Berghausen  
 Telefon: 02751 529-0  
 Telefax: 02751 529-559  
[www.ejot.de](http://www.ejot.de)

fischerwerke GmbH & Co. KG  
 Weinhalde 14 - 18  
 72178 Waldachtal  
 Telefon: 07443 12-0  
 Telefax: 07443 12-4222  
 Hotline: 01805 202900  
[www.fischer.de](http://www.fischer.de)

HILTI Deutschland GmbH  
 Hiltistraße 2  
 86916 Kaufering  
 Telefon: 0800 8885522  
 Telefax: 0800 8885523  
[www.hilti.de](http://www.hilti.de)

Kurt Kunkel GmbH  
 Jakobstraße 24  
 66115 Saarbrücken  
 Telefon: 0681 97631-0  
 Telefax: 0681 97631-22  
[www.kunkelduebel.de](http://www.kunkelduebel.de)

Ludwig Künzel Nagelfabrik  
Gesteinigt 1  
95659 Arzberg  
Telefon: 09233 77150  
Telefax: 09233 3700  
[www.kuenzel-naegel.de](http://www.kuenzel-naegel.de)

MEA Befestigungssysteme GmbH  
Sudetenstraße 1  
86551 Aichach  
Telefon: 08251 91-3300  
Telefax: 08251 91-1388  
[www.mea-group.com](http://www.mea-group.com)

TOX-Dübel-Werk  
R. W. Heckhausen GmbH & Co. KG  
Brunnenstraße 31  
72505 Krauchenwies-Ablach  
Telefon: 07576 9295-0  
Telefax: 07576 9295-190  
[www.tox.de](http://www.tox.de)

Upat GmbH & Co.  
Freiburger Straße 9  
79312 Emmendingen  
Telefon: 07641 456-0  
Telefax: 07641 456-3357  
[www.upat.de](http://www.upat.de)

WAKAI GmbH  
Bottenhorner Weg 30  
60489 Frankfurt/Main  
Telefon: 069 978423-0  
Telefax: 069 782070  
[www.wakai.de](http://www.wakai.de)

Adolf Würth GmbH & Co.  
Reinhold-Würth-Straße 12-17  
74653 Künzelsau-Gaisbach  
Telefon: 07940 15-0  
Telefax: 07940 15-10 00  
[www.wuerth.de](http://www.wuerth.de)





## Statik

**4.1 HEBEL Wandplatten**

**4.2 HEBEL Brand- und Komplextrennwandplatten**

**4.3 HEBEL Dachplatten**

**4.4 HEBEL Deckenplatten**

**4.5 Verformungseigenschaften von HEBEL Porenbeton**

**4.6 Teilsicherheitsbeiwerte**

# 4.1 HEBEL Wandplatten

Die Bemessung der einzelnen HEBEL Wandplatten wird nach DIN 4223 Teil 1-5: 2003-12 durchgeführt.

## 4.1.1 Materialkennwerte

### HEBEL Wandplatten

Druckfestigkeitsklasse	P 3,3	P 4,4	Dimension
Charakteristische Druckfestigkeit $f_{ck}$	3,3	4,4	MPa
Rohdichteklasse	0,50	0,55	
Rohdichte max.	500	550	kg/m <sup>3</sup>
Wärmeleitfähigkeit $\lambda$	0,13	0,14	W/(mK)
Rechenwert für Eigenlasten einschließlich Bewehrung	6,2	6,7	kN/m <sup>3</sup>
Elastizitätsmodul $E_{cm}$	1.750	2.000	MPa
Grundwert der aufnehmbaren Schubspannung $\tau_{Rd}$	0,067	0,078	MPa

### Bewehrung

HEBEL Wandplatten sind mit korrosionsgeschützten, punktgeschweißten Betonstahlmatten bewehrt, hergestellt aus Bewehrungsdrähten der Betonstahlsorte BSt 500 G gem. DIN 488-1: 1984-09.

bzw. EI 360 nach allgemeinem bauaufsichtlichem Prüfzeugnis Nr. P-3689/6296-MPA BS.

Elastizitätsmodul (Rechenwert):

$$E_{cm} = 5(Rd \cdot 10^3 - 150) \quad [\text{MPa}]$$

Rd = Rohdichteklasse

### HEBEL Wandplatten immer F 360 bzw. EI 360

In der Standardausführung entsprechen HEBEL Wandplatten der Feuerwiderstandsklasse F 360

Querdehnungszahl (Rechenwert):

$$\mu = 0,2$$

### Flächenlasten

Dicke	Druckfestigkeitsklasse - Rohdichteklasse	
	P 3,3-0,50	P 4,4-0,55
mm	Rechenwert der Eigenlasten	
	6,2 kN/m <sup>3</sup>	6,7 kN/m <sup>3</sup>
	Flächenlast [kN/m <sup>2</sup> ]	
150	0,93	1,00
175	1,09	1,17
200	1,24	1,34
250	1,55	1,68
300	1,86	2,01
365	2,26	2,45
375	2,33	2,51

## 4.1.2 Lastannahmen für Windbeanspruchung

Windlastannahmen für Bauten und Bauteile sind in DIN 1055-4: 2005-03 und DIN 1055-4 Berichtigung 1: 2006-03 geregelt.

### Anwendungsbereich

Die DIN 1055-4 gibt allgemeine Vorgehensweisen und Einwirkungen zur Ermittlung von Windlasten für die Bemessung von Hoch- und Ingenieurbauwerken an, einschließlich einiger landschaftsabhängiger Aspekte. Sie ist in Verbindung mit den anderen Normen der Reihe DIN 1055 anwendbar.

DIN 1055-4: 2005-03 regelt die Berechnung von Windlasten auf Bauwerke bis zu einer Höhe von 300 m sowie auf deren einzelne Bauteile und Anbauten. Weiterhin wird die Windlast für vorübergehende Zustände geregelt.

### Erfassung der Einwirkungen

Die Windlasten werden in Form von Winddrücken und Windkräften erfasst. Unabhängig von der Himmelsrichtung ist die Windlast mit dem vollen Rechenwert des Geschwindigkeitsdruckes wirkend zu berechnen.

Bei ausreichend steifen, nicht schwingungsanfälligen Tragwerken oder Bauteilen wird die Windbeanspruchung durch eine statische Ersatzlast erfasst, die auf der Grundlage von Böengeschwindigkeiten festgelegt wird.

### Windgeschwindigkeit und Geschwindigkeitsdruck

In der Windzonenkarte in Anhang A der DIN 1055-4: 2005-3 sind zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeiten  $v_{\text{ref}}$  und die dazu gehörenden Geschwindigkeitsdrücke  $q_{\text{ref}}$  angegeben.

Der für die Bestimmung der Windlasten erforderliche Böengeschwindigkeitsdruck wird aus dem Geschwindigkeitsdruck  $q_{\text{ref}}$  und einem höhen- und geländeabhängigen „Böenfaktor“ ermittelt. Die Geschwindigkeitsdrücke gelten für ebenes Gelände, bei exponiertem Gebäudestandort kann eine Erhöhung nach DIN 1055: 2005-03 Anhang B erforderlich werden.

### Abminderung des Geschwindigkeitsdruckes bei vorübergehenden Zuständen

Für nur zeitweilig bestehende Bauwerke und für vorübergehende Zustände (z. B. Bauzustand) darf die Windlast abgemindert werden.

Für die Berechnung der Windlasten wird der Böengeschwindigkeitsdruck benötigt, der je nach Bauwerkshöhe und -standort auf zwei verschiedene Arten bestimmt werden kann: nach einem Regelverfahren und nach einem vereinfachten Verfahren für Gebäude bis 25 m Höhe. Im Allgemeinen liefert das Regelverfahren günstigere Werte.

### Windgeschwindigkeit $v_{\text{ref}}$ und Geschwindigkeitsdruck $q_{\text{ref}}$

Windzone	$v_{\text{ref}}$ [m/s]	$q_{\text{ref}}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
①	22,5	0,32
②	25,0	0,39
③	27,5	0,47
④	30,0	0,56

Mittelwerte in 10 m Höhe in ebenem, offenem Gelände für einen Zeitraum von 10 Minuten bei jährlicher Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,02.



Windzonenkarte für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland nach DIN 1055-4.

### Höhenabhängiger Böengeschwindigkeitsdruck im Regelfall

Der höhenabhängige Böengeschwindigkeitsdruck für Bauwerke wird nach DIN 1055-4 Abschnitt 10.3 berechnet. Bei Bauwerken mit einer Höhe von mehr als 25 m über Grund ist bei der Berechnung des Böengeschwindigkeitsdruckes neben der geografischen Lage (Windzonen) auch der Einfluss der Bodenrauigkeit zu berücksichtigen.

In der Regel werden drei Profile des Böengeschwindigkeitsdruckes unterschieden:

Binnenland

(Mischprofil der Geländekategorien II und III)

$$q(z) = 1,5 \cdot q_{\text{ref}} \quad \text{für } z \leq 7 \text{ m}$$

$$q(z) = 1,7 \cdot q_{\text{ref}} \left( \frac{z}{10} \right)^{0,37} \quad \text{für } 7 \text{ m} < z \leq 50 \text{ m}$$

$$q(z) = 2,1 \cdot q_{\text{ref}} \left( \frac{z}{10} \right)^{0,24} \quad \text{für } 50 \text{ m} < z \leq 300 \text{ m}$$

Inseln der Nordsee (Geländekategorie I)

$$q(z) = 1,1 \text{ kN/m}^2 \quad \text{für } z \leq 2 \text{ m}$$

$$q(z) = 1,5 \cdot q_{\text{ref}} \left( \frac{z}{10} \right)^{0,19} \quad \text{für } 2 \text{ m} < z \leq 300 \text{ m}$$

Küstennahe Gebiete sowie Inseln der Ostsee (Mischprofil der Geländekategorien I und II)

$$q(z) = 1,8 \cdot q_{\text{ref}} \quad \text{für } z \leq 4 \text{ m}$$

$$q(z) = 2,3 \cdot q_{\text{ref}} \left( \frac{z}{10} \right)^{0,27} \quad \text{für } 4 \text{ m} < z \leq 50 \text{ m}$$

$$q(z) = 2,6 \cdot q_{\text{ref}} \left( \frac{z}{10} \right)^{0,19} \quad \text{für } 50 \text{ m} < z \leq 300 \text{ m}$$

$q_{\text{ref}}$  = Mittlerer Geschwindigkeitsdruck in Abhängigkeit von der Windzone

$z$  = Höhe über Grund bzw. Bezugshöhe  $z_e$  oder  $z_i$  in m

Außendruck  $w_e$  in  $\text{kN/m}^2$

$$w_e = c_{pe} \cdot q(z_e)$$

$c_{pe}$  = Aerodynamischer Beiwert für den Außendruck

$z_e$  = Bezugshöhe

$q$  = Geschwindigkeitsdruck für die Bezugshöhe

Innendruck  $w_i$  in  $\text{kN/m}^2$

$$w_i = c_{pi} \cdot q(z_i)$$

$c_{pi}$  = Aerodynamischer Beiwert für den Innendruck

$z_i$  = Bezugshöhe

$q$  = Geschwindigkeitsdruck für die Bezugshöhe

4

### Vereinfachte Böengeschwindigkeitsdrücke für Bauwerke bis 25 m Höhe

Bei Bauwerken bis 25 m Höhe darf der Böengeschwindigkeitsdruck vereinfachend nach Tabelle 2 entsprechend DIN 1055-4 Abschnitt 10.2 konstant über die gesamte Bauwerkshöhe angesetzt werden:

### Winddruck bei nicht schwingungsanfälligen Konstruktionen

Der Winddruck auf Außenflächen (Außendruck) bzw. auf Innenflächen (Innendruck) eines Bauwerks berechnet sich wie folgt:

Laut Abschnitt 12.1.8 der DIN 1055-4: 2005-03 ist der Innendruck auf Wände in Räumen mit durchlässigen Außenwänden nur dann zu berücksichtigen, wenn er ungünstig wirkt.

Dabei gilt eine Wand, deren Anteil der Wandfläche bis 30 % offen ist, als durchlässige Wand. Eine Wand, deren Anteil der offenen Wandfläche > 30 % beträgt, gilt als gänzlich offene Wand (s. hierzu Abschnitt 12.1.9 der DIN 1055-4: 2005-03). Fenster, Türen und Tore dürfen als geschlossen angesehen werden, sofern sie

### Vereinfachte Geschwindigkeitsdrücke für Bauwerke bis 25 m Höhe

Windzone	Geschwindigkeitsdruck $q$ [ $\text{kN/m}^2$ ] bei einer Gebäudehöhe $h$ in den Grenzen von		
	$h \leq 10 \text{ m}$	$10 \text{ m} < h \leq 18 \text{ m}$	$18 \text{ m} < h \leq 25 \text{ m}$
① Binnenland	0,50	0,65	0,75
② Binnenland Küste <sup>1)</sup> und Inseln der Ostsee	0,65 0,85	0,80 1,00	0,90 1,10
③ Binnenland Küste <sup>1)</sup> und Inseln der Ostsee	0,80 1,05	0,95 1,20	1,10 1,30
④ Binnenland Küste <sup>1)</sup> der Nord- und Ostsee, Inseln der Ostsee Inseln der Nordsee <sup>2)</sup>	0,95 1,25 1,40	1,15 1,40 –	1,30 1,55 –

<sup>1)</sup> Zur Küste zählt ein Streifen von 5 km Breite landeinwärts entlang der Küste.

<sup>2)</sup> Auf den Inseln der Nordsee ist das vereinfachte Verfahren nur bis zu einer Gebäudehöhe von 5 m zulässig. Bei höheren Gebäuden ist der Regelfall anzuwenden.

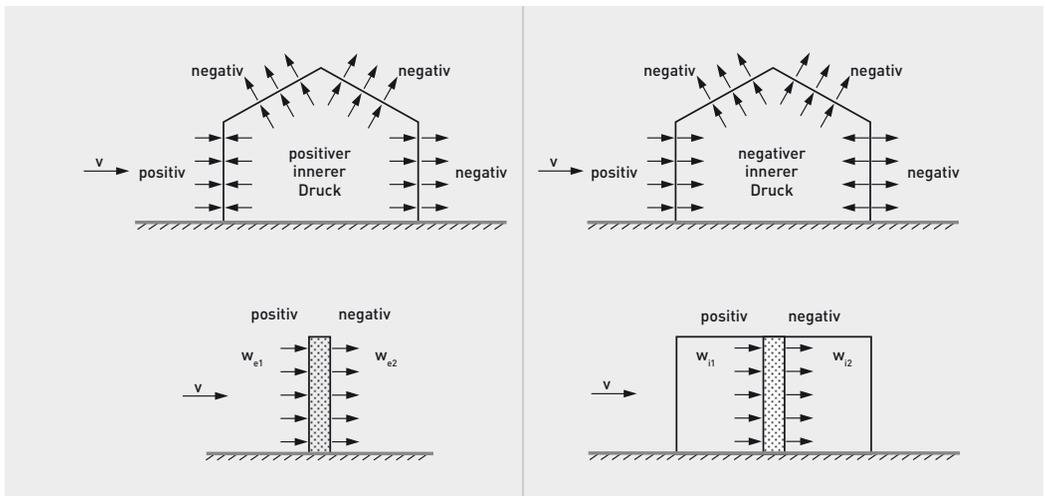
nicht betriebsbedingt bei Sturm geöffnet werden müssen wie z. B. Ausfahrtstore von Gebäuden für Rettungsdienste.

Der Nachweis des Innendrucks ist in der Regel nur bei Gebäuden mit nicht unterteiltem Grundriss wie z. B. Hallen erforderlich, jedoch nicht bei üblichen Büro- und Wohngebäuden.

Bei Gebäuden, die überwiegend durch leichte Trennwände unterteilt sind, wird der Nachweis nach DIN 1055-4: 2005-03 12.1.8 Absatz 7 empfohlen.

Liegt der Öffnungsanteil der Außenwände unter 1 % und ist er über die Fläche annähernd gleichmäßig verteilt, ist der Nachweis ebenfalls nicht erforderlich.

Die Belastung infolge Winddrucks ergibt sich als Resultierende von Außen- und Innendruck; Innendruck darf jedoch elastend nicht angesetzt werden.



Beispiele für die Überlagerung von Außen- und Innendruck.

### Aerodynamische Beiwerte

Die Außendruckbeiwerte  $c_{pe}$  sind abhängig von der Lasteinzugsfläche  $A$ .

Die Außendruckbeiwerte für Lasteinzugsflächen  $\leq 10 \text{ m}^2$  sind nur für die Berechnung

der Ankerkräfte von Bauteilen, die unmittelbar durch Wind belastet werden, sowie für den Nachweis der Verankerungen einschließlich deren Unterkonstruktion zu verwenden. Die Außendruckbeiwerte gelten nicht für hinterlüftete Wand- und Dachflächen.

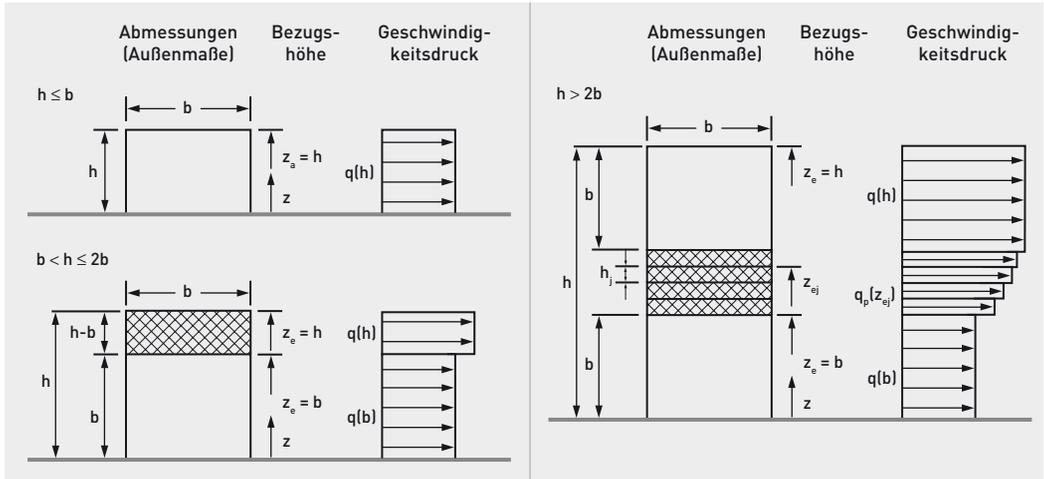
### Zusammenhang zwischen Lasteinzugsfläche und Außendruckbeiwert $c_{pe}$

Lasteinzugsfläche $A$	Außendruckbeiwert $c_{pe}$
$A \leq 1 \text{ m}^2$	$c_{pe} = c_{pe,1}$
$1 \text{ m}^2 < A \leq 10 \text{ m}^2$	$c_{pe} = c_{pe,1} + (c_{pe,10} - c_{pe,1}) \cdot \lg A$
$A > 10 \text{ m}^2$	$c_{pe} = c_{pe,10}$

## Vertikale Wände von Gebäuden mit rechteckigem Grundriss

Für vertikale Wände von Baukörpern mit rechteckigem Grundriss wird der Außendruck in Abhängigkeit vom Verhältnis der Baukörper-

höhe  $h$  zu -breite  $b$  entsprechend der folgenden Abbildung angesetzt. Außendruckbeiwerte für vertikale Wände nach der darauffolgenden Tabelle.

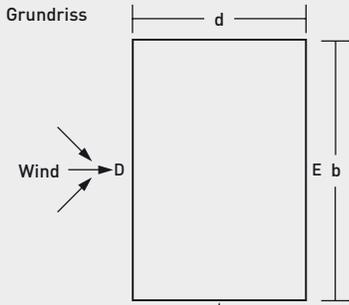


Bezugshöhe  $z_e$  für vertikale Wände in Abhängigkeit von Baukörperhöhe  $h$  und Breite  $b$ .

## Außendruckbeiwerte für vertikale Wände von Gebäuden mit rechteckigem Grundriss

Bereich	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$								
$h/d ≥ 5$	-1,4	-1,7	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	+0,8	+1,0	-0,5	-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	+0,8	+1,0	-0,5	-0,7
$h/d ≤ 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	+0,7	+1,0	-0,3	-0,5

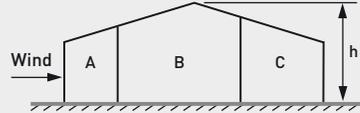
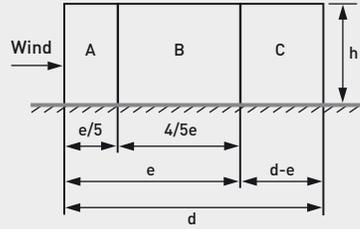
Für einzeln im offenen Gelände stehende Gebäude können im Sogbereich auch größere Sogkräfte auftreten. Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden. Für Gebäude mit  $h/d > 5$  ist die Gesamtwindlast anhand der Kraftbeiwerte aus DIN 1055-4: 2005-03, Abschnitt 12.4 bis 12.6 und 12.7.1 zu ermitteln.



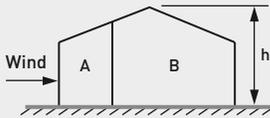
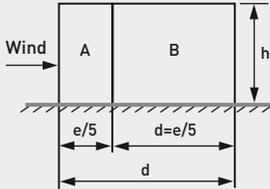
Ansicht A

$e = b$  oder  $2h$ , der kleinere Wert ist maßgebend  
 $b$ : Abmessung quer zur Anströmrichtung

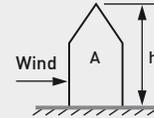
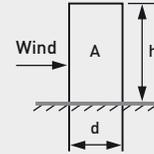
Ansicht A für  $e < d$



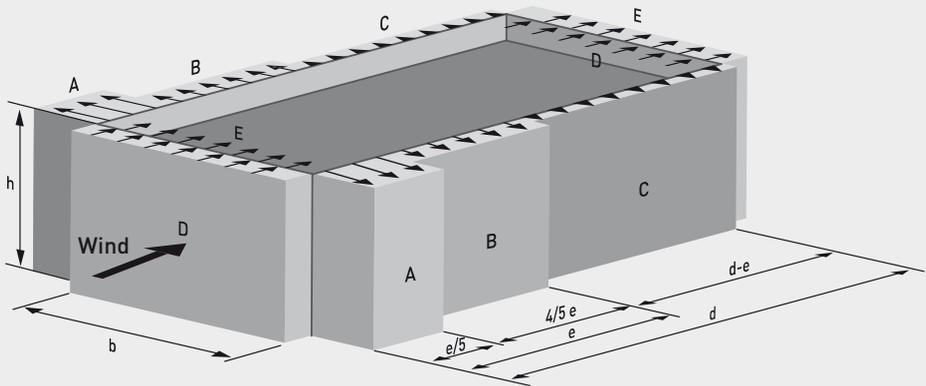
Ansicht A für  $d \leq e \leq 5d$



Ansicht A für  $e > 5d$



Einteilung der Wandflächen bei vertikalen Wänden.



Einteilung der Wandflächen der vertikalen Wände eines geschlossenen Gebäudes in Abhängigkeit von der Art des Baukörpers und der Windrichtung bei  $h \leq b$ .

### 4.1.3 HEBEL Wandplatten, liegend angeordnet. Mögliche Abmessungen

Empfohlene Plattenabmessungen in Abhängigkeit von der Plattenschlankheit für HEBEL Wandplatten der Druckfestigkeitsklassen P 3,3 und P 4,4

Plattendicke h mm	Plattenlänge l <sup>1)</sup>	
	bei Plattenbreite b = 750 mm mm	bei Plattenbreite b = 625 mm mm
150	4.380	4.660
175	5.390	5.720
200	6.440	6.840
≥ 250	8.000	8.000

Ein genauer statischer Nachweis ist im Einzelfall zu führen  
<sup>1)</sup> Größere Plattenlängen sind möglich, dabei ist u. U. ein genauer Kippnachweis zu führen, wobei die Biegetragfähigkeit nicht zu 100 % ausgenutzt werden kann.

Anforderungen aus statischen bzw. bauphysikalischen Gründen sind hierbei nicht berücksichtigt und können zu größeren Wanddicken führen.

Die abfangungsfreie Wandhöhe H bei HEBEL Wandplatten, liegend angeordnet ohne Passplatten und Öffnungen, beträgt 20,00 m.

Wandplatten mit einer Breite von  $200 \text{ mm} \leq b < 500 \text{ mm}$  gelten als Passplatten. Wandplatten mit  $b < 200 \text{ mm}$  sind nicht zulässig.

### 4.1.4 Erläuterungen zur Bemessung von Wandplatten

#### Statisches System

Die Fassadenplatten sind Flächentragwerke mit Platten- und Scheibentragwirkung.

#### Belastung

Die Belastung der „Platte“ resultiert aus der Windbelastung sowie den oberen und unteren Randlasten. In Abhängigkeit der Plattengeometrie ist ein Lasterhöhungsfaktor  $\alpha_q$  zu berücksichtigen (s. DIN 4223).

Die „Scheibenbelastung“ setzt sich aus der Auflast und dem Eigengewicht zusammen. Die Auflast wird durch eine Gleichlast und zwei Blocklasten in Auflagernähe gebildet.

Die Blocklasten einer Fassadenplatte ergeben sich aus dem Gewicht der darüber liegenden Platten. Die Übertragungslängen (= Länge der Blocklasten) dieser Auflast können hinreichend genau mit je 0,32 m angegeben werden (vergl. Typenstatik).

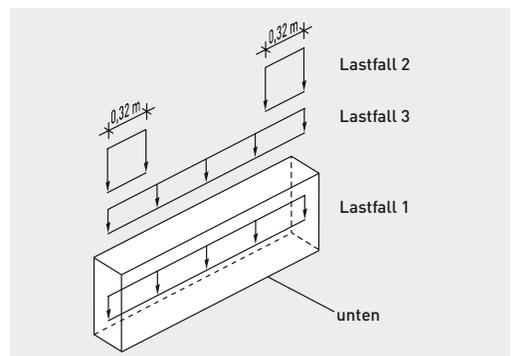
#### Ermittlung der Schnittgrößen:

Die Schnittgrößen werden mit einem EDV-Rechenprogramm auf der Basis der Finite-Elemente-Methode errechnet. Diese Berechnung wurde beim Regierungspräsidium Leipzig, Landesstelle für Baustatik typengeprüft.

Folgende Lastfälle können ausgewertet werden:

Scheibenlastfälle aus Eigengewicht und Auflast:

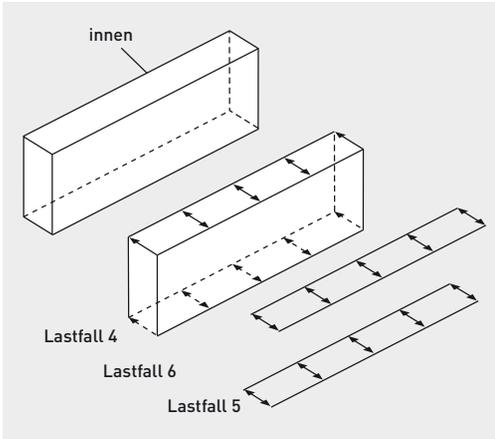
- Lastfall 1 = Eigengewicht
- Lastfall 2 = obere Blocklast aus aufliegenden Platten
- Lastfall 3 = obere Linienlast



Scheibenlastfälle.

Plattenlastfälle aus Windbeanspruchung:

- Lastfall 4 = horizontale Ersatzflächenlast
- Lastfall 5 = untere horizontale Randlast
- Lastfall 6 = obere horizontale Randlast



Plattenlastfälle.

Transportlastfall:

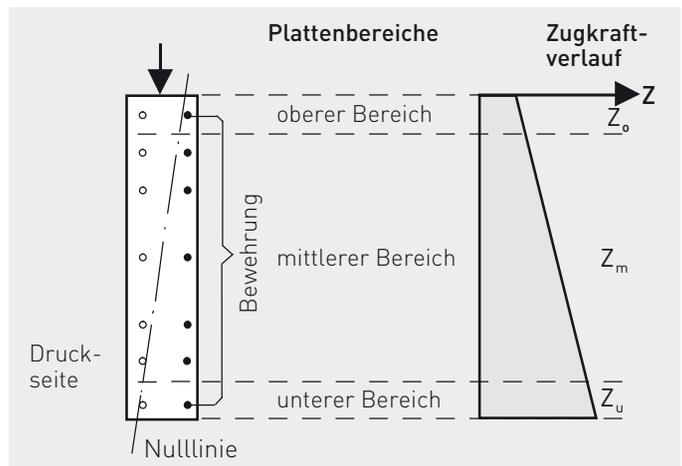
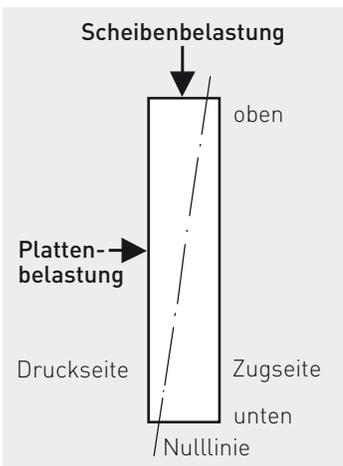
Beim Transportlastfall wird der Hublastbeiwert in Höhe von  $\gamma_{\text{hub}} = 1,3$  berücksichtigt.

Bezeichnung der Schnittgrößen:

$M_y$  = Moment aus Plattenlastfällen  
in Plattenlängsrichtung

$N_y$  = Normalkraft aus Scheibenlastfällen

Für die Bemessung der Bewehrung wird die Platte in drei Bereiche aufgeteilt: einen unteren, einen mittleren und einen oberen.



## Bemessung

Bemessungsgrößen sind:

$f_{\text{cd}}$  = Bemessungswert der Druckfestigkeit des Porenbetons

$f_{\text{yk}}$  = charakteristische Streckgrenze des Betonstahls

Die sich aus der Zugkraftfunktion ergebenden Zugkräfte  $Z_u$ ,  $Z_m$  und  $Z_o$  werden durch entsprechende Bewehrung in den verschiedenen Plattenbereichen aufgenommen.

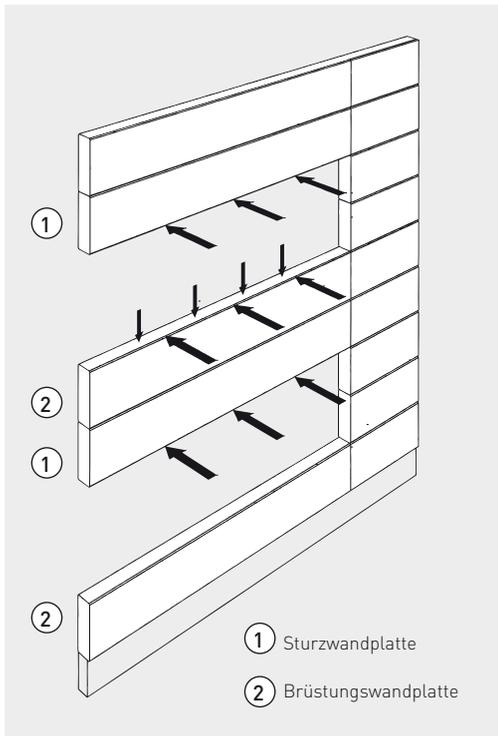
Die erforderliche Bewehrung für ein Transportmoment wird aus dem Eigengewicht der Platte ermittelt. Ist die gesamte Bewehrung einer Plattenseite kleiner als die erforderliche Transportbewehrung, wird nach Transportlastfall bemessen. Hierbei werden die Bemessungsbereiche einzeln überprüft.

#### 4.1.5 HEBEL Wandplatten als Sturzwandplatten und als Brüstungswandplatten

Sturzwandplatten werden über Fenster-, Lichtband- und Toröffnungen eingebaut, Brüstungswandplatten unter Fenster- und Lichtbandöffnungen.

Sturzwandplatten werden neben ihrem Eigengewicht und evtl. Lasten aus aufgehender Wand weiterhin für eine Horizontalbelastung aus den auf sie wirkenden Windkräften sowie aus den auf Fenster, Lichtbänder bzw. Toröffnungen wirkenden Windlasten bemessen.

Brüstungswandplatten unterliegen dem gleichen Bemessungsverfahren, erhalten jedoch zu ihrem Eigengewicht zusätzlich noch Auflasten aus Fenstern und Lichtbändern.

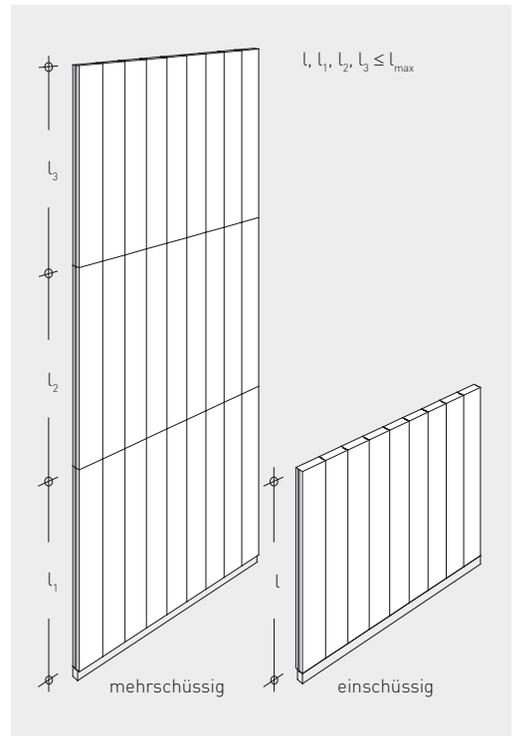


Sturzwandplatten und Brüstungswandplatten

#### 4.1.6 HEBEL Wandplatten, stehend angeordnet. Mögliche Abmessungen

Empfohlene Plattenabmessungen in Abhängigkeit von der Plattenschlankheit für HEBEL Wandplatten der Druckfestigkeitsklassen P 3,3 und P 4,4

Plattenbreite b mm	Plattendicke h mm	Plattenlänge l mm
500 bis 750	150	4.300
	175	5.000
	200	5.700
	250	7.200
	300	≤ 8.000



Beispiel für stehende Anordnung von HEBEL Wandplatten

## Zulässige Querkräfte

Stehend angeordnete Wandplatten werden in der einfachsten Form (keine Brandwände) ohne zusätzliche mechanische Befestigung in ein Mörtelbett auf den Sockel gesetzt.

Die Tabellenwerte nennen die zulässige aufnehmbare horizontale Querkraft aus Windbelastung, die im Mörtelbett auf dem Sockel aufgenommen werden kann.

4

Der Nachweis wurde nach DIN 1053 unter Berücksichtigung einer minimalen Auflast aus dem Eigengewicht von Porenbetonplatten der Rohdichteklasse 0,55 geführt.

## 4.1.7 Verankerungsmittel

Verankerungsmittel sind lose Halteteile. Sie werden in bauseitig vorgegebene Ankerschienen eingehängt oder greifen hinter einen Stahlträgerflansch. Damit werden die Windlasten aufgenommen, die als Zugkräfte rechtwinklig zur Wandplattenebene wirken. Die Druckkräfte werden über direkten Kontakt zwischen Wandplatte und Tragkonstruktion abgeleitet.

Bei Wandplatten zwischen Stützen nimmt das Verankerungsmittel Winddruck- und/oder Windsoglasten auf.

### Zulässige Querkräfte für stehend angeordnete HEBEL Wandplatten

Sockelauflagerung	Plattendicke h mm	Aufstandstiefe t mm	Plattenlänge l m	Zul. Querkraft q kN/m
	150	110	3,00	2,9
			4,00	3,0
			5,00	3,1
			6,00	3,2
	175	130	3,00	3,5
			4,00	3,6
			5,00	3,7
			6,00	3,8
	200	150	3,00	4,0
			4,00	4,1
			5,00	4,3
			6,00	4,5
	250	190	3,00	5,1
			4,00	5,2
			5,00	5,5
			6,00	5,7
	300	230	3,00	6,0
			4,00	6,1
			5,00	6,4
			6,00	6,6
	365	270	3,00	7,0
			4,00	7,1
			5,00	7,4
			6,00	7,6
375	280	3,00	7,1	
		4,00	7,2	
		5,00	7,5	
		6,00	7,7	

Die von den Verankerungsmitteln und den Wandplatten aufzunehmenden Halterungskräfte errechnen sich aus der Windlast und konstruktionsbedingten Zusatzlasten. Weitere Einzelheiten hierzu siehe Zulassungsbescheide Z-2.1-38 und Z-21.8-1857.

HEBEL Wandplatten können mit unterschiedlichen Verankerungsmitteln an der Tragkonstruktion befestigt werden. Es handelt sich hier um Verankerungen, deren Eignung durch Versuche nachgewiesen wurde.

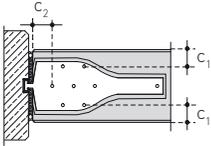
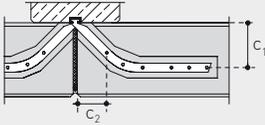
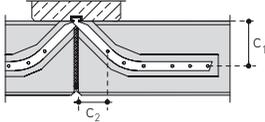
**Nagellaschen**

Die Nageltechnik ist eine einfache, schnelle und sichere Methode zur Verankerung von HEBEL Montagebauteilen an der Tragkonstruktion. Bei dieser Technik werden die HEBEL Dach- oder Wandplatten mit Hilfe von Nagellaschen und Hülseinnägeln an Ankerschienen befestigt, die an der Unterkonstruktion angebracht sind.

Nagellaschen sowie Ankerschienen werden entsprechend dem Anwendungsbereich in verschiedenen Materialgüten verwendet. Die Hülseinnägeln bestehen immer aus Edelstahl.

Die erforderliche Materialgüte der Nagellaschen hängt von der Einbausituation und den Umweltbedingungen ab: Für Innenwände können Nagellaschen aus bandverzinktem Stahl verwendet werden, sofern die getrennten Räume trockene, nicht korrosive Umweltbedingungen aufweisen. Nagellaschen aus Edelstahl der Gruppe A2 werden bei Außenwänden und Dächern eingesetzt, wenn sich die Tragkonstruktion innerhalb der Gebäudehülle befindet und wenn höchstens mäßig korrosive Umgebungsbedingungen herrschen. In Fällen, in denen sich die Tragkonstruktion außerhalb der Gebäudehülle befindet und bei stark korrosiven Umgebungsbedingungen wird für die Nagellaschen Edelstahl der Gruppe A4 eingesetzt. Detaillierte Informationen können der Zulassung Z-21.8-1857 entnommen werden.

**Charakteristischer Widerstand  $V_{Rk}$  (kN) je Verankerungslasche, deren Eignung durch Versuche nachgewiesen wurde, lt. Zulassung Z-21.8-1857**

Verankerungstyp	Plattendicke h mm	Randabstände $c_1$ und $c_2$	Ankerschiene 38/17	
			P 3,3	P 4,4
12 Nagellasche (Verankerung zwischen Stützen) 	200 250 300 365/375	siehe Zulassung	-	4,5
17 Nagellasche (Mittel- und Endverankerung) 	175		-	3,2
16 Nagellasche (Mittel- und Endverankerung) 	200 250 300 365/375		-	6,0
			6,0	6,0
			6,0	6,0
			6,0	6,0

### Ankerschienen

Für Ankerschienen, die im Innenbereich eines Gebäudes angebracht sind, kann feuerverzinkter Stahl verwendet werden. Neben Innenwänden schließt dies auch Außenwände und Dächer ein, sofern sich die Stützen mit den Ankerschienen innerhalb der Gebäudehülle befinden. Dies gilt

für alle gängigen Verwendungsbereiche von HEBEL Montagebauteilen, die jeweiligen Umweltbedingungen sind zu beachten. In allen anderen Fällen sind Ankerschienen aus Edelstahl zu verwenden. Die Anforderungen in Abhängigkeit vom Anwendungsbereich sind in den Zulassungen der jeweiligen Hersteller geregelt.

### Einzellasten F für angeschweißte und einbetonierte Ankerschienen

An Stahl geschweißt, Stück 100 mm lg. $\frac{3}{3} \rightarrow \frac{94}{94}$		Einbetoniert B 25: durchlaufend in Stücken 100 mm lang		
HM 38/17 glatt	5,00 kN	HTA 38/17-Q	4,50 kN*	7,00 kN*
Abstand der Krafteinleitung $\geq 25$ mm vom Ankerschienenende				

\* nach Zulassung Z-21.4-34 Halfen

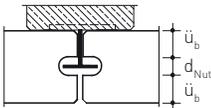
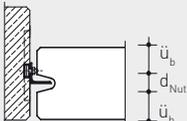
Bemessungswert der Beanspruchbarkeit

$$F_{Rd} = F_{Zul} \cdot 1,4$$

### Andere Verankerungsmittel

Des weiteren werden Verankerungsmittel verwendet, deren Tragfähigkeit auf Grundlage technischer Baubestimmungen nachweisbar ist. Unter anderem zählen hierzu alle Schraubverbindungen wie Ankerbolzen mit Unterlegscheibe und Alu-Deckschienen.

### Charakteristischer Widerstand $V_{Rk}$ von Stirnut-Verankerungen

Verankerungstyp	Plattendicke h mm	Überdeckung $\ddot{u}_b$ mm	Charakteristischer Widerstand $V_{Rk}$ [kN]		Bemerkung
			P 3,3	P 4,4	
Attika-T-Profil  	150	50	6,84	7,92	je 0,60 m (2 Plattenenden)
	175	62	8,48	9,84	
	200	75	10,26	11,90	
	250	100	13,66	15,86	
	300	125	17,08	19,82	
	365/375	155	21,18	24,58	
Winkel (Verankerung zw. Stützen)  	150	50	3,42	3,96	je 0,60 m (1 Plattenende)
	175	62	4,24	4,92	
	200	75	5,13	5,95	
	250	100	6,83	7,93	
	300	125	8,54	9,91	
	365/375	155	10,59	12,29	

## 4.1.8 Haltekonstruktionen

Haltekonstruktionen wie zum Beispiel Stützenverlängerungen im Attikabereich, Ankerplatten und Auflagerkonsolen werden nach den technischen Baubestimmungen bemessen und ausgeführt, z. B. nach DIN 1045 oder DIN 18 800-1. Dies gilt auch für den Korrosionsschutz.

Die Haltekonstruktionen gelten als zur Tragkonstruktion gehörend, das heißt, sie sind fest mit ihr verbunden (z. B. einbetoniert oder ange-

schweißt). Die Stahlteildicke beträgt 6 mm oder mehr.

Haltekonstruktionen können auch direkt zur Windlastabtragung der HEBEL Wandplatten genutzt werden. Hier stehen im wesentlichen die Verankerungstypen „Attika-T-Profil“ und „Winkel angeschraubt“ zur Verfügung.

Die Weiterleitung der Windkräfte in die Tragkonstruktion ist nachzuweisen.

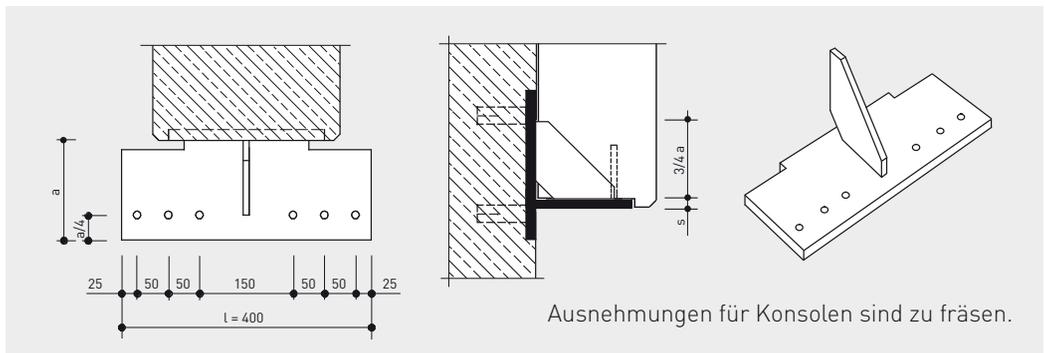
### Konsolen aus Flachstahl

#### Tragfähigkeit von Auflager- bzw. Abfangkonsolen bei vorgegebenen Konsolabmessungen

Plattendicke h mm	Konsolplatte l × a × s mm	max. charakteristische Einwirkung G <sub>k</sub> kN	
		bei Druckfestigkeitsklasse/ Rohdichteklasse	
		P 3,3-0,50	P 4,4-0,55
150	400 × 100 × 10	20,30	26,59
175	400 × 130 × 12	26,88	33,83
200	400 × 130 × 12	26,88	33,83
250	400 × 180 × 15	37,86	51,14
300	400 × 220 × 15	46,63	55,49
365/375	400 × 300 × 18	55,61	59,34

Der Nachweis der aufnehmbaren Teilflächenlast  $F_{Rdu}$  nach DIN 4223 ist in Abhängigkeit der

Druckfestigkeitsklasse des Porenbetons in jedem Einzelfall zu führen.

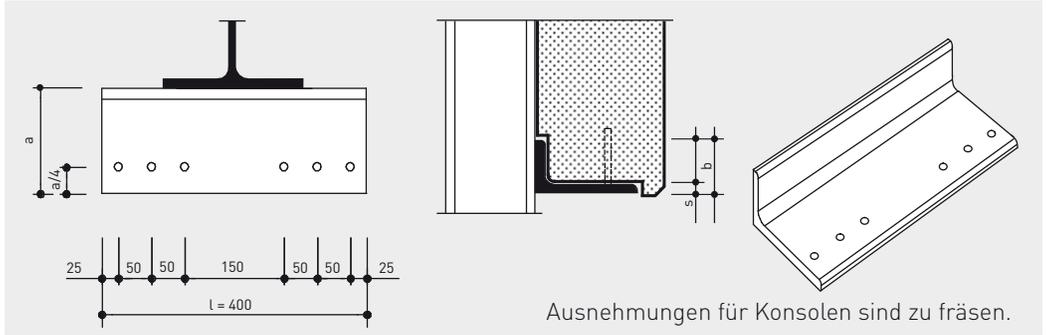


Beispiel für Auflagerkonsole aus Flachstahl.

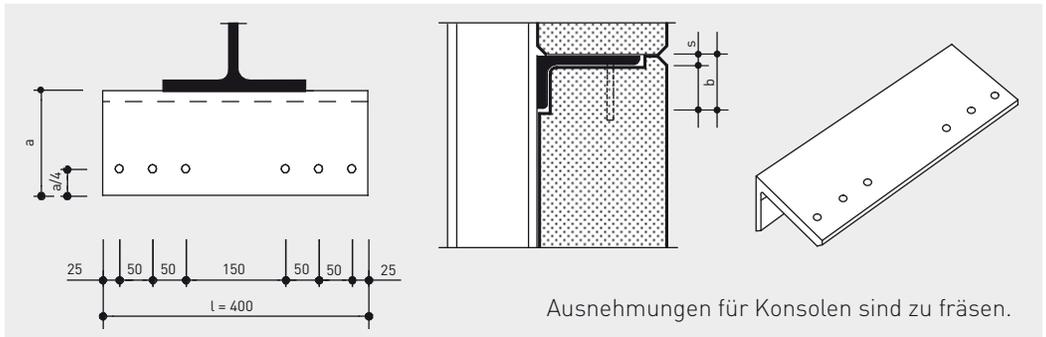
**Konsolen aus Winkelstahl**

Auflasttabellen für Auflager- bzw. Abfangkonsolen bei vorgegebener Konsolabmessung. Die Flanschbreite der Stahlstütze ist für die max. zulässige Auflast von wesentlicher Bedeutung. Die nachfolgenden Tabellen gelten für die

Flanschbreiten 100 mm/160 mm/260 mm/300 mm. Die Flächenlasten wurden für HEBEL Wandplatten P 4,4-0,55 ermittelt. Der Nachweis der aufnehmbaren Teilflächenlast  $F_{Rdu}$  nach DIN 4223 ist in Abhängigkeit der Druckfestigkeitsklasse des Porenbetons in jedem Einzelfall zu führen.



Beispiel für Auflagerkonsole aus Winkelstahl.



Beispiel für Abfangkonsole aus Winkelstahl.

**Tragfähigkeit von Konsolen aus Winkelstahl, Plattendicke 200 mm, Konsoltyp: Auflagerwinkel**

Winkel [mm]	L 130 × 65 × 12			
Stützenflanschbreite [mm]	300	260	160	100
max. charakteristische Einwirkung $G_k$ [kN]	38,07	26,91	25,80	18,30
Flächenlast [kN/m <sup>2</sup> ]	1,34	1,34	1,34	1,34

**Tragfähigkeit von Konsolen aus Winkelstahl, Plattendicke 200 mm, Konsoltyp: Abfangwinkel**

Winkel [mm]	L 130 × 65 × 12			
Stützenflanschbreite [mm]	300	260	160	100
max. charakteristische Einwirkung $G_k$ [kN]	44,54	42,35	28,50	20,20
Flächenlast [kN/m <sup>2</sup> ]	1,34	1,34	1,34	1,34

### Tragfähigkeit von Konsolen aus Winkelstahl, Plattendicke 250 mm, Konsoltyp: Auflagerwinkel

Winkel [mm]	L 180 × 16			
Stützenflanschbreite [mm]	300	260	160	100
max. charakteristische Einwirkung $G_k$ [kN]	49,50	44,35	30,80	22,70
Flächenlast [kN/m <sup>2</sup> ]	1,68	1,68	1,68	1,68

### Tragfähigkeit von Konsolen aus Winkelstahl, Plattendicke 250 mm, Konsoltyp: Abfangwinkel

Winkel [mm]	L 180 × 16			
Stützenflanschbreite [mm]	300	260	160	100
max. charakteristische Einwirkung $G_k$ [kN]	61,68	60,50	42,00	31,00
Flächenlast [kN/m <sup>2</sup> ]	1,68	1,68	1,68	1,68

### Tragfähigkeit von Konsolen aus Winkelstahl, Plattendicke 300 mm, Konsoltyp: Auflagerwinkel

Winkel [mm]	L 250 × 20			
Stützenflanschbreite [mm]	300	260	160	100
max. charakteristische Einwirkung $G_k$ [kN]	56,10	50,50	35,00	26,50
Flächenlast [kN/m <sup>2</sup> ]	2,01	2,01	2,01	2,01

### Tragfähigkeit von Konsolen aus Winkelstahl, Plattendicke 300 mm, Konsoltyp: Abfangwinkel

Winkel [mm]	L 250 × 20			
Stützenflanschbreite [mm]	300	260	160	100
max. charakteristische Einwirkung $G_k$ [kN]	72,15	64,50	45,45	34,00
Flächenlast [kN/m <sup>2</sup> ]	2,01	2,01	2,01	2,01

## 4.1.9 Korrosionsschutz für Verankerungsmittel und Haltekonstruktionen

Der Korrosionsschutz soll dauerhaft sein und der zu erwartenden Beanspruchung genügen. Das gilt insbesondere für Bauteile, die nach dem Einbau nicht mehr zugänglich sind. Hierzu zählen auch die in den Abschnitten 4.1.7 und 4.1.8 beschriebenen Verankerungsmittel und Haltekonstruktionen.

Da die Tragsicherheit dieser Bauteile von Bedeutung für die Dauerhaftigkeit des Bauwerks ist, müssen die Maßnahmen gegen Korrosion so getroffen werden, dass keine Instandhaltungsarbeiten während der Nutzungsdauer erforderlich werden.

In solchen Fällen wird das gewählte Korrosionsschutzsystem Bestandteil des Tragsicherheitsnachweises.

Für die Haltekonstruktion ist eine objektbezogene Korrosionsschutzplanung erforderlich, abgestimmt auf Nutzung und Nutzungsdauer des Gebäudes. Die Korrosionsgefährdung ist abhängig von der atmosphärischen Belastung und dem Auftreten von Kondenswasser.

Es ist auch denkbar, auf einen Korrosionsschutz zu verzichten, wenn durch Dickenzuschläge für Stahlteile und Schweißnähte eine Korrosionsabtragung, bezogen auf die Nutzungsdauer, berücksichtigt wird.

Maßnahmen gegen Korrosion können sein:

- eine ausreichend dicke, dichte Betondeckung nach DIN 1045
- Beschichtungen und/oder Überzüge nach DIN 55 928
- Feuerverzinkung, auch in Kombination mit Beschichtungen (Duplex-System)
- Verwendung nichtrostender Stähle
- Dickenzuschläge bei Abmessungen und Schweißnähten der Haltekonstruktionen.

Vor der Wahl eines Korrosionsschutzsystems ist es wichtig zu wissen, ob im Detailbereich überhaupt Kondenswasser durch Taupunktunterschreitung auftreten kann.

Um die Kondenswasserbildung beurteilen zu können, müssen die auf beiden Wandseiten auftretenden Klimabedingungen bekannt sein, und es müssen Kenntnisse zum Wärmebrückenverhalten von Detailpunkten der Konstruktion vorliegen.

Im Inneren von geschlossenen Gebäuden ist im allgemeinen die Korrosionsbelastung unbedeutend (keine Tauwasserbildung).

Für Ankerschienen genügt in der Regel eine feuerverzinkte Ausführung, wenn sie im Innenbereich des Gebäudes angebracht sind. Dies schließt neben Innenwänden auch Außenwände und Dächer ein, sofern sich die Stützen mit den Ankerschienen innerhalb der Gebäudehülle befinden. In allen anderen Fällen sind Ankerschienen aus Edelstahl zu verwenden.

## 4.2 HEBEL Brand- und Komplextrennwandplatten

Die Bemessung von HEBEL Brand- und Komplextrennwandplatten erfolgt grundsätzlich analog zur Bemessung von Normalwandplatten. Darüber hinaus gilt für die Einstufung von nicht tragenden Wänden als Brandwand die DIN 4102-4 bzw. die für diesen Anwendungsbereich geltenden allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisse. Bei Komplextrennwänden gelten die Vorschriften der Sachversicherer bzw. die für diesen Verwendungszweck geltenden allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisse.

Die Mindestdicke für Brandwände F 90 bis F 360 (EI-M 90 bis EI-M 360) beträgt 175 mm, für Komplextrennwände F 180 bis F 360 (EI-M 180 bis EI-M 360) beträgt sie 250 mm. Die Druckfestigkeits-/ Rohdichteklassenkombination ist bei beiden Wandarten grundsätzlich P 4,4-0,55.

Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit als Brand- oder Komplextrennwand sind diese Systeme auf eine zusätzliche Stoßbelastung von

3.000 Nm (Brandwände) bzw. 4.000 Nm (Komplextrennwände) geprüft worden. Daraus resultieren Mindestbewehrungsquerschnitte in Abhängigkeit von Plattendicke und Plattenlänge.

Für den Einsatz als Brand- oder Komplextrennwände sind nur Wandplatten in Nut- und Feder-Ausbildung zugelassen, deren horizontale Lagerfugen grundsätzlich immer mit Dünnbettmörtel oder Dispersionsklebemörtel zu verkleben sind. Die seitliche Betonüberdeckung beträgt für Brand- und Komplextrennwände 30 mm.

Für die Befestigung der Brand- und Komplextrennwände an der Tragkonstruktion sind die jeweiligen im System geprüften Verankerungsteile einzusetzen. Detaillierte Angaben zur Ausführung können den jeweiligen Konstruktionsdetails auf der Internetseite [www.hebel.de](http://www.hebel.de) unter der Marke HEBEL im Bereich Downloads entnommen werden.

### Materialkennwerte HEBEL Brand- und Komplextrennwandplatten

Druckfestigkeitsklasse	P 4,4	Dimension
Charakteristische Druckfestigkeit $f_{ck}$	4,4	MPa
Rohdichteklasse	0,55	
Rohdichte max.	550	kg/m <sup>3</sup>
Wärmeleitfähigkeit $\lambda$	0,14	W/(mK)
Rechenwert für Eigenlasten einschließlich Bewehrung	6,7	kN/m <sup>3</sup>
Elastizitätsmodul $E_{cm}$	2.000	MPa
Grundwert der aufnehmbaren Schubspannung $\tau_{Rd}$	0,078	MPa

### Flächenlasten

Dicke mm	Druckfestigkeitsklasse - Rohdichteklasse: P 4,4-0,55
	Rechenwert der Eigenlasten: 6,7 kN/m <sup>3</sup>
	Flächenlast [kN/m <sup>2</sup> ]
175	1,17
200	1,34
250	1,68
300	2,01
365	2,45
375	2,51

## 4.3 HEBEL Dachplatten

HEBEL Dachplatten sind für Flachdächer und geneigte Dächer zulässig. Für HEBEL Dachplatten ist der statische Nachweis in jedem Einzelfall zu erbringen. Die Bemessung von HEBEL Dachplatten erfolgt nach DIN 4223 Teil 1-5: 2003-12.

### 4.3.1 Materialkennwerte

#### HEBEL Dachplatten

Druckfestigkeitsklasse	P 4,4	Dimension
Charakteristische Druckfestigkeit $f_{ck}$	4,4	MPa
Rohdichteklasse	0,55	
Rohdichte max.	550	kg/m <sup>3</sup>
Wärmeleitfähigkeit $\lambda$	0,14	W/(mK)
Rechenwert für Eigenlasten einschließlich Bewehrung	6,7	kN/m <sup>3</sup>
Elastizitätsmodul $E_{cm}$	2.000	MPa
Grundwert der aufnehmbaren Schubspannung $\tau_{Rb}$	0,078	MPa

#### Bewehrung

HEBEL Dachplatten sind mit korrosionsgeschützten, punktgeschweißten Baustahlmatten bewehrt, hergestellt aus Bewehrungsdrähten der Betonstahlsorte BSt 500 G gem. DIN 488-1: 1984-09. Die Standard-Betondeckung der Betonstahlmatten beträgt 30 mm und entspricht damit Feuerwiderstandsklasse F 90 bzw. REI 90 nach Europäischer Brandschutznorm EN 13501.

### 4.3.2 Lastannahmen für Verkehrslasten

Die Anwendung von vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus Porenbeton zur Herstellung von Dach- und Deckenkonstruktionen zur Aufnahme von Lasten nach DIN 1055-3:2002-10, 6.4.3 und 6.4.5, ist nicht zulässig. Bei Lasten nach DIN 1055-3:2002-10, Tabelle 1, Kategorie C und Tabelle 3, ist ein bewehrter Aufbeton mindestens der Druckfestigkeitsklasse C12/15 bzw. LC12/15 nach DIN EN 206-1 mit einer Dicke von mindestens 50 mm vorgesehen. Die Summe der Nutzlasten für Dach- und Deckenplatten ohne Auf-

Einzelheiten über Rohdichte, mögliche Plattenlängen und -dicken in Abhängigkeit der Belastungen sind den nachfolgenden Tabellen zu entnehmen und können zur Dimensionierung der Dachplatten verwendet werden.

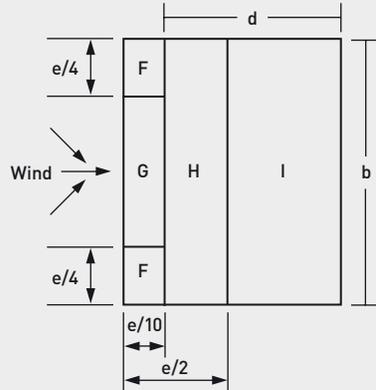
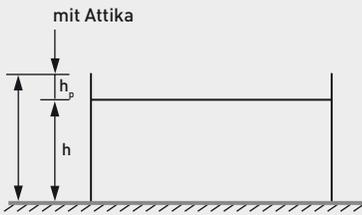
beton darf 3,5 kN/m<sup>2</sup> nicht überschreiten. Der Aufbeton darf bei der Bemessung und beim Nachweis der Tragfähigkeit der Dach- und Deckenplatten statisch nicht in Rechnung gestellt werden.

### 4.3.3 Lastannahmen für Windbeanspruchung

Windlasten sind in DIN 1055-4: 2005-07 geregelt. Die Windlast eines Bauwerkes ist von seiner Gestalt abhängig. Sie setzt sich aus Druck- und Sogwirkung zusammen.

#### Windlasten bei Flachdächern

Flachdächer im Sinne der Norm sind Dächer mit einer Dachneigung von weniger als 5°. Das Dach ist entsprechend der folgenden Abbildung in Bereiche zu unterteilen, aus denen sich die Außendruckbeiwerte ergeben. Zum Zusammenhang zwischen Lasteinzugsfläche und Außendruckbeiwert  $c_{pe}$  s. S. 66. Für sehr flache Baukörper mit  $h/d < 0,1$  darf der Bereich F entfallen. Bei Flachdächern mit Attika darf für Zwischenwerte  $h_p/h$  und  $r/h$  linear interpoliert werden.



$e = b$  oder  $2 h$ , der kleinere Wert ist maßgebend  
 $b$ : Abmessung quer zur Anströmrichtung

Einteilung der Dachflächen bei Flachdächern.

**Außendruckbeiwerte für Flachdächer**

		Bereich							
		F		G		H		I	
		$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
Scharfkantiger Traufbereich		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,6
mit Attika	$h_p/h = 0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2	-0,6
	$h_p/h = 0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+0,2	-0,6
	$h_p/h = 0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	-0,6

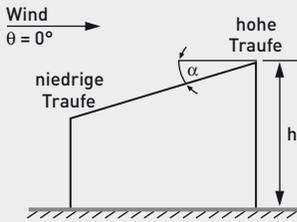
**Windlasten bei Pultdächern**

Bei Pultdächern sind drei Anströmrichtungen zu untersuchen, anhand derer die Außendruckbeiwerte ermittelt werden:

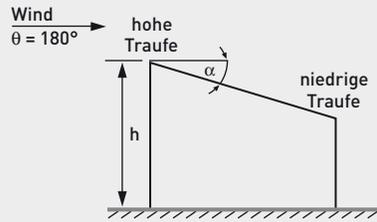
- $\theta = 0^\circ$ : Anströmung auf niedrige Traufe;
- $\theta = 180^\circ$ : Anströmung auf hohe Traufe;
- $\theta = 90^\circ$ : Anströmung parallel zu hoher und niedriger Traufe.

Das Dach ist entsprechend der folgenden Abbildung in Bereiche zu unterteilen.

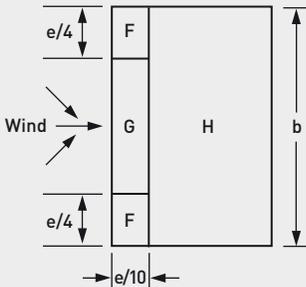
Anströmrichtung  $\theta = 0^\circ$



Anströmrichtung  $\theta = 180^\circ$

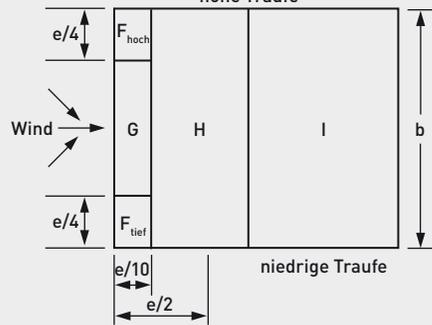


Anströmrichtung  $\theta = 0^\circ$  und  $\theta = 180^\circ$



$e = b$  oder  $2h$ , der kleinere Wert ist maßgebend  
 b: Abmessung quer zur Anströmrichtung

Anströmrichtung  $\theta = 90^\circ$



Einteilung der Dachflächen bei Pultdächern.

## Außendruckbeiwerte für Pultdächer

Neigungswinkel $\alpha$ <sup>1)</sup>	Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$ <sup>2)</sup>						Anströmrichtung $\theta = 180^\circ$					
	Bereich						Bereich					
	F		G		H		F		G		H	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6 +0,2	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
10°	-1,3	-2,2	-1,0	-1,7	-0,4 +0,2	-0,7	-2,4	-2,6	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3 +0,2		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
		+0,2		+0,2								
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2 +0,4		-1,1	-2,3	-0,8	-1,5		-0,8
		+0,7		+0,7								
45°	+0,7	+0,7	-1,0	-1,0	+0,6		-0,6	-1,3	-0,5			-0,7
60°	+0,7	+0,7	-0,7	-0,7	+0,7		-0,5	-1,0	-0,5			-0,5
75°	+0,8	+0,8	-0,5	-0,5	+0,8		-0,5	-1,0	-0,5			-0,5

<sup>1)</sup> Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden, sofern nicht das Vorzeichen der Druckbeiwerte wechselt.

<sup>2)</sup> Für die Anströmrichtung  $\theta = 0^\circ$  und bei Neigungswinkeln  $15^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$  ändert sich der Druck schnell zwischen positiven und negativen Werten, daher werden sowohl der positive als auch der negative Wert angegeben.

## Außendruckbeiwerte für Pultdächer

Neigungs- winkel $\alpha$ <sup>1)</sup>	Anströmrichtung $\theta = 90^\circ$									
	Bereich									
	F <sub>hoch</sub>		F <sub>tief</sub>		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-1,6	-1,2	-0,6/+0,2	
10°	-2,2	-2,7	-1,8	-2,4	-1,8	-2,2	-0,7	-1,2	-0,6/+0,2	
15°	-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2
30°	-2,1	-2,9	-1,3	-2,0	-1,5	-2,0	-1,0	-1,3	-0,8	-1,2
45°	-1,5	-2,4	-1,3	-2,0	-1,4	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
60°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,7	-1,2
75°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,5	

<sup>1)</sup> Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden, sofern nicht das Vorzeichen der Druckbeiwerte wechselt.

## Sattel- und Trogdächer

**Satteldach**

**Trogdach**

Anströmrichtung  $\theta = 0^\circ$

Anströmrichtung  $\theta = 90^\circ$

$e = b$  oder  $2h$ , der kleinere Wert ist maßgebend  
 $b$ : Abmessung quer zur Anströmrichtung  
 Bezugshöhe:  $z_0 = h$

Einteilung der Dachflächen bei Sattel- und Trogdächern.

## Außendruckbeiwerte für Sattel- und Trogdächer

Neigungswinkel $\alpha$ <sup>1)</sup>	Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$ <sup>2)</sup>									
	Bereich									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,6/+0,2		-0,6/+0,2	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6/+0,2		-0,6/+0,2	
10°	-1,3	-2,2	-1,0	-1,7	-0,4		-0,5/+0,2		-0,8	+0,2
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4	-1,0	-1,5	
	+0,2		+0,2		+0,2					
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4	-0,5		
	+0,7		+0,7		+0,4					
45°	+0,7		+0,7		+0,6		-0,4		-0,5	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,4		-0,5	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,4		-0,5	

Neigungswinkel $\alpha$ <sup>1)</sup>	Anströmrichtung $\theta = 90^\circ$							
	Bereich							
	F		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6/+0,2	
10°	-1,4	-2,1	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6/+0,2	
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	
60°, 75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	

<sup>1)</sup> Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden, sofern nicht das Vorzeichen der Druckbeiwerte wechselt.

<sup>2)</sup> Für die Anströmrichtung  $\theta = 0^\circ$  und bei Neigungswinkeln  $15^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$  ändert sich der Druck schnell zwischen positiven und negativen Werten, daher werden sowohl der positive als auch der negative Wert angegeben.

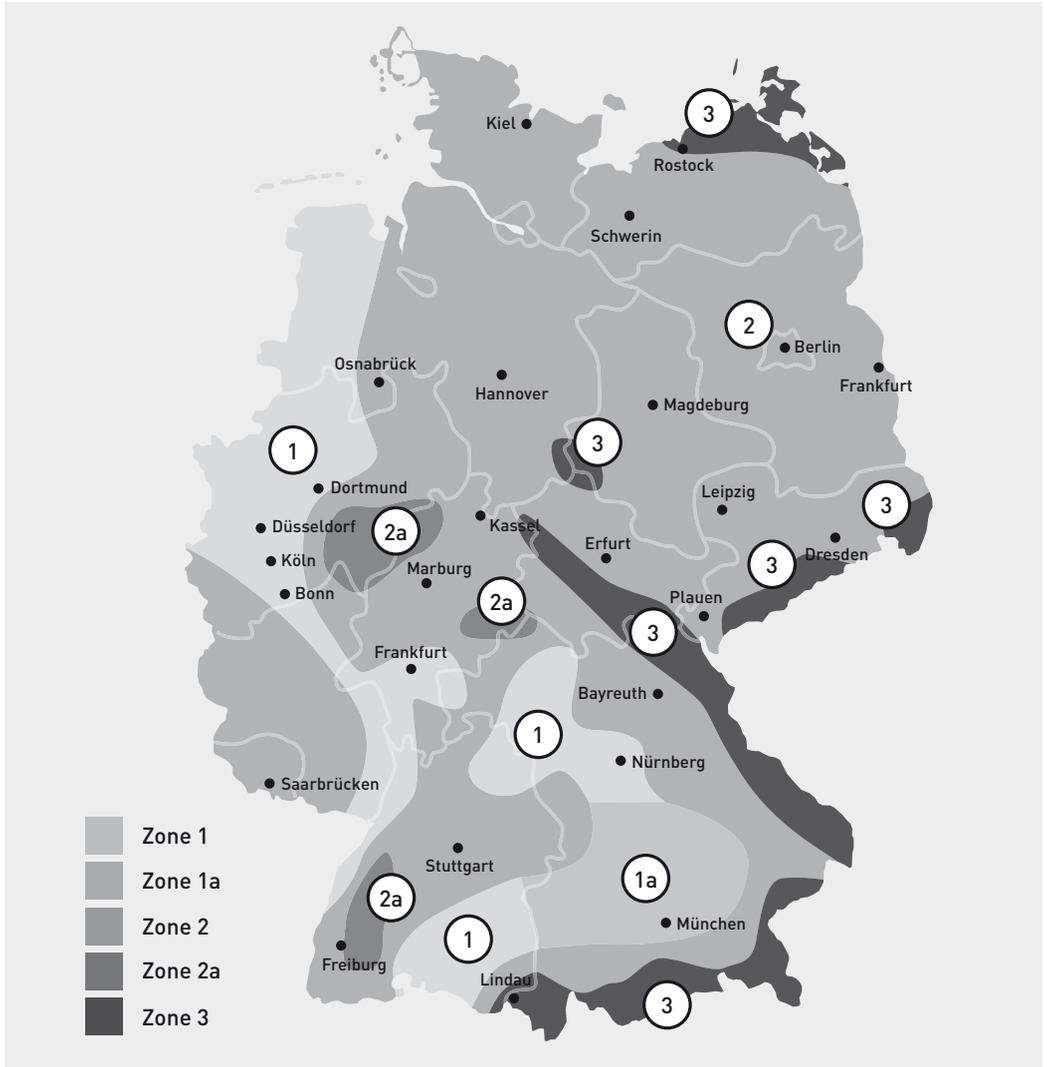
### 4.3.4 Lastannahmen für Schneebelastung

Schneelastannahmen für Bauten und Bauteile sind in DIN 1055-5: 2005-07 geregelt.

#### Schneelasten

Die charakteristischen Werte der Schneelast  $s_k$  auf dem Boden hängen von der regionalen Schneelastzone und der Geländehöhe über dem Meeresniveau ab.

Es werden fünf Schneelastzonen unterschieden, die Intensität der Schneelasten nimmt von Zone 1 bis Zone 3 zu. In jeder Zone ist ein Mindestwert (Sockelbetrag) anzusetzen. Die charakteristischen Werte der Schneelasten in den Zonen 1a und 2a ergeben sich durch Erhöhung der jeweiligen Werte der Zonen 1 und 2 um 25 %. Zusätzlich ist bei Gemeinden im „Norddeutschen Tiefland“ zu den ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen auch die



Charakteristische Werte der Schneelast auf dem Boden.

Bemessungssituation mit Schnee als eine außergewöhnliche Einwirkung zu überprüfen.

Siehe dazu auch Musterliste der Technischen Baubestimmungen Anlage 1.1/2. Weiterhin ist für Niedersachsen die besondere Situation im Harz zu beachten.

### Schneelast auf Dächern

Die Schneelast  $s_i$  auf dem Dach wird in Abhängigkeit von der Dachform und der charakteristischen Schneelast  $s_k$  auf dem Boden nach folgender Gleichung ermittelt:

$$s_i = \mu_i \cdot s_k$$

$\mu_i$  = Formbeiwert der Schneelast in Abhängigkeit von Dachform und Dachneigung

$s_k$  = charakteristischer Wert der Schneelast auf dem Boden

Für das „norddeutsche Tiefland“ ist der Bemessungswert der Schneelast als außergewöhnliche Einwirkung wie folgt anzunehmen:

$$s_i = 2,3 \mu_i \cdot s_k$$

Die Schneelast wirkt lotrecht und bezieht sich auf die waagrechte Projektion der Dachfläche.

Die Formbeiwerte  $\mu_i$  gelten für ausreichend gedämmte Bauteile ( $U < 1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ) mit üblicher Dacheindeckung und sind abhängig von Dachform sowie Dachneigung. Sie ergeben sich aus der folgenden Tabelle.

Es wird davon ausgegangen, dass der Schnee ungehindert vom Dach abrutschen kann. Wird das Abrutschen durch Schneefanggitter, Brüstungen o. Ä. behindert, ist der Formbeiwert mindestens mit  $\mu = 0,8$  anzusetzen.

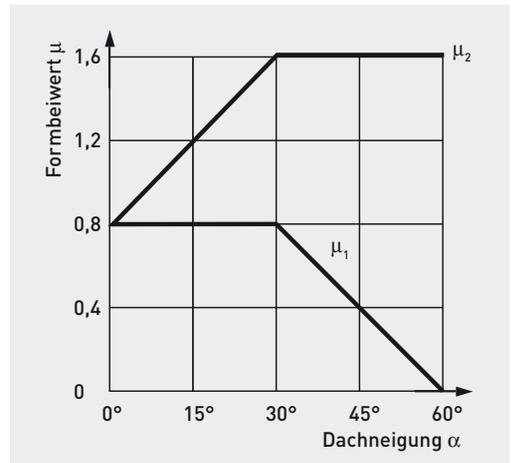
### Formbeiwerte $\mu_i$ der Schneelast für flache und geneigte Dächer

Formbeiwert	Dachneigung $\alpha$		
	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha > 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 \cdot (60^\circ - \alpha)/30^\circ$	0
$\mu_2$	$0,8 + 0,8 \cdot \alpha/30^\circ$	1,6	1,6

Zone	Charakteristischer Wert der Schneelast auf dem Boden $[kN/m^2]$
1	$s_k = 0,19 + 0,91 \cdot \left(\frac{A + 140}{760}\right)^2 \geq 0,65$
1a	$s_k = 1,25 \cdot \left[0,19 + 1,91 \cdot \left(\frac{A + 140}{760}\right)^2\right] \geq 0,81$
2	$s_k = 0,25 + 1,91 \cdot \left(\frac{A + 140}{760}\right)^2 \geq 0,85$
2a	$s_k = 1,25 \cdot \left[0,25 + 1,91 \cdot \left(\frac{A + 140}{760}\right)^2\right] \geq 1,06$
3 <sup>1)</sup>	$s_k = 0,31 + 2,91 \cdot \left(\frac{A + 140}{760}\right)^2 \geq 1,10$

A = Geländehöhe über dem Meeresniveau in m

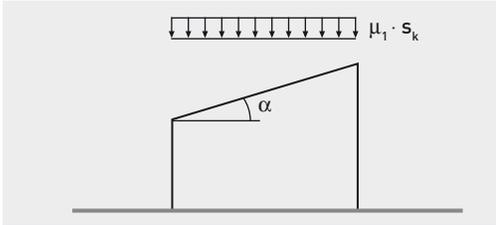
<sup>1)</sup> In Zone 3 können sich für bestimmte Lagen (z. B. Oberharz, Hochlagen des Fichtelgebirges, Reit im Winkel, Obernach/Walchensee) höhere Werte als nach Gleichung 3 ergeben. Informationen über die Schneelast in diesen Lagen sind bei den örtlich zuständigen Stellen einzuholen.



Formbeiwerte der Schneelast für flache und geneigte Dächer.

## Flach- und Pultdächer

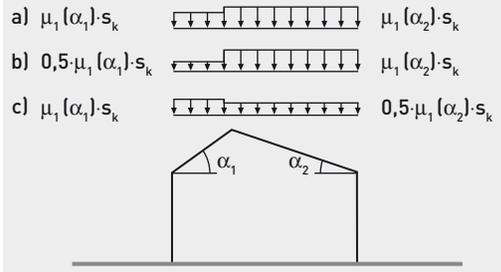
Bei Flach- und Pultdächern ist als Lastbild eine gleichmäßig verteilte Volllast zu berücksichtigen.



Lastbild der Schneelast für Flach- und Pultdächer.

## Satteldächer

Für Satteldächer sind drei Lastbilder zu untersuchen, von denen das ungünstigste zu berücksichtigen ist. Ohne Windeinwirkung stellt sich die Schneeverteilung a) ein, b) und c) berücksichtigen Verwehungs- und Abtaueinflüsse, die nur maßgebend sind, wenn das Tragwerk bei ungleich verteilten Lasten empfindlich reagiert (z. B. Sparren- und Kehlbalkendächer).



Lastbild der Schneelast für Satteldächer.

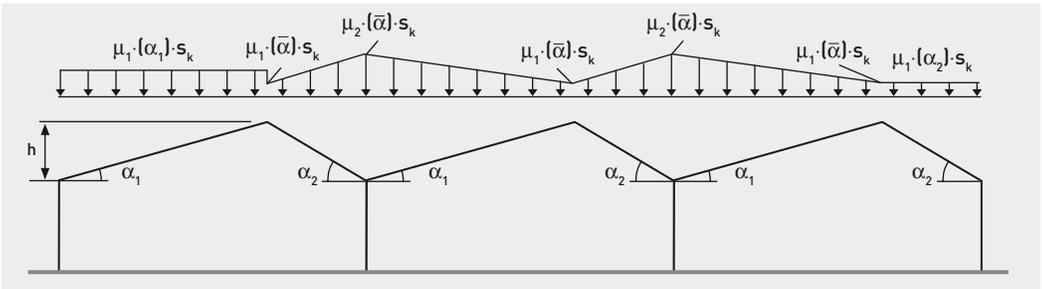
## Aneinander gereichte Sattel- und Sheddächer

Bei aneinander gereichten Sattel- und Sheddächern sind folgende Lastbilder zu berücksichtigen:

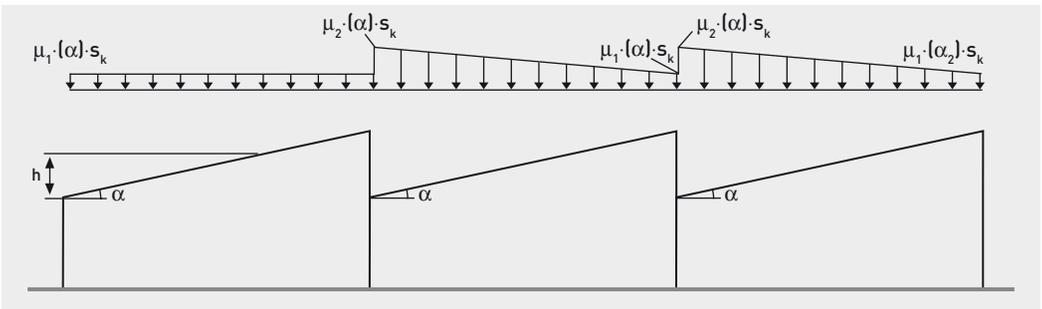
Für die Innenfelder ist der mittlere Dachneigungswinkel  $\bar{\alpha}$  anzusetzen:

$$\bar{\alpha} = 0,5 \cdot (\alpha_1 + \alpha_2)$$

$\alpha_1, \alpha_2$  = Dachneigungswinkel



Lastbild der Schneelast für gereichte Satteldächer – Verwehungsfall.



Lastbilder der Schneelast für Sheddächer (aneinandergereichte Pultdächer) – Verwehungsfall.

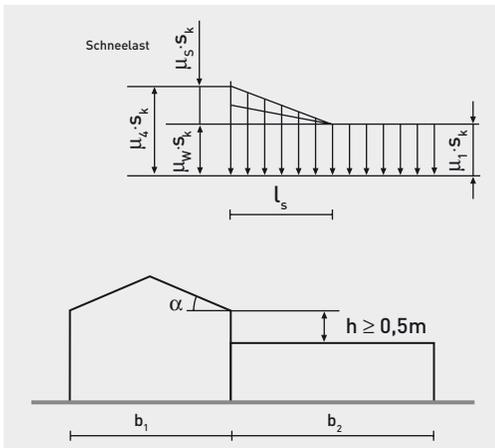
Formbeiwerte  $\mu_1$  und  $\mu_2$  sind in Tabelle 1 der DIN 1055-5: 2005-07 angegeben. Dabei darf der Formbeiwert  $\mu_2$  auf folgenden Wert begrenzt werden:

$$\max \mu_2 = \frac{\gamma \cdot h}{s_k} + \mu_1$$

$\gamma$  = Wichte des Schnees ( $\gamma = 2 \text{ kN/m}^3$ )  
 $h$  = Höhenlage des Firstes über der Traufe in m  
 $s_k$  = charakteristische Schneelast in  $\text{kN/m}^2$

## 4 Höhengsprünge an Dächern

Häufig kommt es auf Dächern unterhalb des Höhengsprunges durch Anwehen oder Abrutschen des Schnees vom höher liegenden Dach zu einer Anhäufung von Schnee. Dieser Lastfall ist auf dem tiefer liegenden Dach ab einem Höhengsprung von 0,5 m zu berücksichtigen.



Lastbild und Formbeiwerte der Schneelast an Höhengsprüngen

Länge des Verwehungskeils  $l_s$ :

$$l_s = 2 \cdot h \begin{cases} \geq 5 \text{ m} \\ \leq 15 \text{ m} \end{cases}$$

Ist die Länge  $b_2$  des unteren Daches kürzer als die Länge des Verwehungskeils  $l_s$ , sind die Lastordinaten am Dachrand abzuschneiden.

Formbeiwerte:

$\mu_1 = 0,8$  (das tiefer liegende Dach wird als flach angenommen)

$$\mu_4 = \mu_W + \mu_s \begin{cases} \geq 0,8 \\ \leq 2,0^* \end{cases}$$

\* Musterliste der technischen Baubestimmungen Anlage 1.1/2

Für den Lastfall ständige/vorübergehende Bemessungssituation nach DIN 1055-100 gilt die Begrenzung  $0,8 \leq \mu_W + \mu_s \leq 2$ . Bei größeren Höhengsprüngen gilt die Begrenzung  $3 < \mu_W + \mu_s \leq 4$  für den max. Wert der Schneeverwehung auf dem tiefer liegenden Dach. Dieser Fall ist dann wie ein außergewöhnlicher Lastfall nach DIN 1055-100 zu behandeln.

Dabei darf auch bei Gebäuden in den Schneelastzonen 1 und 2 in Gemeinden, die in der Tabelle „Zuordnung der Schneelastzonen nach Verwaltungsgrenzen“ mit Fußnote gekennzeichnet sind, der Bemessungswert der Schneelast auf  $s_i \leq 4 s_k$  begrenzt werden. Bei seitlich offenen und für die Räumung zugänglichen Vordächern ( $b_2 \leq 3 \text{ m}$ ) braucht unabhängig von der Größe des Höhengsprunges nur die ständige/vorübergehende Bemessungssituation betrachtet zu werden.

Formbeiwert  $\mu_s$  der abrutschenden Schneelast:

– bei  $\alpha \leq 15^\circ$ :  $\mu_s = 0$

– bei  $\alpha > 15^\circ$ :  $\mu_s$  ergibt sich aus einer Zusatzlast, für die 50 % der resultierenden Schneelast auf der anschließenden Dachseite des höher liegenden Daches angesetzt wird. Diese Zusatzlast ist dreieckförmig auf die Länge  $l_s$  zu verteilen.

Formbeiwert  $\mu_w$  der Schneelast aus Verwehung:

$$\mu_w = \frac{b_1 + b_2}{2h} \leq \frac{\gamma \cdot h}{s_k} - \mu_s$$

- $\gamma$  = Wichte des Schnees ( $\gamma = 2 \text{ kN/m}^3$ )
- $h$  = Höhenlage des Dachsprungs in m
- $s_k$  = charakteristischer Wert der Schneelast auf dem Boden in  $\text{kN/m}^2$

### 4.3.5 Maximale Stützweiten

Die nachfolgende Tabelle beinhaltet als ständige Einwirkung das Platteneigengewicht und einen Anteil von  $0,2 \text{ kN/m}^2$  für das Gewicht des Dach-

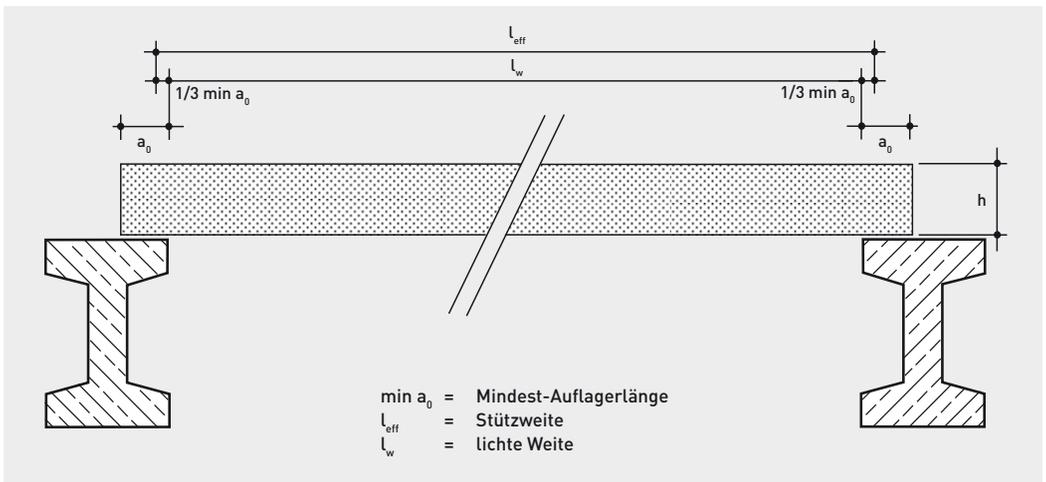
aufbaus. Bei abweichenden Belastungen ergeben sich andere Stützweiten. Die Kategorie H nach DIN 1055-3 ist, außer für die Bemessung von Passplatten, berücksichtigt. Belastungen gemäß Kategorie Z nach DIN 1055-3 auf Anfrage.

Der stat. Nachweis ist in jedem Einzelfall unter Berücksichtigung der Beiwerte der Einwirkungskombinationen n. DIN 1055 T. 100. und der Teilsicherheitsbeiwerte ( $\gamma_{G,sup} = 1,35$  bzw.  $\gamma_{G,inf} = 1,0$  für  $G_K$  und  $\gamma_Q = 1,50$  für  $Q_K$ ) zu führen.

**HEBEL Dachplatten P 4,4 - 0,55 F 90 für Flachdächer (Orte bis NN + 1.000 m) und Auflagerlänge = 100 mm**  
**Empfohlene maximale Stützweiten  $l_{eff}$**

Plattendicke h mm	$Q_K^{11}$ [kN/m <sup>2</sup> ]							$G_K^{21}$ kN/m <sup>2</sup>
	0,60	0,90	1,50	2,00	2,50	3,00	4,00	
	$l_{eff}$ [mm]							
150	5.200	5.200	5.200	4.900	4500	4.200	3.750	1,205
175	6.000	6.000	6.000	5.750	5.300	5.000	4.500	1,37
200	6.700	6.700	6.700	6.700	6.150	5.800	5.200	1,54
250	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.100	6.300	1,875
300	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	6.300	2,21

- <sup>11</sup> = charakteristische veränderliche Einwirkung: z. B. gleichmäßig verteilte Schneelast  $s_k$  auf der Dachfläche
- <sup>21</sup> = charakteristische ständige Einwirkung bestehend aus Eigengewicht der Platte ( $6,7 \text{ kN/m}^3$ ) und  $0,2 \text{ kN/m}^2$  für z. B. das Gewicht der Dacheindeckung

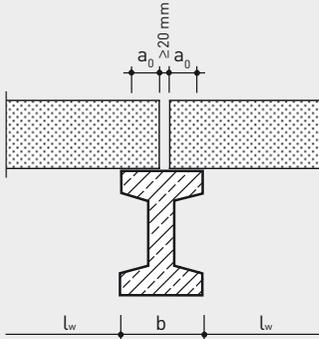


Ermittlung der Stützweite von HEBEL Dachplatten.

### 4.3.6 Auflager HEBEL Dachplatten

Die Auflagerlängen für HEBEL Dach- und Deckenplatten sind in DIN 4223 festgelegt

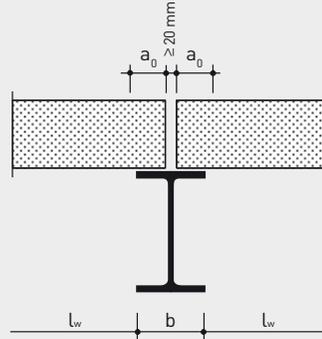
und von der Tragkonstruktion abhängig. Die Abmessungen bzw. zu beachtenden Mindest-Auflagerlängen gehen aus nachstehenden Skizzen hervor.



#### Beton- oder Stahlbetonkonstruktion

$$a_0 \geq 50 \text{ mm} \geq \frac{l_w}{80}$$

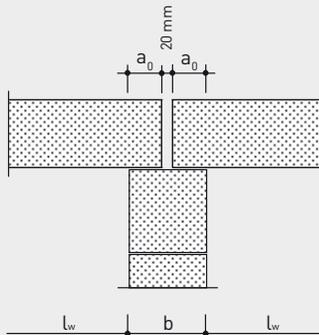
Die Auflagerlänge auf Stahlbetonbalken muss mindestens 50 mm oder 1/80 der Stützweite  $l$  der Platten betragen. Der größere Wert ist maßgebend.



#### Stahlkonstruktion

$$a_0 \geq 50 \text{ mm} \geq \frac{l_w}{80}$$

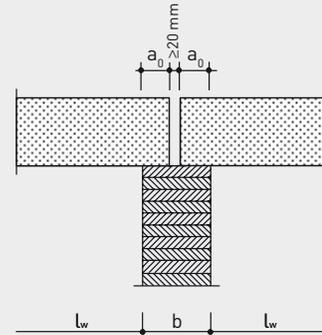
Die Auflagerlänge auf Stahlträger muss mindestens 50 mm oder 1/80 der Stützweite  $l$  der Platten betragen. Der größere Wert ist maßgebend.



#### Mauerwerk

$$a_0 \geq 70 \text{ mm} \geq \frac{l_w}{80}$$

Die Auflagerlänge auf Mauerwerk muss mindestens 70 mm oder 1/80 der Stützweite  $l$  der Platten betragen. Der größere Wert ist maßgebend.



#### Brett-schichtholzkonstruktion

$$a_0 \geq 50 \text{ mm} \geq \frac{l_w}{80}$$

Die Auflagerlänge auf Holzleimbändern muss mindestens 50 mm oder 1/80 der Stützweite  $l$  der Platten betragen. Der größere Wert ist maßgebend.

$a_0$  = Auflagerlänge  
 $l_w$  = Lichte Weite  
 $l_{\text{eff}}$  = Stützweite

Mindestwerte der Auflagerlängen bei HEBEL Dachplatten.

### 4.3.7 Auskragungen

Die Herstellung von Auskragungen mit HEBEL Dachplatten ist möglich. Die Dachplatten werden dazu unter Zugrundelegung der auftretenden Belastungen bewehrt.

Kragplatten müssen auf ihrer Unterstützung so befestigt werden, dass sie durch auftretende Winddruck- und Sogkräfte nicht abgehoben werden können. Die maximale empfohlene Kragarmlänge sollte 1,5 m nicht überschreiten.

### 4.3.8 Aussparungen und Auswechslungen bei HEBEL Dachplatten

An HEBEL Dachplatten dürfen keine Stemmarbeiten vorgenommen werden. Das Fräsen, Sägen oder Bohren eines einzelnen Loches rechtwinklig zur Bauteilebene bis zu einem Durchmesser von  $1/3 \cdot b$  ist zulässig, wenn für den verbleibenden Querschnitt die Tragfähigkeit nachgewiesen ist. Aussparungen sollten deshalb möglichst schon bei der Planung festgelegt werden.

Für größere Dachöffnungen werden Stahlauswechslungen oder Stahlrahmen verwendet.

### 4.3.9 Dachscheiben

HEBEL Dachplatten können durch konstruktive Maßnahmen bei der Bauausführung und bei der Montage derart zu Dachscheiben zusammengefasst werden, dass sie auf Gebäude wirkende Horizontalkräfte, z. B. infolge Wind, aufnehmen können.

Dachscheiben aus HEBEL Dachplatten dürfen auch zur Kippaussteifung von Unterzügen oder Pfetten herangezogen werden. Die erforderlichen Maßnahmen hierzu sind durch Zeichnungen eindeutig und übersichtlich darzustellen.

Es werden zwei Dachscheibentypen unterschieden:

Scheibentyp I: Anordnung der HEBEL Dachplatten parallel zur Scheibenspannrichtung.

Scheibentyp II: Anordnung der HEBEL Dachplatten rechtwinklig zur Scheibenspannrichtung.

Scheibenstützweite  $\leq 35$  m

Scheibenhöhe  $\leq 0,5$  Scheibenstützweite  
 $\geq 0,2$  Scheibenstützweite  
 $\geq$  Länge der Einzelplatte

Der charakteristische Wert gleichmäßig verteilter Einwirkung in Scheibenebene darf 5 kN/m nicht übersteigen.

Der Anteil der in die Scheiben eingeleiteten Lasten aus Kranseitenkräften, Kranbremskräften oder Stoß- und Schwingbelastungen von Maschinen darf nicht mehr als 25 % der vorstehend genannten Scheibenbelastung betragen.

Von den einzelnen Teilen der aus HEBEL Dachplatten zusammengefügte Dachscheibe werden folgende Funktionen übernommen:

- Die Dachplatten übertragen Druckkräfte in Längs- und Querrichtung zu den Scheibenauflagern (Druckbogen).
- Die in die Plattenfugen in Scheibenspannrichtung eingelegte Fugenbewehrung übernimmt die Biegezugkräfte (Zugband).

#### Fugen- und Ringankerbewehrung

Zur Aufnahme der Zugkräfte aus dem Druckbogen-Zugband-System werden die Bewehrungen – beim Scheibentyp I in den ersten 3 Längsfugen, beim Scheibentyp II im Ringanker – jeweils in Scheibenspannrichtung eingelegt.

Weitere Bewehrungseinlagen in den Fugen quer zur Scheibenspannrichtung dienen dem flächigen Zusammenhalt der Scheibe (Kontinuitätsbewehrung), verbessern den Schubverbund und dienen als Aufhängebewehrung bei Lasteintragung in den gezogenen Scheibenrand (z. B. aus Windsog).

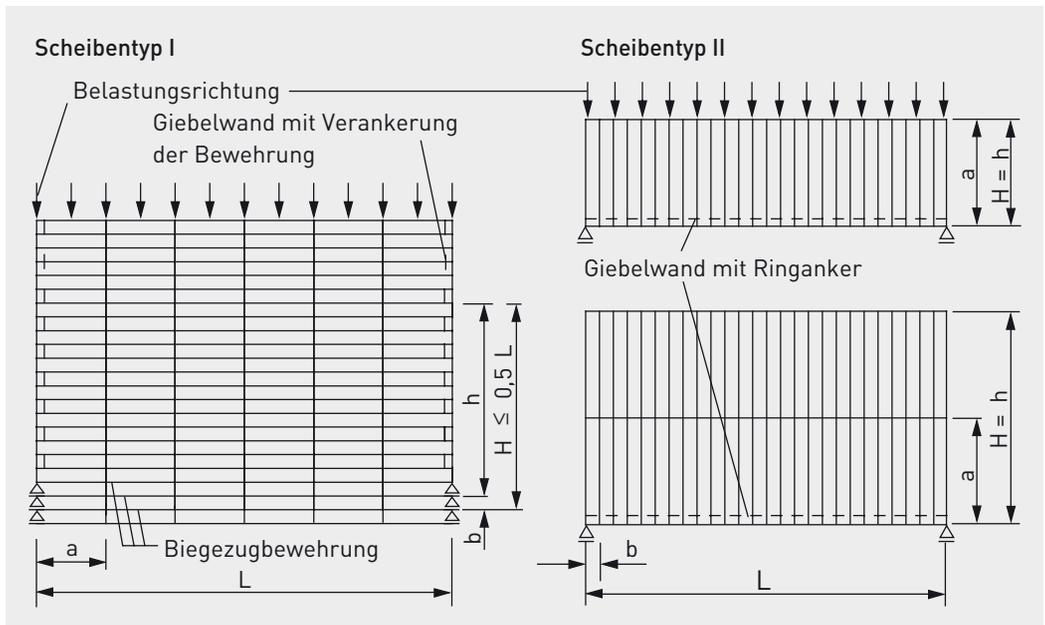
Der Fugenverguss übernimmt die Aufgabe der Druck- und Schubkraftübertragung von Platte zu Platte in Längs- und Querrichtung. Ferner werden die Kräfte aus der Bewehrung in die angrenzenden Platten geleitet (Verbund).

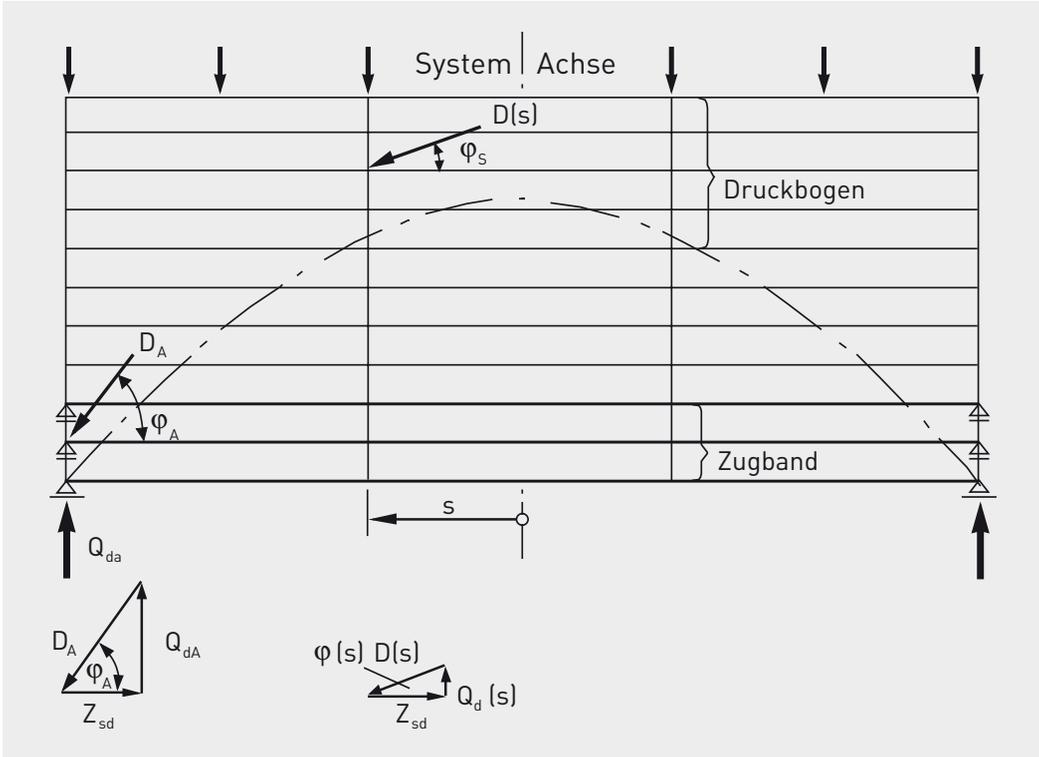
Bei der Biegebemessung dürfen Dachscheiben für beide Belastungsrichtungen (Scheibentyp I und Scheibentyp II) vereinfachend wie Balken

im Zustand II bemessen werden. Näherungsweise darf an Stelle des größten Biegemomentes  $M_{sd}$  eine dreiecksförmige Druckspannungsverteilung angenommen werden.

Nähere Einzelheiten der Dachscheibenbemessung sind der DIN 4223-4 zu entnehmen.

Im Berichtsheft 5 des Bundesverbandes Porenbeton sind einige Beispiele für Berechnung und Ausführung von Dachscheiben beschrieben.





Druckbogen-Zugband-Modell (aus Berichtsheft 5 des Bundesverbandes Porenbeton).

## 4.4 HEBEL Deckenplatten

Für HEBEL Deckenplatten ist der statische Nachweis in jedem Einzelfall zu erbringen.

Die Bemessung der HEBEL Deckenplatten erfolgt nach DIN 4223.

Einzelheiten über Rohdichte, mögliche Plattenlängen und -dicken sowie zulässige Belastungen sind den nachfolgenden Tabellen zu entnehmen und können zur Dimensionierung der Decken verwendet werden.

### 4.4.1 Materialkennwerte

#### HEBEL Deckenplatten

Druckfestigkeitsklasse	P 4,4	Dimension
Charakteristische Druckfestigkeit $f_{ck}$	4,4	MPa
Rohdichteklasse	0,55	
Rohdichte max.	550	kg/m <sup>3</sup>
Wärmeleitfähigkeit $\lambda$	0,14	W/(mK)
Rechenwert für Eigenlasten einschließlich Bewehrung	6,7	kN/m <sup>3</sup>
Elastizitätsmodul $E_{cm}$	2.000	MPa
Grundwert der aufnehmbaren Schubspannung $\tau_{Rd}$	0,078	MPa

### 4.4.2 Bewehrung

HEBEL Deckenplatten sind mit korrosionsgeschützten, punktgeschweißten Betonstahlmatten bewehrt, hergestellt aus Bewehrungsdrähten der Betonstahlsorte BSt 500 G gem. DIN 488-1:1984-09.

### 4.4.3 Maximale Stützweiten

Die nachfolgende Tabelle beinhaltet als ständige Einwirkung das Platteneigengewicht und einen Anteil von 1,5 kN/m<sup>2</sup> für das Konstruktionsgewicht des Deckenaufbaus. Bei abweichenden Belastungen ergeben sich andere Stützweiten.

Der stat. Nachweis ist in jedem Einzelfall unter Berücksichtigung der Beiwerte der Einwirkungskombinationen n. DIN 1055 T. 100. und der Teilsicherheitsbeiwerte ( $\gamma_{G,sup} = 1,35$  bzw.  $\gamma_{G,inf} = 1,0$  für  $G_K$  und  $\gamma_Q = 1,50$  für  $Q_K$ ) zu führen.

#### HEBEL Deckenplatten P 4,4-0,55, F 90 Empfohlene maximale Stützweite $l_{eff}$ [mm] für Auflagerlängen = 100 mm

Plattendicke h mm	$Q_K^{1)}$ [kN/m <sup>2</sup> ]		$G_K^{2)}$ kN/m <sup>2</sup>
	2,30 <sup>3)</sup>	3,00	
	$l_{eff}$ [mm]		
200	4960	4800	2,84
250	5940	5550	3,18
300	6240	5550	3,51

- 1) charakteristische veränderliche Einwirkung: z. B. DIN 1055-3 Kategorie A1, A2, B1, B2, C1, D1 und gegebenenfalls Kapitel 4 Abs. (4) der DIN 1055-3
- 2) charakteristische ständige Einwirkung bestehend aus Eigengewicht der Platte (6,7 kN/m<sup>3</sup>) und 1,5 kN/m<sup>2</sup> für z. B. das Gewicht des Deckenaufbaus
- 3) z. B. bestehend aus 1,5 kN/m<sup>2</sup> nach Kategorie A2 + 0,8 kN/m<sup>2</sup> für leichte Trennwände nach Kap. 4 Abs. (4) max. Stützweiten  $l_{eff}$  für Belastungen nach Kategorie B3, C2, C3, C4, C5, D2, D3, E1 und Tab. 3 der DIN 1055-3 auf Anfrage. Hierbei ist zusätzlich ein bewehrter Aufbeton von mindestens 50 mm Stärke zu berücksichtigen.

#### 4.4.4 Auflager HEBEL Deckenplatten

HEBEL Deckenplatten können auf jede Wand- und Tragkonstruktion verlegt werden. Das Auflager muss eben sein. Falls erforderlich, ist das Auflager mit Zementmörtel auszugleichen. Die Platten müssen satt aufliegen.

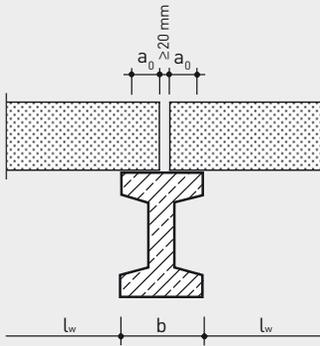
Die Auflagerlängen für HEBEL Deckenplatten sind in DIN 4223 festgelegt und von der Tragkonstruktion abhängig. Die Abmessungen gehen aus den Skizzen auf der nächsten Seite hervor.

#### 4.4.5 Aussparungen und Auswechslungen bei HEBEL Deckenplatten

An HEBEL Deckenplatten dürfen keine Stemm- arbeiten vorgenommen werden. Das Fräsen, Sägen oder Bohren eines einzelnen Loches rechtwinklig zur Bauteilebene bis zu einem Durchmesser  $1/3 \cdot b$  ist zulässig, wenn für den verbleibenden Querschnitt die Tragfähigkeit nachgewiesen ist.

Aussparungen sollten deshalb möglichst schon bei der Planung festgelegt werden.

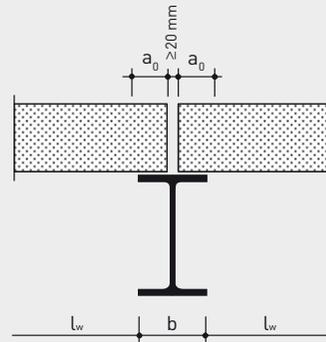
Für größere Deckenöffnungen werden Stahlauswechslungen oder Stahlrahmen verwendet.



#### Beton- oder Stahlbetonkonstruktion

$$a_0 \geq 50 \text{ mm} \geq \frac{l}{80}$$

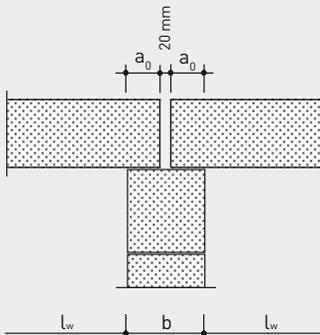
Die Auflagerlänge auf Stahlbetonbalken muss mindestens 50 mm oder 1/80 der Stützweite  $l$  der Platten betragen. Der größere Wert ist maßgebend.



#### Stahlkonstruktion

$$a_0 \geq 50 \text{ mm} \geq \frac{l}{80}$$

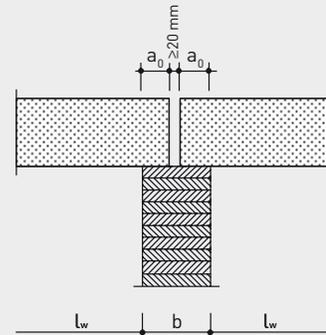
Die Auflagerlänge auf Stahlträger muss mindestens 50 mm oder 1/80 der Stützweite  $l$  der Platten betragen. Der größere Wert ist maßgebend.



#### Mauerwerk

$$a_0 \geq 70 \text{ mm} \geq \frac{l}{80}$$

Die Auflagerlänge auf Mauerwerk muss mindestens 70 mm oder 1/80 der Stützweite  $l$  der Platten betragen. Der größere Wert ist maßgebend.



#### Brettschichtholzkonstruktion

$$a_0 \geq 50 \text{ mm} \geq \frac{l}{80}$$

Die Auflagerlänge auf Holzleimbändern muss mindestens 50 mm oder 1/80 der Stützweite  $l$  der Platten betragen. Der größere Wert ist maßgebend.

$a_0$  = Auflagerlänge

$l_w$  = Lichte Weite

$l_{\text{eff}}$  = Stützweite

Mindestwerte der Auflagerlängen bei HEBEL Deckenplatten.

## 4.5 Verformungseigenschaften von HEBEL Porenbeton

### Elastizitätsmodul $E_b$

Die Werte für den Elastizitätsmodul  $E_b$  von HEBEL Porenbeton in der nachfolgenden Tabelle wurden in Abhängigkeit von der Rohdichte nach der Formel  $E_b = 5 \cdot (\text{Rohdichte} [\text{kg/m}^3] - 150)$  errechnet, wie in DIN 4223 genannt.

### Schwindmaß $\epsilon_f$

Das Schwinden ist unabhängig von der Belastung. Es ist im Wesentlichen eine Verkürzung durch physikalische und chemische Austrocknung. Infolge der ständig durchgeführten Material-Optimierung liegt das Schwinden von HEBEL Porenbeton heute unter 0,20 mm/m.

### Kriechzahl $\phi$

Im Vergleich zu anderen Arten von Beton kriecht Porenbeton nur wenig. Der Rechenwert der Endkriechzahl von Porenbeton beträgt nach DIN 4223  $\phi = 1,0$ .

### Relaxation

Die Relaxation beschreibt die zeitabhängige Abnahme der Spannungen unter einer aufgezungenen Verformung. Bei Porenbeton kann davon ausgegangen werden, dass eine langsame Zugdehnung bis etwa 0,2 mm/m durch Spannungsrelaxation (Entspannung) rissfrei aufgenommen werden kann.

### Wärmedehnungskoeffizient $\alpha_T$

Die thermische Ausdehnung beträgt in einem Temperaturbereich von 20 bis 100 °C ca. 0,008 mm/(mK), so dass der Wärmedehnungskoeffizient  $\alpha_T$  mit  $8 \cdot 10^{-6}/\text{K}$  festgelegt wurde.

### Zwängungen

Aus der starren Verbindung von Baustoffen unterschiedlichen Verformungsverhaltens können erhebliche Zwängungen infolge von

Schwinden, Kriechen und Temperaturänderungen entstehen, die Spannungsumlagerungen und Schäden bewirken können.

Das gleiche gilt bei unterschiedlichen Setzungen. Durch konstruktive Maßnahmen (z. B. ausreichende Wärmedämmung, geeignete Baustoffwahl, zwängungsfreie Anschlüsse, Fugen usw.) ist unter Beachtung von Abschnitt 6.3 der DIN 1053-1:1996:11 sicherzustellen, dass die vorgenannten Einwirkungen die Standsicherheit und Gebrauchsfähigkeit der baulichen Anlage nicht unzulässig beeinträchtigen.

### Verformungskennwerte von Porenbeton

Rohdichteklasse Trockenrohddichte max.	0,50 500	0,55 550	kg/m <sup>3</sup>
Elastizitätsmodul $E_b$	1.750	2.000	N/mm <sup>2</sup>
Schwindmaß $\epsilon_f$	< 0,2	< 0,2	mm/m
Wärmedehnungskoeffizient $\alpha_T$	8	8	$10^{-6}/\text{K}$

## 4.6 Teilsicherheitsbeiwerte

### Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen und den Tragwiderstand im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Die in DIN 1055-100 angegebenen Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen bei Hochbauten sind für den für Porenbeton typischen Anwendungsbereich der folgenden Tabelle zu entnehmen.

### Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkung auf Tragwerke\*

Auswirkung	Ständige Einwirkungen $\gamma_g$	Veränderliche Einwirkungen $\gamma_q$
günstig	1,00	0
ungünstig	1,35	1,5

\* siehe auch DIN 4223-5

4

### Teilsicherheitsbeiwerte für die Baustoffeigenschaften\*

Bemessungssituation	Porenbeton		Betonstahl
	Duktileres Versagen $\gamma_{c1}$	Sprödes Versagen $\gamma_{c2}$	$\gamma_s$
Ständige und vorübergehende Bemessungssituationen	1,3	1,7	1,15
Außergewöhnliche Bemessungssituationen	1,2	1,4	1,0
Bemessungssituationen infolge von Erdbeben	1,1	1,2	1,0

\* siehe auch DIN 4223-5

### Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit umfassen die

- Begrenzung der Spannungen
- Begrenzung der Rissbreiten
- Begrenzung der Verformung

Für die Einwirkungskombinationen bei den Nachweisen in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit gilt DIN 1055-100.



## **Bauphysik**

**5.1 Wärmeschutz**

**5.2 Energieeinsparverordnung**

**5.3 Raumklima**

**5.4 Klimabedingter Feuchteschutz**

**5.5 Brandschutz**

**5.6 Schallschutz**

# 5.1 Wärmeschutz

Baulicher Wärmeschutz ist ein wichtiger Teilbereich des Umwelt- und Klimaschutzes. Denn die Verbrennung fossiler Brennstoffe zur Heizung von Gebäuden ist eine Hauptursache der Emissionen, die an der Entstehung des Treibhauseffektes maßgeblich mitwirken. Deshalb kommt der Reduzierung des Schadstoffausstoßes bei der Gebäudeheizung eine wichtige Rolle zu. Außerdem werden durch die Verringerung des Heizenergieverbrauchs die immer wertvoller werdenden Energie- und Brennstoff-Ressourcen geschont. Und: Effizienter Wärmeschutz senkt die Heizkosten.

5

Umweltverträgliches Bauen und niedrige Heiz- bzw. Unterhaltskosten sind mit dem HEBEL Bau-system möglich: Die hervorragenden Wärmedämmeigenschaften des Materials Porenbeton und die rationelle Bauweise machen es zum ökologischen und ökonomischen Favoriten, der alle heutigen Anforderungen an den Wärmeschutz erfüllt und auch der Zukunft gewachsen ist.

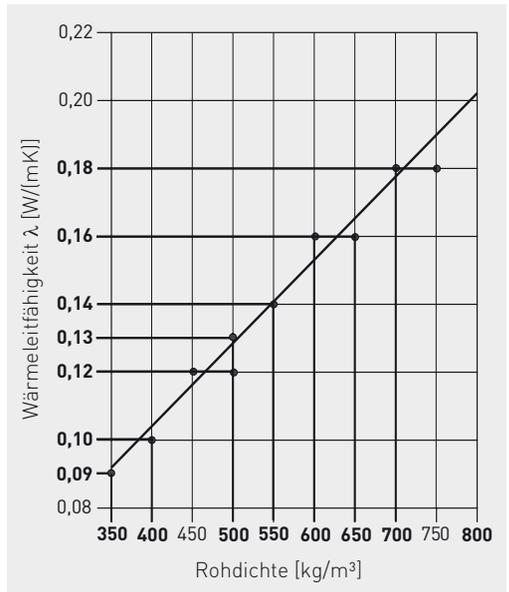
## 5.1.1 Wärmeleitfähigkeit $\lambda$

Die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  [W/(mK)] ist eine spezifische Stoffeigenschaft. Sie gibt die Wärmemenge in Watt an, welche durch 1 m<sup>2</sup> einer 1 m dicken Schicht eines Stoffes strömt, wenn das Temperaturgefälle in Richtung des Wärmestromes 1 K (Kelvin) beträgt.

Wärmeleitfähigkeit und damit Wärmedämmung von Baustoffen sind weitgehend von deren Rohdichte abhängig. Mit geringerer Rohdichte vermindert sich die Wärmeleitfähigkeit, die Wärmedämmung dagegen nimmt zu: Der Wärmeschutz wird besser. Für die üblichen Baustoffe und Wärmedämmstoffe sind die Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  in DIN V 4108-4: 2006-07 Tabelle 1 angegeben.

HEBEL Porenbeton hat in allen Rohdichten von diesen Normwerten abweichende, niedrigere Wärmeleitfähigkeiten, besitzt also eine bessere

Wärmedämmung. Um dies zu belegen, sind im Rahmen der Eigen- und Fremdüberwachung zusätzlich die Wärmeleitfähigkeit und die Absorptionsfeuchte nach DIN 4108-4, Anhang B in Verbindung mit den Angaben aus der bauaufsichtlichen Zulassung nachzuweisen.



Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit von HEBEL Porenbeton von der Rohdichte.

Die Wärmeleitfähigkeiten von Porenbeton verschiedener Hersteller können erheblich voneinander abweichen. Um sicherzustellen, dass der beim Wärmeschutznachweis gerechnete Porenbeton auch wirklich verwendet wird, sollte grundsätzlich die entsprechende Wärmeleitfähigkeit im Leistungsverzeichnis der Ausschreibungsunterlagen aufgeführt werden.

Verändert sich die Wärmeleitfähigkeit, so muss sich auch die Wanddicke in annähernd gleichem Verhältnis verändern, wenn die Wärmedämmung gleich bleiben soll. Das heißt, dass bei doppelt so hoher Wärmeleitfähigkeit zum Erreichen des gleichen U-Werts (s. 5.1.5) auch die Wanddicke mehr als verdoppelt werden muss.

## Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ für HEBEL Wand-, Dach- und Deckenplatten

Rohdichte $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ W/(mK)	Richtwert der Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl $\mu^*$
500	0,13	5 bis 10
550	0,14	

\* lt. DIN 4108-3 ist der für die Tauperiode ungünstigere  $\mu$ -Wert anzuwenden, welcher dann auch für die Verdunstungsperiode beizubehalten ist.

### 5.1.2 Bemessungswert des Wärmedurchlasswiderstands R

Der Wärmedurchlasswiderstand R [m<sup>2</sup>K/W] ist das Maß für die Wärmedämmung eines Bauteils. Er ist der Quotient aus Baustoffdicke zu Wärmeleitfähigkeit.

#### Rechenbeispiele

Schichten	Schichtdicke d m	Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ W/(mK)	$\frac{d}{\lambda}$ m <sup>2</sup> K/W
Wand: Silikon-Außenbeschichtung HEBEL Wandplatten P 3,3-0,50	0,001	0,70	0,001-0
	0,25	0,13	1,92
Wärmedurchlasswiderstand $R_i = \sum \frac{d}{\lambda} = 1,92 \text{ m}^2\text{K/W}$			
Decke: Bodenbelag Estrich Dämmschicht HEBEL Deckenplatten P 4,4-0,55	0,005	-	-
	0,05	1,40	0,036
	0,05	0,035	1,429
	0,20	0,14	1,429
Wärmedurchlasswiderstand $R_i = \sum \frac{d}{\lambda} = 2,89 \text{ m}^2\text{K/W}$			
Dach: Kiesschicht Dachhaut HEBEL Dachplatten P 4,4-0,55	0,05	-	-
	0,01	0,17	0,059
	0,20	0,14	1,429
Wärmedurchlasswiderstand $R_i = \sum \frac{d}{\lambda} = 1,49 \text{ m}^2\text{K/W}$			

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

d = Dicke der Schicht [m]

$\lambda$  = Wärmeleitfähigkeit des Materials [W/(mK)]

Bei aus mehreren homogenen Schichten bestehenden Bauteilen werden diese Einzelwärmedurchlasswiderstände  $R_1, R_2, \dots$  zum „Bemessungswert des Wärmedurchlasswiderstandes“ R (früher  $R_{ges}$ ) aufsummiert.

$$R_i = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} \quad [\text{m}^2\text{K/W}]$$

## Wärmedurchlasswiderstand von ruhenden Luftschichten

Dicke der Luftschicht  mm	Wärmedurchlasswiderstand Richtung des Wärmestroms		
	aufwärts m <sup>2</sup> K/W	horizontal* m <sup>2</sup> K/W	abwärts m <sup>2</sup> K/W
0	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0,15
15	0,16	0,17	0,17
25	0,16	0,18	0,19
50	0,16	0,18	0,21
100	0,16	0,18	0,22
300	0,16	0,18	0,23

\* Horizontal heißt, dass die Abweichung von der Horizontalen nicht mehr als  $\pm 30^\circ$  beträgt.

Ruhende Luftschichten tragen ebenso zur Wärmedämmung bei. Der Wärmedurchlasswiderstand dieser Luftschichten ist einerseits abhängig von ihrer Dicke, andererseits von der Richtung des Wärmestroms. Sie gelten dann als ruhend, wenn für ihre Öffnung zur Außenumgebung folgende Vorgaben eingehalten sind:

- kein Luftstrom durch die Schicht möglich
- 500 mm<sup>2</sup> je m Länge für vertikale Luftschichten
- 500 mm<sup>2</sup> je m<sup>2</sup> Oberfläche für horizontale Luftschichten

Für „schwach belüftete“ Luftschichten ist die Hälfte des Wertes der Tabelle anzusetzen, allerdings bis zu einer Obergrenze von 0,15 m<sup>2</sup>K/W. Eine Luftschicht gilt als „schwach belüftet“, wenn für ihre Öffnung gilt:

- über 500 mm<sup>2</sup> bis < 1.500 mm<sup>2</sup> je m Länge für vertikale Luftschichten
- über 500 mm<sup>2</sup> bis < 1.500 mm<sup>2</sup> je m<sup>2</sup> Oberfläche für horizontale Luftschichten

Eine Luftschicht gilt als so „stark belüftet“, dass sie nicht mehr zur Wärmedämmung beiträgt, weshalb der Wärmedurchlasswiderstand durch den Wärmeübergangswiderstand ersetzt wird, ab einer Lüftungsöffnungsgröße von:

- über 1.500 mm<sup>2</sup> je m Länge für vertikale Luftschichten
- über 1.500 mm<sup>2</sup> je m<sup>2</sup> Oberfläche für horizontale Luftschichten

### 5.1.3 Wärmeübergangswiderstand nach DIN EN ISO 6946

Die Wärmeübergangswiderstände innen und außen sind nach DIN EN ISO 6946 ebenfalls abhängig von der Richtung des Wärmestroms, der durch Konvektion und Strahlung verursacht wird. Als „horizontal“ gilt die Richtung des Wärmestroms bei Außenwänden, aufwärts bei Dächern.

Dabei ist  $R_{Si}$  der Wärmeübergangswiderstand innen und  $R_{Se}$  der Wärmeübergangswiderstand außen, jeweils in [m<sup>2</sup>K/W]. Die Größe des Wärmestroms ist von der Richtung wie folgt abhängig:

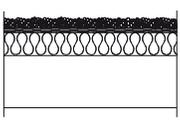


Wärmedurchlasswiderstände R und Wärmedurchgangskoeffizienten U  
HEBEL Montagebauteile ohne Putz oder sonstige Beläge

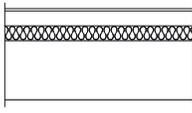
Bauteil	Wärmeleitfähigkeit	Druckfestigkeitsklasse – Rohdichteklasse	Dicke h mm	Wärmedurchlasswiderstand	Wärmedurchgangskoeffizient Wand U	Wärmedurchgangskoeffizient Dach U
	$\lambda$ W/(mK)			R m <sup>2</sup> K/W	U W/(m <sup>2</sup> K)	U W/(m <sup>2</sup> K)
HEBEL Wandplatten	0,13	3,3-0,50	250	1,92	0,48	–
			300	2,31	0,40	–
			365	2,81	0,34	–
			375	2,88	0,33	–
HEBEL Dach- und Deckenplatten HEBEL Wandplatten	0,14	4,4-0,55	150	1,07	0,81	0,83
			175	1,25	0,70	0,72
			200	1,43	0,63	0,64
			250	1,78	0,51	0,52
			300	2,14	0,43	0,44
			365	2,61	0,36	–
375	2,68	0,35	–			

5

Wärmedurchgangskoeffizienten U von HEBEL Dachplatten mit Zusatzdämmung

Bauteil $R_{Si} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$ ; $R_{Se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$	Rohdichteklasse	Wärmeleitfähigkeit	Dicke h mm	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K) Dämmung 040 Dicke		
		$\lambda$ W/(mK)		60 mm	80 mm	100 mm
	0,55	0,14	175	0,35	0,29	0,26
			200	0,33	0,28	0,25
			250	0,29	0,25	0,23

Wärmedurchgangskoeffizienten U von HEBEL Decken (gegen unbeheizten Keller)

Bauteil $R_{Si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$ ; $R_{Se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$ Fußbodenaufbau: 50 mm Zementestrich $\lambda = 1,4 \text{ W/(mK)}$	Rohdichteklasse	Wärmeleitfähigkeit	Dicke h mm	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K) Dämmung 035 Dicke		
		$\lambda$ W/(mK)		50 mm	40 mm	30 mm
	0,55	0,14	175	0,33	0,37	0,44
			200	0,31	0,34	0,38
			250	0,28	0,31	0,33

### 5.1.6 Wärmebrücken (Wärmebrückenverluste $\psi$ )

Der Wärmeschutz eines Gebäudes wird nicht nur durch die Baustoffe der Außenwände, sondern auch durch Bauteilanschlüsse und darin vorhandene Materialwechsel beeinflusst.

Gerade bei diesen Anschlüssen ergeben sich zusätzliche Wärmeverluste, die durch die so genannten längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten  $\psi$  [W/mK] nach DIN EN ISO 10211 quantifiziert werden können. Sie treten z. B. im Bereich von Deckenauflegern, Tür- und Fensteranschlüssen sowie bei Schnittkanten im Bereich von Wandecken, Wänden und Decken auf.

Wo Wärmebrücken auftreten, kann die innere Oberflächentemperatur im Bereich der Wärmebrücke niedriger sein als auf der sich anschließenden Bauteilfläche im von Wärmebrücken freien Bereich. Dadurch kann es im Wechselspiel von Temperaturänderungen bei der Raum- und Gebäudeheizung zu Tauwasserbildung kommen.

Durch die allgemeine Verbesserung der Wärmedämmung sind heute die Oberflächentemperaturen relativ hoch. Trotzdem fallen die linienförmigen Wärmebrückenverluste in der Gesamtbilanz des Wärmeverbrauchs prozentual stärker ins Gewicht als früher bei ungünstiger gedämmten Gebäuden. Dieser zunehmenden Bedeutung der Wärmebrückenverluste wird z. B. durch die explizite Bewertung im Rahmen der Energieeinsparverordnung Rechnung getragen.

Bei Wärmebrücken wird nicht nur der theoretische Wärmedurchgang durch ein Bauteil betrachtet, sondern alle Wärmeströme, die waagrecht, senkrecht, seitlich, von oben nach unten oder von unten nach oben fließen. Deshalb sollten Bauteile hinsichtlich ihres Einflusses auf die Wärmebrückenverluste kritisch ausgewählt werden.

HEBEL Porenbeton-Bauteile weisen aufgrund ihrer homogen massiven Baustoffstruktur nach allen Richtungen die gleiche Wärmeleitfähigkeit auf. Dadurch werden durchgängige Detaillösungen möglich, Wärmebrücken werden von vornherein minimiert.

**Ein Wärmebrückenkatalog für den Wirtschaftsbau kann unter [www.hebel.de](http://www.hebel.de) im Download-Bereich unter der Kategorie „EnEV“ angefordert werden.**

## 5.2 Energieeinsparverordnung

### 5.2.1 Die Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009

#### Ziele der Energieeinsparverordnung

Mit der seit dem 01.10.2009 gültigen Neufassung ist die Energieeinsparverordnung (EnEV) auf der Basis des aktualisierten Energieeinsparungsgesetzes (EnEG) zum wiederholten Male novelliert worden.

Damit soll das in der EG-Richtlinie „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ gesetzte Ziel erreicht werden, den Ausstoß von Treibhausgasen weiter zu senken. Für die Bundesrepublik Deutschland bedeutet dies konkret eine Verringerung von ca. 21 % bis zum Jahr 2012, was auch bei Gebäuden eine Begrenzung des Energieverbrauchs erfordert.

#### Inhalte der EnEV 2009

Die EnEV begrenzt durch ihre Anforderungen an Gebäudehülle und Anlagentechnik den jährlichen Primärenergiebedarf von Bauwerken. Außerdem schreibt sie bestimmte Arten der Dokumentation vor.

Die Verordnung ist in sieben Abschnitte gegliedert:

- Abschnitt 1: Allgemeine Vorschriften
- Abschnitt 2: Zu errichtende Gebäude
- Abschnitt 3: Bestehende Gebäude und Anlagen
- Abschnitt 4: Anlagen der Heizungs-, Kühl- und Raumlufttechnik sowie der Warmwasserversorgung
- Abschnitt 5: Energieausweise und Empfehlungen für die Verbesserung der Energieeffizienz

- Abschnitt 6: Gemeinsame Vorschriften, Ordnungswidrigkeiten

- Abschnitt 7: Schlussvorschriften

Hinzu kommen 11 Anlagen, die insbesondere die gestellten Anforderungen und die zu Grunde liegenden Rechenverfahren sowie Angaben zur Ausgestaltung des Energieausweises enthalten.

#### Wesentliche Neuerungen

Gegenüber der EnEV 2007 enthält die novelierte Fassung von Oktober 2009 keine wesentlichen inhaltlichen Neuerungen. Die Änderungen gegenüber der bisherigen Verordnung, die mit ihrem ganzheitlichen Ansatz der EG-Richtlinie in vielen Punkten bereits gerecht wird, betreffen vor allem:

- Anforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Neubauten gegenüber der vorherigen Fassung um ca. 30 % verschärft
- Anforderungen an Außenbauteile bei wesentlichen Änderungen im Gebäudebestand um ca. 15 % erhöht
- Transmissionswärmeverluste nicht mehr über den Transmissionswärmetransferkoeffizienten  $H'_T$  begrenzt, sondern über gemittelte U-Werte ganzer Bauteilgruppen
- Entfall der sogenannten „76 %-Regel“, die in bestimmten Fällen als alternativer Nachweis herangezogen werden konnte
- Große Klima- und Lüftungsanlagen müssen mit Wärmerückgewinnung ausgestattet werden, u. U. Nachrüstung einer elektronischen Steuerung
- Leitungen, die Kälte bzw. Kaltwasser verteilen, sind beim erstmaligen Einbau oder Einsatz zu dämmen

- Berücksichtigung von Strom aus erneuerbaren Energien beim Nachweis des Primärenergiebedarfs von Neubauten wenn in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Gebäude erzeugt, z. B. durch Photovoltaik auf dem Dach. Voraussetzung ist, dass der Strom vorrangig im Gebäude selbst genutzt wird.
- Vereinfachung des Berechnungsverfahrens an verschiedenen Stellen, z. B. Anwendung des vereinfachten Verfahrens bei mehr Nutzungstypen
- Anpassung und Ergänzung der Anforderungen an die Aussteller von Energieausweisen

Für den energetischen Nachweis von Nichtwohngebäuden wird wie bisher das Nachweisverfahren entsprechend DIN V 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“ verwendet. Dieses Verfahren ermöglicht es, Gebäude und Systeme unter standardisierten Bedingungen vergleichen zu können.

Die folgenden Ausführungen beschränken sich im Wesentlichen auf die Abschnitte 1, 2 und 5 der EnEV 2009, wobei nur auf neu zu errichtende Nichtwohngebäude eingegangen wird. Betrachtet werden die bautechnischen Aspekte, die Anlagentechnik wird nur gestreift.

## 5.2.2 Die Energieeinsparverordnung bei Nichtwohngebäuden

### Anforderungen an zu errichtende Nichtwohngebäude

Die EnEV 2009 nennt für zu errichtende Gebäude im Nichtwohnbau in §§ 4 und 6 folgende Anforderungsgrößen:

- Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_p$  für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung, Kühlung und eingebaute Beleuchtung
- mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient  $\bar{U}$  der wärmeübertragenden Umfassungsfläche, aufgeteilt in Bauteilgruppen

- sommerlicher Wärmeschutz mit dem Sonneneintragskennwert  $S$
- Luftdichtheit
- Wärmebrücken

### Betroffene Gebäude

Die EnEV gilt für alle „Gebäude, deren Räume unter Einsatz von Energie beheizt oder gekühlt werden“. Ausgenommen sind einige in § 1 genannte Gebäudearten, im Bereich Nichtwohnbau sind das vor allem Betriebsgebäude, die nach ihrer Zweckbestimmung auf eine Innentemperatur unter 12 °C oder weniger als vier Monate geheizt sowie jährlich weniger als zwei Monate gekühlt werden. Solche Gebäude sind beispielsweise Lagerhallen für bestimmte Güter.

Eine Unterscheidung der Anforderungen der EnEV an die energetische Qualität eines Gebäudes nach „niedriger“ oder „normaler“ Innentemperatur wird nicht mehr getroffen. Entscheidend ist, ob und wie in dem Gebäude Räume nutzungsbedingt beheizt oder gekühlt werden.

Unterteilt nach Innentemperatur werden nur mehr einzelne Räume, wenn bei der Berechnung des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten nach Raum-Solltemperaturen im Heizfall von  $\geq 19$  °C oder von 12 bis  $< 19$  °C unterschieden wird. Bei dieser Berechnung wird der zulässige Höchstwert auch davon beeinflusst, ob der Fensterflächenanteil über 30 % liegt.

Die Einordnung von Räumen in einen Temperaturbereich hängt einerseits von den Wünschen des Bauherrn ab. Andererseits ist die erforderliche Innentemperatur auf Grund der Bestimmungen der Arbeitsstättenrichtlinien häufig vorgegeben, wo für bestimmte Tätigkeiten Mindest-Raumtemperaturen verlangt werden. Auch der Umfang an Abwärme, die im Betriebsgebäude entsteht, und eine evtl. vom Verwendungszweck herrührende Notwendigkeit, das Gebäude großflächig und lang anhaltend offen halten zu müssen, haben Einfluss.

## Referenzgebäudeverfahren

Nahezu alle Nichtwohngebäude unterscheiden sich hinsichtlich Architektur, Geometrie und Nutzung, was sich in ganz spezifischen Anforderungen an Heizung, Klimatisierung oder Beleuchtung niederschlägt. Die frühere Vorgehensweise, den zulässigen Höchstwert des Jahres-Primärenergiebedarfs einfach aus dem Verhältnis von wärmeübertragender Umfassungsfläche  $A$  zum beheizten Gebäudevolumen  $V_e$  herzuleiten, lässt die großen Unterschiede in der Nutzung der Gebäude völlig außer Acht.

Die EnEV 2009 legt den Höchstwert jetzt objektbezogen anhand des tatsächlich zu errichtenden Gebäudes fest. Das geschieht anhand eines so genannten „Referenzgebäudes“. Dessen Geometrie, Nettogrundfläche, Ausrichtung und Nutzung einschließlich der Anordnung der Nutzungseinheiten entspricht dem zu errichtenden Gebäude.

Für dieses spezifische Gebäude wird mit einer in der EnEV 2009, Anlage 2, festgeschriebenen Referenzausführung von Anlagenkomponenten und energetischer Qualität der Gebäudehülle der Jahres-Primärenergiebedarf berechnet. Der auf diese Weise ermittelte Wert stellt den Höchstwert für genau dieses zu errichtende Gebäude dar.

Zu beachten ist dabei, dass die in EnEV 2009, Anlage 2 beschriebenen einzelnen Referenzausführungen keine Höchst- und Mindestwerte darstellen. Vielmehr dienen sie dazu, in der Modellrechnung zur Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs einen Mindeststandard vorgeben zu können.

## Bilanzierung des Energiebedarfs

Mittels einer umfangreichen Energiebedarfsbilanzierung wird festgestellt, ob das geplante Gebäude den Höchstwert einhält und damit in der Summe der Energiebilanz den verlangten Standard erreicht. Die dahin führenden technischen Ausführungen bzw. energetischen Quali-

täten von Gebäudehülle und Anlagentechnik müssen nicht identisch mit den in der EnEV genannten sein.

Zwar wären die Anforderungen dann von vornherein erfüllt, in der Praxis können die Qualitäten der einzelnen Komponenten aber untereinander ausgeglichen werden. Das heißt, dass auch Komponenten mit relativ geringem energetischem Standard möglich sind, wenn an anderer Stelle ausgleichend sehr hochwertige Komponenten oder erneuerbare Energien eingesetzt werden.

## 5.2.3 Nachweisverfahren für Nichtwohngebäude nach DIN V 18599

Mit dem Wegfall der Gebäude mit „niedrigen Innentemperaturen“ von 12 bis 19 °C ist auch der vereinfachte Nachweis für diese Art von Gebäuden hinfällig. Für alle der Nachweispflicht unterliegenden Nichtwohngebäude muss mit dem gleichen ausführlichen Verfahren nach DIN V 18599 gerechnet werden, das Energiegewinne und -verluste auf der Basis eines Monatsbilanzverfahrens miteinander verrechnet und abschließend eine primärenergetische Bewertung des Ergebnisses vornimmt.

Die Berechnung nach DIN V 18599 erlaubt eine gesamtheitliche Beurteilung aller Energiemengen, die zur bestimmungsgemäßen Beheizung, Warmwasserbereitung, raumlufttechnischen Konditionierung und Beleuchtung von Gebäuden notwendig sind. Auch die gegenseitige Beeinflussung von Energieströmen wird dabei berücksichtigt.

Dabei ist wegen des enormen Rechenaufwands die Verwendung eines Computerprogramms notwendig. Die XELLA Technologie- und Forschungsgesellschaft mbH bietet ein Programm zum EnEV-Nachweis von Nichtwohngebäuden nach dem Verfahren der DIN V 18599 und dazugehörige Schulungsveranstaltungen an. Mehr Informationen dazu im Bereich „Technologie und Forschung“ der Seite [www.xella.de](http://www.xella.de).

Das Programm enthält auch einen Katalog mit Bauteilen von HEBEL.

Eine ausführliche Beschreibung des Nachweisverfahrens würde den Rahmen dieses Handbuchs sprengen. Deshalb soll hier nur auf Grundzüge eingegangen werden, im Besonderen auf solche, die die Gebäudehülle betreffen.

### Zonierung des Gebäudes

Die Zonierung des Gebäudes bildet die Grundlage, um die zum Teil völlig unterschiedliche Nutzung von Gebäudeteilen, die einen wesentlichen Einfluss auf den Energiebedarf hat, berücksichtigen zu können. Für jede der ermittelten Zonen wird der Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen getrennt bestimmt. Wie die Zonen voneinander zu trennen sind, ist in der Norm vorgegeben.

### Vereinfachtes Verfahren für die Gebäudezonierung

Bei Bürogebäuden, Schulen, Turnhallen, Kindergärten und -tagesstätten, Hotels und Bibliotheken kann unter bestimmten Voraussetzungen auch ein vereinfachtes Berechnungsverfahren angewendet werden. Auch Gebäude des Groß- und Einzelhandels sowie Gewerbebetriebe können nach dem vereinfachten Verfahren berechnet werden, wenn deren Nettogrundfläche 1.000 m<sup>2</sup> nicht überschreitet und neben der Hauptnutzung nur Büro-, Lager-, Sanitär- oder Verkehrsflächen vorhanden sind. Der Rechenweg dieses vereinfachten Verfahrens oder „Ein-Zonen-Modells“ entspricht dem detaillierten Verfahren, wird aber vereinfachend nur anhand einer einzigen Zone durchgeführt, für die ein einheitliches Nutzungsschema angenommen wird. Die entstehende Ungenauigkeit wird dadurch kompensiert, dass die ermittelten Werte des Jahres-Primärenergiebedarfs  $Q_p$  um 10 % zu erhöhen sind.

Damit führt dieses Näherungsverfahren zwar zu geringerem Aufwand bei der Gebäudeplanung, wird aber mit einer schlechteren energetischen

Bewertung erkaufte. Denn die im Energieausweis für das Gebäude einzutragenden Werte des Jahres-Primärenergiebedarfs werden von vornherein um 10 % erhöht, womit das Gebäude als weniger energieeffizient bewertet wird.

Das vereinfachte Verfahren darf bei Erfüllung folgender Randbedingungen angewendet werden:

- Summe aus Nettogrundflächen für Hauptnutzung und Verkehrsflächen mehr als 2/3 der gesamten Nettogrundfläche
- Beheizung und Warmwasserbereitung erfolgt für alle Räume auf dieselbe Art
- höchstens 10 % der Nettogrundfläche durch Glühlampen, Halogenlampen oder die Beleuchtungsart "indirekt" nach DIN V 18599-4: 2007-2 beleuchtet
- keine Kühlung des Gebäudes

Bei der Verwendung leichter Baumaterialien wird die Anwendung des vereinfachten Verfahrens vielfach daran scheitern, dass zur Erfüllung des sommerlichen Wärmeschutzes eine Klimaanlage eingebaut werden muss. Wird für die Wände und vor allem für das Dach Porenbeton verwendet, kann im Normalfall auf eine Gebäudekühlung verzichtet werden. Der massive Baustoff Porenbeton besitzt eine hohe Wärmespeicherfähigkeit, die zusammen mit der sehr guten Temperaturdämpfung für angenehmes Raumklima auch bei hohen Außentemperaturen sorgt.

### Bilanzierung des Nutzenergiebedarfs

Der Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen wird für jede Gebäudezone getrennt bestimmt. Die Versorgungseinrichtungen (Heizung, Kühlung, Lüftung etc.) können gleichwohl nicht mit der Zonierung übereinstimmende eigene Versorgungsbereiche bilden. Auch für solche Abweichungen ist in der Norm ein Verfahren angegeben.

Die Bilanzierung verbindet die in einer Zone des Gebäudes bestehenden Nutzungsanforderungen mit baulichen sowie anlagentechnischen Eigenschaften und verrechnet Wärmequellen und Wärmesenken miteinander.

Wärmequellen, durch die Wärme in die Gebäudezonen eingebracht wird, sind z. B. Heizung, Wärmeeinträge durch Personen, Geräte und Beleuchtung, Sonneneinstrahlung oder Transmission aus angrenzenden Bereichen. Wärmesenken, durch die Wärme entzogen wird, sind z. B. Transmission, Lüftung, Abstrahlung nach außen oder Kältequellen z. B. aus Kühleinrichtungen und deren Verteilung.

Durch die Zonierung wird bei Temperaturunterschieden  $> 4 \text{ K}$  ein Austausch von Wärme innerhalb des Gebäudes berücksichtigt. Transmission und Lüftung werden nicht mehr nur zu den Verlusten gezählt und interne und solare Wärmeeinträgen zu den Gewinnen, sondern ihr Effekt auf die benachbarten Zonen berücksichtigt. Damit kann sehr viel genauer auf unterschiedliche Nutzungen innerhalb eines Gebäudes eingegangen werden.

Die energetische Qualität von Wänden, die Nutzungszonen innerhalb des Gebäudes voneinander trennen, gewinnt damit an Bedeutung. Ein Beispiel dafür sind Brandwände, die z. B. Räume unterschiedlicher Innentemperaturen vonei-

ander trennen. Werden schwere Brandwände eingebaut, ist der Wärmeverlust durch Transmission zwischen den Gebäudezonen weitaus höher als bei Brandwänden aus Porenbeton, die auch eine hohe Wärmedämmung besitzen.

### Berechnung der Mittelwerte des Wärmedurchgangskoeffizienten $\bar{U}$ der wärmeübertragenden Umfassungsfläche

Eine Anforderung der EnEV ist die Begrenzung der über die gesamte wärmeübertragende Umfassungsfläche gemittelten U-Werte, mit der der Wärmeverlust in einer Gebäudezone begrenzt wird. Der Nachweis des Transmissionswärmetransferkoeffizienten wird durch diese Regelung ersetzt und entfällt vollständig.

Die einzelnen Bauteile wie Wand, Dach, Fenster etc. werden je nach Eigenschaft zu folgenden Gruppen zusammengefasst:

- Opake (nicht lichtdurchlässige) Außenbauteile
- Transparente Außenbauteile
- Vorhangfassaden
- Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln

Entsprechend dem Flächenanteil ist der mittlere U-Wert für jede dieser vier Bauteilgruppen zu ermitteln und ein in Anlage 2, Tabelle 2 der EnEV festgeschriebener Höchstwert einzuhalten.

### Maximale mittlere U-Werte nach EnEV 2009, Anlage 2, Tabelle 2

Bauteile	Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten, bezogen auf den Mittelwert der jeweiligen Bauteile	
	Zonen mit Raum-Solltemperatur im Heizfall $\geq 19 \text{ °C}$	Zonen mit Raum-Solltemperatur im Heizfall von $12 \text{ bis } < 19 \text{ °C}$
Opake Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	$\bar{U} = 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\bar{U} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Transparente Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	$\bar{U} = 1,90 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\bar{U} = 2,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Vorhangfassade	$\bar{U} = 1,90 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\bar{U} = 3,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln	$\bar{U} = 3,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\bar{U} = 3,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Der zulässige Höchstwert gilt dann für die jeweilige Bauteilgruppe als Ganzes, es wird dabei nicht in Wand, Dach, Bodenplatte etc. unterschieden. Der Mindest-Wärmeschutz nach DIN 4108-2 für einzelne Bauteile ist nach wie vor zu berücksichtigen.

Für Zonen mit verschiedenen Raum-Solltemperaturen wird die Berechnung getrennt durchgeführt. Die erlaubten Höchstwerte sind von der Nutzung und damit von der Raum-Solltemperatur abhängig.

Wärmedurchgangskoeffizienten von Bauteilen gegen unbeheizte Räume oder gegen Erdreich werden mit dem Faktor 0,5 gewichtet. Bei an das Erdreich grenzenden Bodenplatten muss der U-Wert von Flächen, die mehr als fünf Meter vom äußeren Rand des Gebäudes entfernt sind, nicht berücksichtigt werden. Der U-Wert für diesen Randstreifen wird mit dem Korrekturfaktor 0,5 auf die ganze Bauteilfläche angewendet. Diese Art der Berechnung ist jedoch nur für die Ermittlung des mittleren U-Wertes nach EnEV zulässig.

### Wärmebrücken

Die über die Wärmebrücken auftretenden Wärmeverluste müssen nach EnEV erfasst werden und gehen in die Berechnung des Heizwärmebedarfs ein. Dazu gibt es drei Möglichkeiten:

- detailliert gerechnet nach DIN EN ISO 10211
- Ausführung nach Beiblatt 2 der DIN 4108 oder gleichwertig mit  $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  als pauschalem Zuschlag
- mit  $\Delta U_{WB} = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  als pauschalem Zuschlag

Die detaillierte Berechnung nach DIN EN ISO 10211 ist die exakteste, für die energietechnische Gebäudedimensionierung wirtschaftlichste, aber auch aufwändigste. Bei diesem Verfahren muss jeder laufende Meter mit dem  $\psi_a$ -Wert multipliziert werden. Bei den meisten

Gebäuden aus Porenbeton summieren sich die Wärmebrückenverluste zu null.

In der DIN 4108 Beiblatt 2 sind Konstruktionsbeispiele vorgegeben, die einen pauschalen Ansatz zulassen, wenn diese Beispiele oder ihr energetisches Prinzip für jedes Detail gewählt werden. Dieser pauschale Ansatz impliziert, dass sämtliche Wärmeverluste über die Wärmebrücken erfasst wurden. Er wird mit  $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  im Rechenverfahren numerisch berücksichtigt. Für den Planer bedeutet das einen enormen zeitlichen Vorteil bei der Nachweisführung. Auf der anderen Seite muss er einen höheren Zuschlag in Kauf nehmen.

Stehen für das Gebäude keine gerechneten oder Beiblatt 2 gleichwertigen Wärmebrücken zur Verfügung, kann er den Wärmeverlust über die Wärmebrücken mit  $\Delta U_{WB} = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  berücksichtigen.

### Luftdichtheit

Gebäude sind nach EnEV so zu errichten, dass die wärmeübertragende Umfassungsfläche einschließlich der Fugen entsprechend dem Stand der Technik dauerhaft luftundurchlässig abgedichtet ist.

Wird eine Überprüfung der Dichtheit des gesamten Gebäudes durchgeführt, so darf der nach DIN EN 13829: 2000-00 bei einer Druckdifferenz zwischen innen und außen von 50 Pa gemessene Volumenstrom (Blower-Door-Test) – bezogen auf das beheizte Luftvolumen – folgende Werte nicht überschreiten:

#### Gebäude ohne raumluftechnische Anlagen:

$3 \text{ h}^{-1}$

#### Gebäude mit raumluftechnischen Anlagen:

$1,5 \text{ h}^{-1}$

Das Ergebnis der Prüfung geht über einen Bonus in die Berechnung zur Nachweisführung ein.

det werden. Falls keine Messung durchgeführt wird, sind Standardwerte aus DIN V 18599-2, Tabelle 4 einzusetzen.

Bei der Berechnung des Energiebedarfs nach DIN V 18599 darf der gemessene Wert verwen-

### $n_{50}$ -Bemessungswerte nach DIN V 18599-2 (Standardwerte für ungeprüfte Gebäude)

Kategorien zur pauschalen Einschätzung der Gebäudedichtheit	Bemessungswerte	
	$n_{50}$ $h^{-1}$	
I	a) 2	b) 1
II	4	
III	6	
IV	10	

5

Kategorie I: Einhaltung der Anforderung an die Gebäudedichtheit nach DIN 4108-7: 2001-08, 4.4 (d. h., die Dichtheitsprüfung wird nach Fertigstellung durchgeführt);

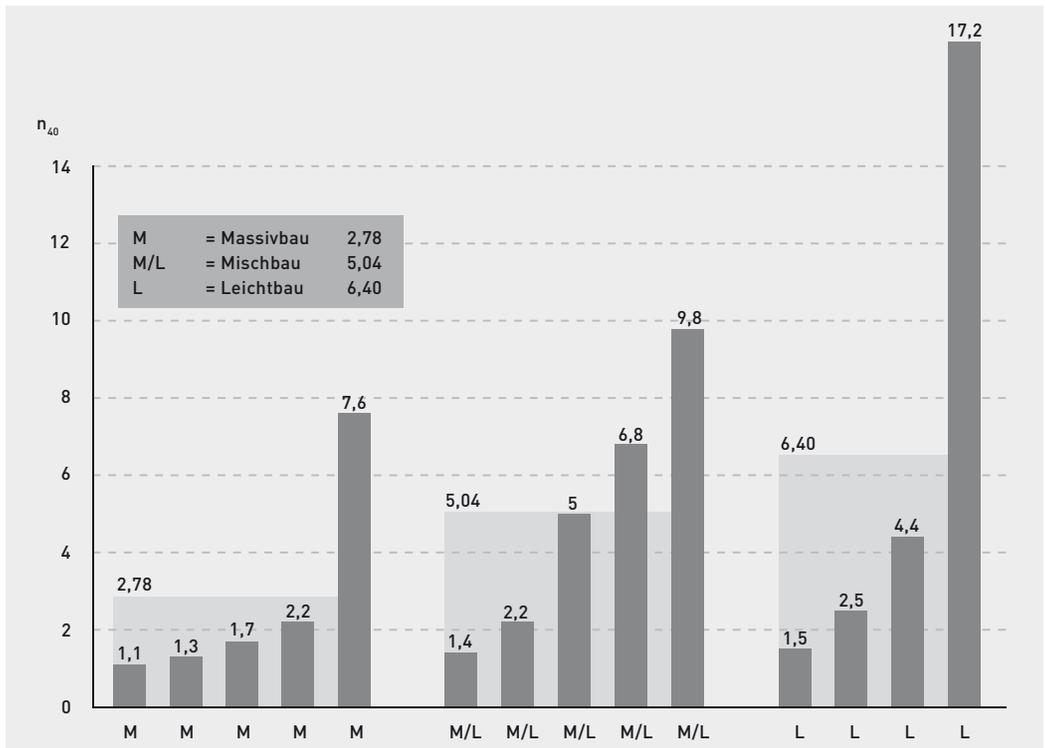
a) Gebäude ohne raumluftechnische Anlage (Anforderung an die Gebäudedichtheit:  $n_{50} \leq 3 \text{ h}^{-1}$ )

b) Gebäude mit raumluftechnischer Anlage (auch Wohnungslüftungsanlagen), Anforderung an die Gebäudedichtheit:  $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$ )

Kategorie II: zu errichtende Gebäude oder Gebäudeteile, bei denen keine Dichtheitsprüfung vorgesehen ist

Kategorie III: Fälle, die nicht den Kategorien I, II oder IV entsprechen

Kategorie IV: Vorhandensein offensichtlicher Undichtheiten, wie z. B. offene Fugen in der Luftdichtheitschicht der wärmeübertragenden Umfassungsfläche



Luftdichtheit von Gebäuden nach Bauweise (Quelle: E-Haus, Ingenieurbüro Th. Runzheimer).

Die Standardwerte aus der Tabelle, die im Falle einer Luftdichtheitsprüfung für die Berechnung verwendet werden, liegen mit  $2 \text{ h}^{-1}$  für Gebäude ohne raumluftechnische Anlagen und  $1 \text{ h}^{-1}$  mit solchen Anlagen noch unter den Anforderungen der EnEV. Dies liegt darin begründet, dass es sich bei dem Test um eine Einmalsituation handelt, bei der Abweichungen auftreten können.

In Fällen, in denen kein Blower-Door-Test durchgeführt wird, muss mindestens mit dem Wert 4 gerechnet werden. Der Verzicht auf eine Prüfung entbindet jedoch nicht von der in § 6 der EnEV 2009 festgeschriebenen Pflicht, ein auf Dauer luftdichtes Gebäude zu erstellen. Zweifelsfrei nachgewiesen werden kann dies nur durch eine Dichtheitsprüfung, auch wenn diese selbst nicht vorgeschrieben ist.

Aufgrund der einfach auszuführenden Bauteilanschlüsse erfüllen Gebäude aus HEBEL Montagebauteilen die Anforderungen an die Luftdichtheit ohne zusätzliche Maßnahmen.

### Sommerlicher Wärmeschutz

Um Räume vor zu großen Wärmelasten zu schützen, wird für Nichtwohngebäude in § 4 der EnEV ein Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes gefordert.

Der Nachweis erfolgt nach DIN 4108-2: 2003-4 über den zulässigen Sonneneintragskennwert und ist für jede Gebäudezone zu führen. Näheres hierzu in Kapitel 5.3.

### Wirksame Wärmespeicherfähigkeit

Die Wärmespeicherfähigkeit von Wänden spielt bei der gesamtenergetischen Bilanz in sofern eine Rolle, als die Gebäudewände hinsichtlich ihres Wärmespeichervermögens berücksichtigt werden.

Sie kann wie unten aufgeführt nach DIN V 18599-2 angegeben werden. Betrachtet werden alle Bauteile, die mit Innenluft in Berührung kommen, wobei nur die wirksamen Schichtdicken angesetzt werden.

Vereinfacht können folgende auf die Bezugsfläche  $A$  bezogenen Beiwerte  $C_{\text{wirk}}$  in Ansatz gebracht werden:

### für leichte Gebäudezonen

$$C_{\text{wirk}} = 50 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K}) \cdot A_{\text{B}}$$

Der Wert für leichte Gebäudezonen gilt als Standardhinweis.

### für mittelschwere Gebäudezonen

$$C_{\text{wirk}} = 90 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K}) \cdot A_{\text{B}}$$

Als „mittelschwer“ sind Gebäudezonen mit folgenden Eigenschaften einzustufen:

- massive Innen- und Außenbauteile (Dichte  $\geq 600 \text{ kg}/\text{m}^3$ )
- keine abgehängten oder thermisch abgedeckten Decken
- keine innenliegende Wärmedämmung an den Außenbauteilen
- keine hohen Räume (z. B. Turnhallen, Museen usw.)

### für schwere Gebäudezonen

$$C_{\text{wirk}} = 130 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K}) \cdot A_{\text{B}}$$

Als „schwer“ sind Gebäudezonen mit folgenden Eigenschaften einzustufen:

- massive Innen- und Außenbauteile (Dichte  $\geq 1.000 \text{ kg}/\text{m}^3$ )
- keine abgehängten oder thermisch abgedeckten Decken
- keinen innenliegende Wärmedämmung an den Außenbauteilen
- keine hohen Räume (z. B. Turnhallen, Museen, usw.)

Die wirksame Wärmespeicherfähigkeit kann auch in einem detaillierten Verfahren nach DIN EN ISO 13786 berechnet werden.

## Anlagentechnik

Die anlagentechnische Komponente wird im Rahmen des Nachweisverfahrens nicht wie früher nach DIN V 4701-10 bestimmt, sondern nach DIN V 18599. Ein Tabellenverfahren ist nicht möglich.

Mit der EnEV werden weitere Komponenten der Anlagentechnik in den Nachweis der Energieeffizienz einbezogen. Neben dem Nutzenergiebedarf für Heizung und Warmwasser gilt dies jetzt auch für Kühlung, Lüftung und Beleuchtung.

5

Auch die unregelmäßigen Wärmeeinträge des Heizsystems bzw. Wärme- oder Kälteeinträge des Kühlsystems werden bilanziert. Damit ist es möglich, Verluste aus Übergabe, Verteilung und Erzeugung von Heizwärme oder Kälte für die jeweilige Gebäudezone zu erfassen.

Zur Berechnung des Nutzenergiebedarfs für das Heizen, Kühlen, Be- und Entfeuchten in zentralen RLT-Anlagen sowie des Energiebedarfs für die Luftförderung durch diese Anlagen kann auf eine Matrix von 46 Anlagenkombinationen aus DIN V 18599-3 zurückgegriffen werden. Es können aber auch alternative Berechnungsmethoden verwendet werden, die den Anforderungen der Norm entsprechen.

Gerade die Vielzahl der Einflussmöglichkeiten auf den (zonierten) Heizwärme- und Kühlbedarf einerseits und den Nutzenergiebedarf für die Anlagentechnik andererseits erfordert von Beginn an eine integrale Planung. Ohne ein ganzheitliches Konzept, das die Anforderungen des Bauherren und der Architektur in einer Abstimmung des bauphysikalischen und anlagentechnischen Konzepts verbindet, können die geforderten energetischen Standards kaum mehr erfüllt werden.

## Jahres-Primärenergiebedarf

Der eigentliche Nachweis für das Gebäude wird in einer Bilanzierung aller Komponenten und deren primärenergetischer Bewertung über den Jahres-Primärenergiebedarf erbracht, der wie folgt errechnet wird:

$$Q_p = Q_{p,h} + Q_{p,c} + Q_{p,m} + Q_{p,w} + Q_{p,l} + Q_{p,aux} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$$

- $Q_p$  Jahres-Primärenergiebedarf in kWh/(m<sup>2</sup>a)  
 $Q_{p,h}$  Jahres-Primärenergiebedarf für das Heizungssystem und die Heizfunktion der raumluftechnischen Anlage in kWh/(m<sup>2</sup>a)  
 $Q_{p,c}$  Jahres-Primärenergiebedarf für das Kühlsystem und die Kühlfunktion der raumluftechnischen Anlage in kWh/(m<sup>2</sup>a)  
 $Q_{p,m}$  Jahres-Primärenergiebedarf für die Dampfversorgung in kWh/(m<sup>2</sup>a)  
 $Q_{p,w}$  Jahres-Primärenergiebedarf für Warmwasser in kWh/(m<sup>2</sup>a)  
 $Q_{p,l}$  Jahres-Primärenergiebedarf für Beleuchtung in kWh/(m<sup>2</sup>a)  
 $Q_{p,aux}$  Jahres-Primärenergiebedarf für Hilfsenergien für das Heizungssystem und die Heizfunktion der raumluftechnischen Anlage, das Kühlsystem und die Kühlfunktion der raumluftechnischen Anlage, die Befeuchtung, die Warmwasserbereitung, die Beleuchtung und den Lufttransport in kWh/(m<sup>2</sup>a)

Der Nachweis ist erbracht, wenn der Jahres-Primärenergiebedarf für das zu errichtende Gebäude nicht größer ist als der für das Referenzgebäude ermittelte Jahres-Primärenergiebedarf:

$$Q_{p,max,ref} \leq Q_{p,max,vorh}$$

## Bilanzierungsschritte zur Ermittlung des Endenergie- und Primärenergiebedarfs von Nichtwohngebäuden gemäß DIN V 18599

1	Feststellen der Nutzungsrandbedingungen, gegebenenfalls Zonierung des Gebäudes nach Nutzungsarten, Bauphysik, Anlagentechnik einschließlich Beleuchtung. Prüfung, ob das vereinfachte Verfahren angewendet werden kann.
2	Zusammenstellung der Eingangsdaten für die Bilanzierung (Flächen, bau- und anlagentechnische Kennwerte).
3	Ermittlung des Nutzenergiebedarfs und Endenergiebedarfs für die Beleuchtung sowie der Wärmequellen durch die Beleuchtung.
4	Ermittlung der Wärmequellen/-senken durch mechanische Lüftung.
5	Bestimmung der Wärmequellen/-senken aus Personen, Geräten und Prozessen.
6	Überschlägige Bilanzierung des Nutzwärme/-kältebedarfs.
7	Vorläufige Aufteilung der bilanzierten Nutzenergie auf die Versorgungssysteme RLT, Heizung, Kühlung.
8	Ermittlung der Wärmequellen durch Heizung.
9	Ermittlung der Wärmequellen/-senken durch Kühlung.
10	Ermittlung der Wärmequellen durch Trinkwarmwasserbereitung.
11	Bilanzierung des Nutzwärme/-kältebedarfs. Die Iteration mit den Schritten 7 bis 11 ist so lange zu wiederholen, bis zwei aufeinander folgende Ergebnisse für den Nutzwärmebedarf und den Nutzkältebedarf sich jeweils um nicht mehr als 0,1 % voneinander unterscheiden, jedoch höchstens 10 Mal.
12	Ermittlung des Nutzenergiebedarfs für die Luftaufbereitung.
13	Endgültige Aufteilung der bilanzierten Nutzenergie auf die Versorgungssysteme RLT, Heizung, Kühlung.
14	Ermittlung der Verluste der Übergabe, Verteilung und Speicherung sowie der Hilfsenergien für die Heizung (Nutzwärmeabgabe des Erzeugers).
15	Ermittlung der Verluste der Übergabe, Verteilung und Speicherung sowie der Hilfsenergien für Wärmeversorgung einer RLT-Anlage (Nutzwärmeabgabe des Erzeugers).
16	Ermittlung der Verluste der Übergabe, Verteilung und Speicherung sowie der Hilfsenergien für die Kälteversorgung (Nutzkälteabgabe des Erzeugers).
17	Ermittlung der Verluste der Übergabe, Verteilung und Speicherung sowie der Hilfsenergien für die Trinkwarmwasserbereitung (Nutzwärmeabgabe des Erzeugers).
18	Aufteilung der notwendigen Nutzwärmeabgabe aller Erzeuger auf die unterschiedlichen Erzeugungssysteme.
19	Aufteilung der notwendigen Nutzkälteabgabe aller Erzeuger auf die unterschiedlichen Erzeugungssysteme.
20	Ermittlung der Verluste bei der Erzeugung von Kälte.
21	Ermittlung der Verluste bei der Erzeugung und Bereitstellung von Dampf inkl. Hilfsenergien.
22	Ermittlung der Verluste bei der Erzeugung von Wärme inkl. Hilfsenergien.
23	Zusammenstellung der Endenergien und Energieträger.
24	Primärenergetische Bewertung.

## 5.2.4 Energieausweis

Um dem Nutzer eines Gebäudes die Möglichkeit zu geben, dessen Energieeffizienz bewerten und vergleichen zu können, wird ein Energieausweis eingeführt. Für alle Neubauten ist der Energieausweis verpflichtend auszustellen und auf Verlangen den nach Landesrecht zuständigen Stellen vorzulegen. Für Gebäude im Bestand muss er im Falle von Verkauf oder Vermietung einem potentiellen Käufer oder sonstigen Nutzungsberechtigten zugänglich gemacht werden.

Der Energieausweis muss die Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes angeben und auch Referenzwerte nennen, um eine Vergleichbarkeit des Gebäudes zu ermöglichen. Durch Vorgaben von Inhalt und Aufbau von Energieausweisen in den Anlagen 6 bis 9 der EnEV wird dies sichergestellt.

Für neu zu errichtende Nichtwohngebäude wird ein Bedarfsausweis auf der Basis des berechneten Energiebedarfs (aus Energiebilanz) mit Erfassung der wärmetechnisch relevanten Komponenten des Gebäudes (Kubatur, Gebäudehülle, Anlagentechnik) ausgestellt.

Bei Bestandsgebäuden kann ein Energieausweis auch auf Basis des erfassten Energieverbrauchs ausgestellt werden, der dann Empfehlungen für die (kostengünstige) Verbesserung der gesamten Energieeffizienz beinhalten muss.

In Gebäuden über 1.000 m<sup>2</sup>, in denen „öffentliche Dienstleistungen“ erbracht werden, muss der Energieausweis deutlich sichtbar angebracht werden.

### Beispiel: Energieausweis für ein Nichtwohngebäude

Das Beispiel zeigt einen Energieausweis für ein Nichtwohngebäude mit Raumtemperaturen von 12 °C bis < 19 °C auf Basis des berechneten Energiebedarfs. Dabei liegen folgende Ausgangsdaten zu Grunde.

Abmessungen:

- Länge: 50 m
- Breite: 30 m
- Traufhöhe 5,0 m
- Firsthöhe 5,5 m
- auf jeder Seite ein Tor 3,0 m × 4,0 m

Wände:

- 250 mm dicke HEBEL Wandplatten,  $\lambda = 0,14$
- $U = 0,51 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Dach:

- 200 mm dicke HEBEL Dachplatten,  $\lambda = 0,14$
- 60 mm Dämmung,  $\lambda = 0,040$
- $U = 0,32 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Tore:

- Industrie-Sektionaltore aus Stahlblech
- $U = 2,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Boden:

- 200 mm Stahlbeton,  $\lambda = 2,5$
- am Rand umlaufend 40 mm Perimeterdämmung  $\lambda = 0,040$  in einer Breite von 5 m
- $U = 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Fenster:

- 2 Fensterbänder 25 m × 1,5 m
- 2 Fensterbänder 10 m × 1,5 m
- Fensterflächen gehen in eine gesonderte Berechnung für transparente Bauteile ein.

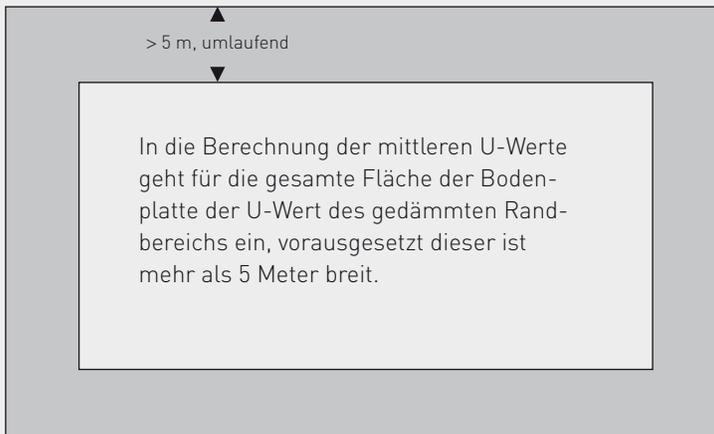
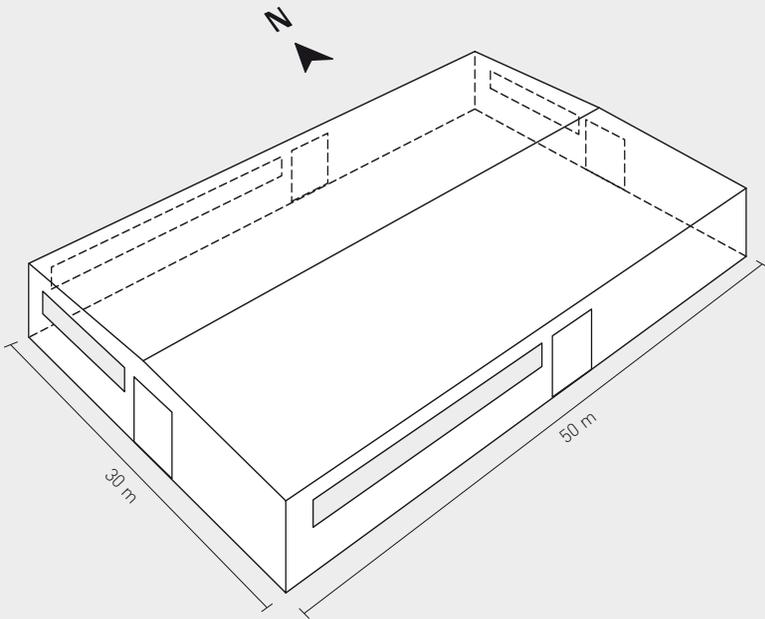
Berechnung des mittleren U-Wertes der opaken Bauteile:

$$\bar{U} =$$

$$\frac{0,51 \cdot 662 + 2,9 \cdot 48 + 0,32 \cdot 1500 + 0,80 \cdot 1500 \cdot 0,5}{3710}$$

$$\bar{U} = 0,42 < 0,50$$

Damit ist die Anforderung aus Anhang 2 Tabelle 2 der EnEV erfüllt.



Prinzipskizze der Halle.

### Mittlerer U-Wert der opaken Bauteile

Bauteile	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	Fläche m <sup>2</sup>
Außenwand (opakes Bauteil 1)	0,51	662
Tore (opakes Bauteil 2)	2,90	48
Dach (opakes Bauteil 3)	0,32	1.500
Bodenplatte (opakes Bauteil 4)	0,80	1.500

# ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Adresse, Gebäudetitel

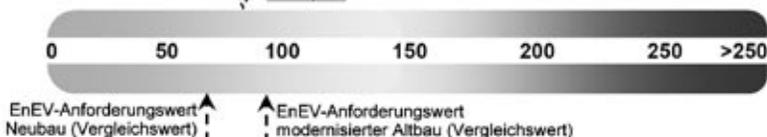
2

## Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

### Primärenergiebedarf „Gesamteffizienz“

CO<sub>2</sub>-Emissionen <sup>1)</sup> 16,8 kg/(m<sup>2</sup>·a)

Dieses Gebäude:  
58,5 kWh/(m<sup>2</sup>·a)



#### Anforderungen gemäß EnEV <sup>2)</sup>

##### Primärenergiebedarf

Ist-Wert 58,5 kWh/(m<sup>2</sup>·a) Anforderungswert 66,7 kWh/(m<sup>2</sup>·a)

##### Mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten

##### Sommerlicher Wärmeschutz (bei Neubau)

- eingehalten  
 eingehalten

#### Für Energiebedarfsberechnungen verwendetes Verfahren

- Verfahren nach Anlage 2 Nr. 2 EnEV  
 Verfahren nach Anlage 2 Nr. 3 EnEV („Ein-Zonen-Modell“)  
 Vereinfachungen nach § 9 Abs. 2 EnEV

### Endenergiebedarf

Energieträger	Jährlicher Endenergiebedarf in kWh/(m <sup>2</sup> ·a) für					Gebäude insgesamt
	Heizung	Warmwasser	Eingebaute Beleuchtung	Lüftung <sup>4)</sup>	Kühlung einschl. Befeuchtung	
Erdgas H	12,4	9,4	0,0	0,0	0,0	21,8
Strom-Mix	1,2	0,3	9,3	3,4	0,0	14,2

### Aufteilung Energiebedarf

[kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	Heizung	Warmwasser	Eingebaute Beleuchtung	Lüftung <sup>4)</sup>	Kühlung einschl. Befeuchtung	Gebäude insgesamt
<b>Nutzenergie</b>	10,2	2,6	9,3	0,0	0,0	22,4
<b>Endenergie</b>	13,5	9,7	9,3	3,4	0,0	35,9
<b>Primärenergie</b>	15,3	10,0	24,3	8,9	0,0	58,5

### Ersatzmaßnahmen <sup>3)</sup>

#### Anforderungen nach § 7 Nr. 2 EEWärmeG

- Die um 15 % verschärften Anforderungswerte sind eingehalten.

#### Anforderungen nach § 7 Nr. 2 i. V. m. § 8 EEWärmeG

Die Anforderungswerte der EnEV sind um  % verschärft.

#### Primärenergiebedarf

Verschärfter Anforderungswert  kWh/(m<sup>2</sup>·a).

#### Wärmeschutzanforderungen

- Die verschärften Anforderungswerte sind eingehalten.

### Gebäudezonen

Nr.	Zone	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Anteil [%]
1	Werkstattgebäude	1500	100%
2			
3			
4			
5			
6			
<input type="checkbox"/> weitere Zonen in Anlage			

### Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

Die Energieeinsparverordnung lässt für die Berechnung des Energiebedarfs in vielen Fällen neben dem Berechnungsverfahren alternative Vereinfachungen zu, die im Einzelfall zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch. Die ausgewiesenen Bedarfswerte sind spezifische Werte nach der EnEV pro Quadratmeter beheizte / gekühlte Nettogrundfläche.

<sup>1)</sup> freiwillige Angabe

<sup>2)</sup> bei Neubau sowie bei Modernisierung im Falle des § 16 Abs. 1 Satz 2 EnEV

<sup>3)</sup> nur bei Neubau im Falle der Anwendung von § 7 Nr. 2 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz

<sup>4)</sup> nur Hilfsenergiebedarf

### 5.2.5 Erneuerbare-Energien-Wärme-gesetz

Seit Inkrafttreten des „Gesetzes zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich“ (EEWärmeG) am 01. Januar 2009 muss bei vielen neu errichteten Gebäuden ein Teil des Wärmeenergiebedarfs durch Erneuerbare Energien gedeckt werden. Davon sind nahezu alle Neubauten betroffen, die den Anforderungen der EnEV unterliegen, eine ausführliche Auflistung ist in § 4 EEWärmeG zu finden.

Mit dieser Verpflichtung soll der Anteil Erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Wärme (Raum/Kühl-/Prozesswärme sowie Warmwasser) bis 2020 auf 14 % erhöht werden.

Die Höhe des einzusetzenden Mindestanteils an Erneuerbaren Energien richtet sich nach der Art der Energiequelle und kann der folgenden Tabelle entnommen werden.

Das EEWärmeG bietet auch die Möglichkeit, den Einsatz von Erneuerbaren Energien durch andere Maßnahmen zu ersetzen. Als Ersatzmaßnahme wird z. B. anerkannt, wenn mindestens 50 % des Wärmeenergiebedarfs aus der Nutzung von Abwärme oder dem Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung gedeckt werden. Auch die Versorgung aus einem Wärmenetz gilt unter bestimmten Voraussetzungen als Ersatzmaßnahme.

Ebenfalls möglich sind Maßnahmen direkt am Gebäude, die dazu führen müssen, dass sowohl der maximal zulässige Jahres-Primärenergiebedarf als auch der mittlere U-Wert der wärmeübertragenden Umfassungsfläche um mindestens 15 % unterschritten werden. In der Praxis führen solche Ersatzmaßnahmen häufig zu unwirtschaftlich hohen Baukosten.

Ersatzmaßnahmen können sowohl untereinander als auch mit dem Einsatz Erneuerbarer Energien kombiniert werden. Die Summe der Anteile der tatsächlichen Nutzung Erneuerbarer Energien und der Ersatzmaßnahmen wird prozentual ins Verhältnis zum vorgeschriebenen Mindestanteil gesetzt. Diese Summe muss dann 100 ergeben.

So kann zum Beispiel nur ein Anteil von 7,5 % des Wärmeenergiebedarfs aus der Nutzung solarer Strahlungsenergie erfolgen. Damit sind 50 % der geforderten Nutzung Erneuerbarer Energien gedeckt. Für die verbleibenden 7,5 % können andere Erneuerbare Energien eingesetzt oder Ersatzmaßnahmen ergriffen werden. Wird dafür z. B. Geothermie eingesetzt, heißt das, dass der erforderliche Deckungsanteil dann 25 % des gesamten Wärmeenergiebedarfs betragen muss.

#### Mindestanteile an Erneuerbaren Energien in Abhängigkeit von der Art der Erzeugung

Wärmequelle	Mindestanteil	Sonstige Anforderungen <sup>1)</sup>
solare Strahlungsenergie	15 %	Zertifizierung nach DIN 12975, Prüfzeichen: Solar Keymark
gasförmige Biomasse	30 %	Einsatz nur in Kräft-Wärme-Kopplung (KWK)
flüssige Biomasse	50 %	Heizkessel mit bester verfügbarer Technik
feste Biomasse	50 %	Wirkungsgrad der Anlage
Geothermie und Umweltwärme	50 %	Wirkungsgrad der Anlage

<sup>1)</sup> Die Anforderungen sind in der Anlage zum EEWärmeG detailliert beschrieben

## 5.3 Raumklima

Die Vielzahl der guten Eigenschaften von HEBEL Porenbeton führt zu einem hervorragenden Raumklima. Wärmeleitfähigkeit, Rohdichte, Wärmeeindringzahl, Wärmespeicherfähigkeit und Auskühlverhalten spielen dabei eine entscheidende Rolle.

### Behaglichkeit

Das Wohlbefinden von Menschen in einem Raum, die Behaglichkeit, hängt ebenso wie seine Leistungsfähigkeit von einer Reihe äußerer Einflussgrößen ab.

5

Innerhalb von Arbeitsräumen muss ein Raumklima geschaffen werden, das den Lebensvorgängen des menschlichen Körpers, insbesondere seinem Wärmehaushalt, angepasst ist.

Von den vier Arten der Behaglichkeit:

- Behaglichkeit der Lichtverhältnisse
- hygienische Behaglichkeit
- psychologische Behaglichkeit
- thermische Behaglichkeit

ist letztere entscheidend für den Energieverbrauch in Gebäuden.

Die thermische Behaglichkeit wird u. a. durch folgende Einflussgrößen bestimmt:

- Raumlufttemperatur
- mittlere innere Oberflächentemperaturen der raumumschließenden Flächen
- Wärmeableitung von Fußbodenoberflächen
- Luftgeschwindigkeit
- relative Feuchte der Raumluft

Im Raumlufttemperaturbereich von 18 °C bis 22 °C ist der Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf das Behaglichkeitsempfinden gering. Ebenso können Geschwindigkeiten warmer Raumluft unter 0,2 m/s in ihren Auswirkungen auf die thermische Behaglichkeit vernachlässigt werden. Das gleiche gilt für Temperaturen der Fußbodenoberfläche von 18 °C bis 26 °C.

Entscheidenden Einfluss auf die thermische Behaglichkeit haben die beiden Größen Raumlufttemperatur und mittlere innere Oberflächentemperatur der raumumschließenden Flächen.

Vereinfachend kann gesagt werden, dass ein behagliches Raumklima dann vorhanden ist, wenn der Mittelwert dieser Größen 19 °C bis 20 °C beträgt. Die Differenz zwischen Raumlufttemperatur und mittlerer Oberflächentemperatur der raumumschließenden Flächen sollte 2 K bis 3 K (°C) nicht überschreiten.

Zu den raumumschließenden Flächen zählen in diesem Zusammenhang die Außen- und Innenwände eines Raumes, sein Fußboden und seine Geschosdecke ebenso wie Möblierung, Heizkörper und Fensterflächen, deren jeweilige Oberflächentemperatur gemäß ihrem Flächenanteil der mittleren Oberflächentemperatur der raumumschließenden Flächen zugerechnet wird.

### Behagliches Raumklima und Energiesparen

Ohne Verlust an thermischer Behaglichkeit lassen sich Raumlufttemperaturen senken, wenn die inneren Oberflächentemperaturen der raumumschließenden Flächen entsprechend angehoben werden. Voraussetzung hierfür ist ein verbesserter Wärmeschutz der Außenwände und Fensterflächen sowie eine weitestgehende Minimierung von Wärmebrücken, wie dies bei Konstruktionen aus Porenbeton der Fall ist.

Wenn man bedenkt, dass bei einem Jahresmittel der Außentemperaturen von etwa + 5 °C, wie in unseren Breiten, durch die Senkung der Raumlufttemperatur um 1 K (°C) während der Heizperiode rund 5 % bis 6 % Heizenergie und damit Heizkosten gespart werden können, erhält der Wärmeschutz von Außenwänden durch verbesserte Wärmedämmung eine zusätzliche Bedeutung: Heizenergie wird nicht nur dadurch gespart, dass der Wärmeverlust durch die Außenwände verringert wird, sondern auch dadurch, dass wegen raumseitig erhöhter Oberflächentemperaturen der Außenwände die Raumlufttemperaturen ohne Verlust an Behaglichkeit abgesenkt werden können.

Die Raumlufttemperatur hat einen so bedeutenden Einfluss auf den Heizenergieverbrauch, dass alle Möglichkeiten ausgeschöpft werden sollen, um die Oberflächentemperatur der raumumschließenden Flächen durch passive Maßnahmen zu erhöhen, was dann bei gleicher thermischer Behaglichkeit niedrigere Raumlufttemperaturen und damit Energieeinsparung zulässt.

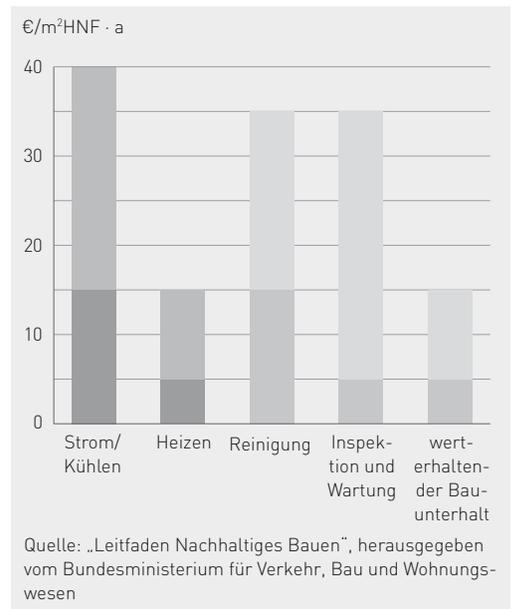
### 5.3.1 Sommerlicher Wärmeschutz

Neben dem winterlichen Wärmeschutz muss der „Wärmeschutz von Gebäuden“ auf den sommerlichen Wärmeschutz ausgeweitet werden. Dessen Hauptaufgabe ist es, der Aufheizung von Gebäuden und deren Räumen entgegenzuwirken, was in Zeiten zunehmender Klimaerwärmung immer wichtiger wird.

Denn zum einen soll man sich auch an heißen Tagen am Arbeitsplatz wohlfühlen, zum anderen fällt die geistige Leistungsfähigkeit bei Erwachsenen oberhalb einer „Wohlfühltemperatur“ von 22 °C rapide ab – um ca. 5 % pro Grad Temperaturerhöhung.

Es bestehen zwei Möglichkeiten, der Sonneneinstrahlung und der warmen Außenluft entgegenzuwirken und damit die Raumtemperaturen auf erträglichem Niveau zu halten.

Die erste und immer noch häufigste ist, Gebäude mit groß ausgelegten Klimaanlage auszuführen, die die Innenluft kühlen. Doch das Kühlen von Gebäuden verlangt weitaus mehr Einsatz von Energie als das Heizen, bis zu viermal so viel. Folglich ist die Gebäudekühlung von enormem Einfluss auf die Betriebskosten eines Gebäudes, von den Investitionskosten für eine Klimaanlage ganz abgesehen.



Betriebskosten im Vergleich (von-bis-Werte).

Auch in der EnEV 2009 findet dies seinen Niederschlag, wenn Strom – mit dem Lüftungs- und Klimatechnik gewöhnlich betrieben werden – mit einem Primärenergiefaktor von 2,6 bewertet wird, gegenüber einem Wert von 1,1 für Heizöl oder Erdgas. Niedrige oder komplett entfallende Kosten für Gebäudekühlung können sich also überproportional stark in der Energiebilanz auswirken.

Verschiedene Studien haben gezeigt, dass im Vergleich zu nicht klimatisierten Räumen bei Vorhandensein einer Klimaanlage ein subjektiv unwohleres Empfinden auftritt, auch wenn objektiv die Richtlinien für das Raumklima ein-

gehalten werden. Die Folge ist erhöhter Krankenstand bzw. sinkende Arbeitsleistung im Betrieb. Der an sich positive, weil produktivitätssteigernde Effekt der Investition in Klimatechnik kann damit genau das Gegenteil bewirken. Viele Menschen empfinden das künstliche Klima als unangenehm.

Die zweite, kostengünstigere und umweltverträglichere Variante ist die bauliche Reduzierung der „sommerlichen Wärmelasten“: Durch intelligente Planung, zu der neben durchdachten Gebäudekonzepten auch die Wahl des geeigneten Baustoffs gehört, können angenehme Rauminnentemperaturen auch bei anspruchsvoller Architektur erreicht werden, ohne viel Energie für die Raumluftkühlung aufbringen zu müssen.

### **Winterlicher und sommerlicher Wärmeschutz**

Wichtig ist es, eine angemessene Balance zwischen winterlichem und sommerlichem Wärmeschutz zu finden – eine der größten Herausforderungen für den Planer. Ein „Funktionsbaustoff“ mit baustoffimmanenter Klimaregulierung wie Porenbeton kann dabei Wesentliches leisten: Hoch wärmedämmend im Winter, massiv und speicherfähig im Sommer.

### **Die DIN 4108-2: 2003-7**

Der Problembereich des „sommerlichen Wärmeschutzes“ wurde vom deutschen Institut für Normung früh erkannt und erstmals 1981 im Regelwerk der DIN 4108-2 umgesetzt. In der aktuellen Ausgabe vom Juli 2003 wird dieses Thema weiter ausgebaut und sogar Mindestanforderungen festgelegt.

Dort wird darauf hingewiesen, dass „im Regelfall Anlagen zur Raumluftkonditionierung bei ausreichenden baulichen und planerischen Maßnahmen entbehrlich sind“. Die DIN 4108-2 nennt als mögliche Fehlplanungsquellen auch nicht ausreichend wirksame Wärmespeicherfähigkeit der raumumschließenden Flächen.

Einer Innendämmung erteilt die DIN 4108-2 eine klare Absage: Nur außen liegende Wärmedämmschichten und innen liegende wärmespeichernde Schichten wirken sich positiv auf das sommerliche Raumklima aus.

### **Die Energieeinsparverordnung und der sommerliche Wärmeschutz**

Nach EnEV muss im Hochbau durch bauliche Maßnahmen darauf geachtet werden, dass im Sommer keine unzumutbaren Temperaturbedingungen in Gebäuden entstehen.

Weiterhin dürfen in Ausnahmefällen Klimaanlagen eingesetzt werden, deren Kühlleistung nach dem Stand der Technik so gering wie möglich zu halten ist.

Deshalb muss, sobald der Fensterflächenanteil von 30 % überschritten wird, ein Nachweis über die Einhaltung des Sonneneintragkennwertes geführt werden.

### **5.3.2 Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2**

Der Nachweis nach DIN 4108-2 muss für alle Räume geführt werden, für die am ehesten mit einer Überhitzung bzw. Überschreitung der Grenzwerte zu rechnen ist.

Er muss auch geführt werden, wenn Klimaanlagen zum Einsatz kommen sollen, denn der Planer ist auch dann verpflichtet, alle baulichen Möglichkeiten auszuschöpfen, um den Grenzwert einzuhalten.

### **Ausnahmen von der Nachweispflicht**

Der Nachweis kann nicht geführt werden, wenn ein Raumbereich in Verbindung mit einer der folgenden Einrichtungen steht:

- unbeheizte Glasvorbauten

- unter bestimmten Bedingungen, wenn der beheizte Gebäudereich ausschließlich über den unbeheizten Glasvorbau belüftet wird
- Doppelfassaden
- transparente Wärmedämmung

**Werte des grundflächenbezogenen Fensterflächenanteils, unterhalb derer auf einen sommerlichen Wärmeschutznachweis verzichtet werden kann (Auszug aus DIN 4108-2: 2003-7, Tab. 7)**

Neigung der Fenster gegenüber der Horizontalen	Orientierung der Fenster <sup>2)</sup>	grundflächenbezogener Fensterflächenanteil <sup>1)</sup> f <sub>AG</sub> %
über 60° bis 90°	Nord-West über Süd bis Nord-Ost	10
	alle anderen Nordorientierungen	15
von 0° bis 60°	alle Orientierungen	7

Den angegebenen Fensterflächenanteilen liegen Klimawerte der Klimaregion B nach DIN V 4108-6 zugrunde.

<sup>1)</sup> Der Fensterflächenanteil f<sub>AG</sub> ergibt sich aus dem Verhältnis der Fensterfläche zur Grundfläche des betrachteten Raumes oder der Raumgruppe. Sind dort mehrere Fassaden oder z. B. Erker vorhanden, ist f<sub>AG</sub> aus der Summe aller Fensterflächen zur Grundfläche zu berechnen.

<sup>2)</sup> Sind beim betrachteten Raum mehrere Orientierungen mit Fenster vorhanden, ist der kleinere Grenzwert für f<sub>AG</sub> bestimmend.

Der Nachweis muss nicht geführt werden, wenn der Fensterflächenanteil f<sub>AG</sub> unter dem in Tab. 7 der Norm angegebenen Wert liegt. Es ist in diesem Fall damit zu rechnen, dass der Grenzwert ohnehin eingehalten wird.

### Durchführung des Nachweises

Ob der Nachweis eingehalten ist, zeigt folgende Ungleichung, die erfüllt sein muss:

$$S \leq S_{zul}$$

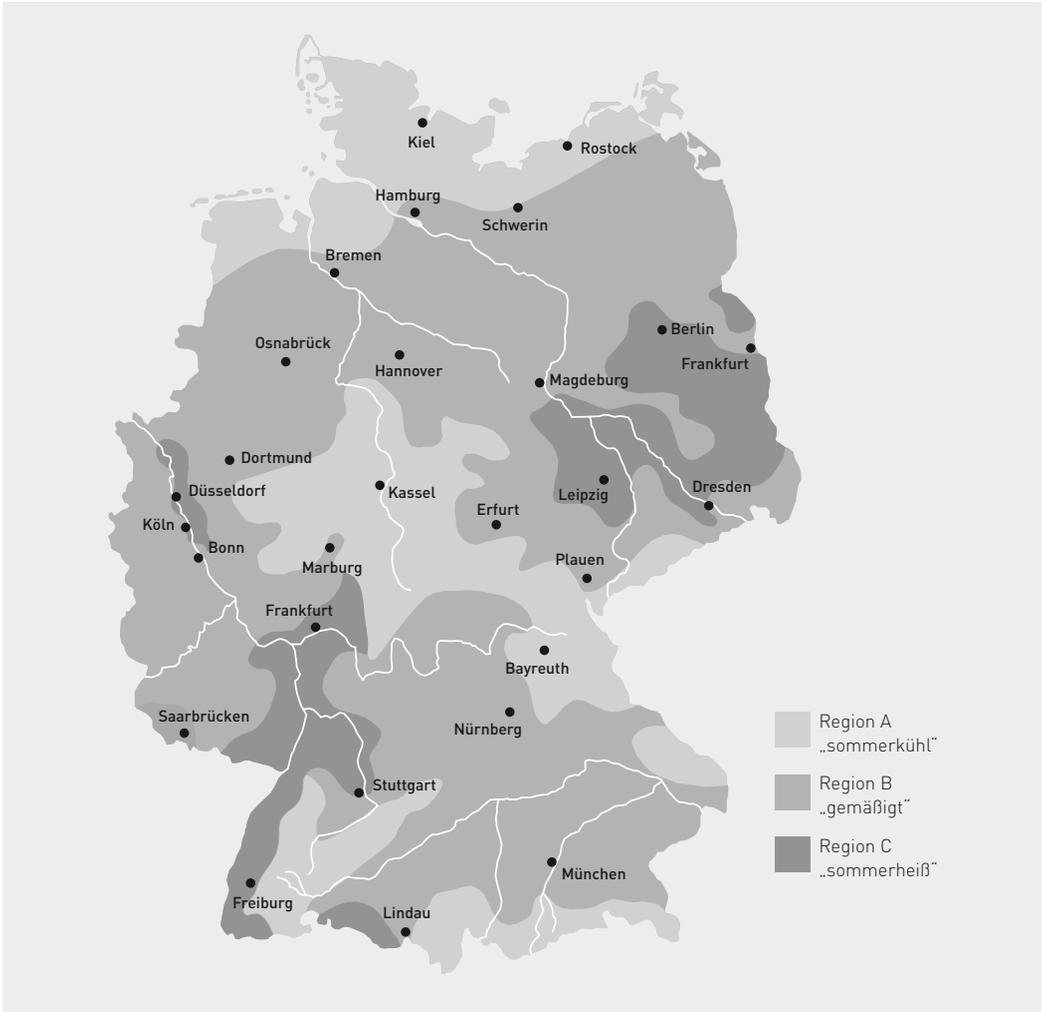
S = tatsächlich vorliegender Sonneneintragskennwert

S<sub>zul</sub> = zulässiger Grenzwert, der sich aus der Summe der anteiligen Sonneneintragskennwerte ergibt:  $S_{zul} = \sum S_x$

Beide Größen müssen rechnerisch bestimmt werden.

### Berechnung des zulässigen Grenzwertes S<sub>zul</sub>

In die Nachweisführung geht die Klimaregion, in der das zu errichtende Gebäude erbaut werden soll, mit ein. Die DIN 4108-2 teilt in 8.1 die Deutschlandkarte in 3 Regionen ein, A für „sommerkühl“, B für „gemäßigt“ und C für „sommerheiß“.



Sommer-Klimaregionen, die für den sommerlichen Wärmeschutznachweis gelten (nach DIN 4108-2: 2003-7).

### Berechnung des Sonneneintragskennwerts S

Der Sonneneintragskennwert lässt sich durch folgende Gleichung bestimmen:

$$S = \frac{\sum_i \{A_{w,i} \cdot g_{\text{total},i}\}}{A_G}$$

$A_w$  = Fensterfläche in  $\text{m}^2$

$g_{\text{total}}$  = Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

$A_G$  = Nettogrundfläche des Raumes oder Raumbereichs in  $\text{m}^2$

Die Nettogrundfläche  $A_G$  wird mit Hilfe der lichten Raummaße ermittelt. Bei sehr tiefen Räumen muss die für den Nachweis einzusetzende Raumtiefe nach DIN 4108-2 begrenzt werden.

Zur Bestimmung der Fensterfläche  $A_w$  wird das Maß bis zum Anschlag des Blendrahmens verwendet. Als lichtetes Rohbaumaß gilt das Maueröffnungsmaß, bei dem das Fenster angeschlagen wird. Dabei sind Putz oder ggf. vorhandene Verkleidungen nicht zu berücksichtigen.

**Anteilige Sonneneintragskennwerte zur Bestimmung des zulässigen Höchstwertes des Sonneneintragskennwertes  $S_{zul}$  (Auszug aus DIN 4108-2: 2003-7, Tab. 9)**

Gebäudelage bzw. Bauart, Fensterneigung und Orientierung	anteiliger Sonneneintragskennwert $S_x$
Klimaregion A „sommerkühl“	0,04
Klimaregion B „gemäßigt“	0,03
Klimaregion C „sommerheiß“	0,015
Bauart: leicht, ohne Nachweis von $C_{w,irk}/A_G$ mittel, $50 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K}) \leq C_{w,irk}/A_G \leq 130 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$ schwer, $C_{w,irk}/A_G > 130 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$	$0,06 \cdot f_{gew}^{1)}$ $0,10 \cdot f_{gew}^{1)}$ $0,115 \cdot f_{gew}^{1)}$
Erhöhte Nachlüftung während der zweiten Nachthälfte $n \geq 1,5^{h-1}$ bei mittlerer und leichter Bauart bei schwerer Bauart	+ 0,02 + 0,03
Sonnenschutzverglasung <sup>2)</sup> mit $g \leq 0,4$	+ 0,03
Fensterneigung $0^\circ \leq \text{Neigung} \leq 60^\circ$ (gegenüber der Horizontalen)	- $0,12 \cdot f_{neig}^{3)}$
Orientierung: Nord-, Nordost- und Nordwest-orientierte Fenster soweit die Neigung gegenüber der Horizontalen $> 60^\circ$ ist sowie Fenster, die dauernd vom Gebäude selbst verschattet sind	+ $0,10 \cdot f_{nord}$

<sup>1)</sup>  $f_{gew} = (A_W + 0,3 A_{AW} + 0,1 A_D)/A_G$   
 $f_{gew}$  = gewichtete Außenflächen bezogen auf die Nettogrundfläche; die Gewichtungsfaktoren berücksichtigen die Relation zwischen dem sommerlichen Wärmedurchgang üblicher Außenbauteile  
 $A_W$  = Fensterfläche (einschl. Dachfenster) nach DIN 4108-2: 2003-04, 8.4  
 $A_{AW}$  = Außenwandfläche (Außenmaße)  
 $A_D$  = wärmeübertragende Dach- oder Deckenfläche nach oben oder unten gegen Außenluft, Erreich und unbeheizte Dach- oder Kellerräume (Außenmaße)  
 $A_G$  = Nettogrundfläche (lichte Maße) nach DIN 4108-2: 2003-04, 8.4  
<sup>2)</sup> Als gleichwertige Maßnahme gilt eine Sonnenschutzvorrichtung, die die diffuse Strahlung permanent reduziert und deren  $g_{total} < 0,4$  erreicht  
<sup>3)</sup>  $f_{neig} = A_{W,neig}/A_G$   
 $A_{W,neig}$  = geneigte Fensterfläche  
 $A_G$  = Nettogrundfläche

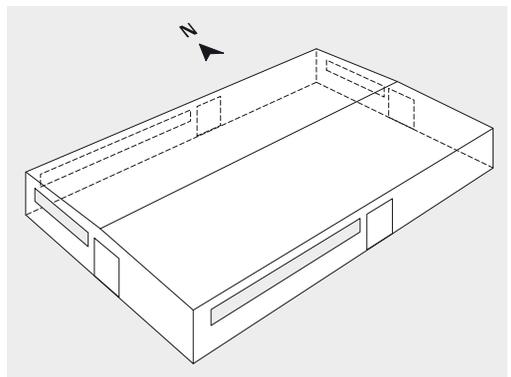
Der Gesamtenergiedurchlassgrad einschließlich Sonnenschutz  $g_{total}$  ist nach folgender Gleichung zu ermitteln:

$$g_{total} = g \cdot F_c$$

$g$  = Energiedurchlassgrad nach DIN 410  
 $F_c$  = Abminderungsfaktor Sonnenschutz

**Beispielrechnung nach DIN 4108-2**

Am Beispiel einer Halle wird gezeigt, wie der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes durchgeführt wird.



Isometrische Darstellung der Halle als Prinzipskizze.

### Abmessungen der Beispielhalle:

Länge: 50 m (Fensterband 25 m · 1,5 m),  
 Breite: 30 m (Fensterband 10 m · 1,5 m),  
 Höhe: 5,5 m, Gebäude quaderförmig

Gesamtenergiedurchlassgrad  $g = 0,8$

Im Beispiel ergeben sich die Fensterflächen wie folgt:

$$A_W = 25 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 2 + 10 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 2 \\ = 105 \text{ m}^2$$

### Berechnung des Sonneneintragskennwertes $S$

Energiedurchlassgrad der Verglasung (ohne Sonnenschutzvorkehrung,  $F_c = 1,0$ ):

$$g_{\text{total}} = g \cdot F_c = 0,8 \cdot 1,0$$

Bei der Grundfläche gelten die lichten Maße, es müssen also die 250 mm dicken Wandplatten abgezogen werden:

$$(50 \text{ m} - 0,5 \text{ m}) \cdot (30 \text{ m} - 0,5 \text{ m}) = 1.460,25 \text{ m}^2$$

$$S = \frac{105 \text{ m}^2 \cdot 0,8}{1.460,25 \text{ m}^2} = 0,05$$

Es ergibt sich ein tatsächlich vorliegender Sonneneintragskennwert von  $S = 0,05$ .

### Berechnung des zulässigen Grenzwertes $S_{\text{zul}}$

Anteilige Sonneneintragskennwerte können der Tabelle 9 aus DIN 4108-2: 2003-7 entnommen werden:

Kriterium	$S_x$
Gebäude in Klimaregion B	0,03
Bauart: mittlere Bauart	$0,10 \cdot f_{\text{gew}}$
Erhöhte Nachtlüftung: keine	0
Sonnenschutzverglasung: keine	0
Fensterneigung: keine	0
Orientierung: Nordfenster	$0,10 \cdot f_{\text{nord}}$

Errechnung der gewichteten Außenflächen  $f_{\text{gew}}$ :

$$f_{\text{gew}} = \frac{(A_W + 0,3 \cdot A_{AW} + 0,1 \cdot A_D)}{A_G}$$

$$A_G = 49,5 \cdot 29,5 = 1.460,25 \text{ m}^2$$

$$A_W = 105 \text{ m}^2$$

$$A_{AW} = (5 \cdot 50 \cdot 2) + (5 \cdot 30 \cdot 2) = 500 + 300 = 800 \text{ m}^2$$

$$A_D = 1.500 \cdot 2 = 3.000 \text{ m}^2$$

Ergibt sich:

$$f_{\text{gew}} = \frac{105 \text{ m}^2 + 0,3 \cdot 800 \text{ m}^2 + 0,1 \cdot 3.000 \text{ m}^2}{1.460,25 \text{ m}^2} \\ = 0,44$$

in Verbindung mit mittlerer Bauart ergibt das einen anteiligen Sonneneintragskennwert  $S_x$  von:

$$0,10 \cdot f_{\text{gew}} = 0,10 \cdot 0,44 = 0,044$$

Errechnung der Größe  $f_{\text{nord}}$ :

$$f_{\text{nord}} = \frac{A_{W,\text{nord}}}{A_{W,\text{gesamt}}}$$

$A_{W,\text{nord}}$  = N, NO und NW-orientierte Fensterfläche (Neigung  $> 60^\circ$ ) sowie dauernd vom Gebäude selbst verschattete Fensterflächen

$A_{W,\text{gesamt}}$  = gesamte Fensterfläche

$$f_{\text{nord}} = \frac{37,5 \text{ m}^2}{105 \text{ m}^2} = 0,36$$

$$S_{\text{zul}} = \sum S_x = 0,03 + 0,044 + 0,36 = 0,43$$

### Nachweis

$$0,05 \leq 0,43$$

damit gilt:  $S \leq S_{\text{zul}}$

Somit ist der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes erbracht.

### 5.3.3 Einflussfaktoren auf den sommerlichen Wärmeschutz

Neben Standort, Umwelteinflüssen und architektonischer Gestaltung spielt die Baustoffwahl beim sommerlichen Wärmeschutz eine wichtige Rolle.

## Wärmespeicherfähigkeit der Wandbaustoffe

Die Räume eines Gebäudes erwärmen sich umso geringer, je schwerer die Bauteile sind. Um „schwere“ und „leichte“ Bauart zu unterscheiden, wird raumweise der Quotient aus der wirksamen Wärmespeicherfähigkeit der raumabschließenden Bauteile und der Nettogrundfläche ermittelt.

Ist das Ergebnis unter  $50 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$ , liegt „leichte“ Bauart vor. Ist es größer als  $50 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$ , aber kleiner als  $130 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$ , wird es als „mittlere“ Bauart angesehen, bei über  $130 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$  als „schwere“.

Die Bauart mit Porenbeton-Wandplatten ist, wie in zahlreichen Beispielrechnungen veröffentlicht (u. a. von Prof. Dr.-Ing. Werner in der Zeitschrift „Bauphysik“, Heft 25, 2003) als „mittlere“ Bauart zu bezeichnen.

Holzrahmenkonstruktionen sind meist „leichte“ Bauarten, Bauten aus Kalksandstein meist „schwere“. Wichtig ist jedoch, dass die speicherfähigen Baumassen nicht durch raumseitige leichte Bauteile (z. B. Dämmungen oder abgehängte Decken) abgedeckt werden.

## Spezifische Wärmekapazität

Die spezifische Wärmekapazität (auch spezifische Wärme genannt) gibt in  $\text{J}/\text{kgK}$  an, wie viel Energie 1 kg eines Stoffes bei der Erwärmung um 1 K aufnehmen kann, d. h. welche Wärmemenge erforderlich ist, um die Temperatur eines Kilogramms eines Stoffes um 1 K zu erhöhen.

Je höher der Wert, umso mehr Wärme muss zugeführt werden, um die Temperatur des Stoffes zu erhöhen, bzw. umso mehr Energie kann ein Stoff aufnehmen. Die spezifische Wärmekapazität ist aber eine reine Materialkennzahl. Porenbeton hat eine spezifische Wärmekapazität von  $1.000 \text{ J}/\text{kgK}$  und damit die gleiche wie Beton.

## Wärmespeichervermögen/Wärmespeicherfähigkeit

Das Wärmespeichervermögen (auch Wärmespeicherfähigkeit genannt) eines Bauteiles gibt an, wie viel Wärme ein homogener Stoff von  $1 \text{ m}^2$  Oberfläche und der Dicke  $s$  bei der Temperaturerhöhung um 1 K speichern kann. Das Wärmespeichervermögen  $C$  in  $\text{J}/(\text{m}^2\text{K})$  eines Bauteils ist daher von der spezifischen Wärmekapazität  $c$ , von der Rohdichte des Bauteiles und seiner Schichtdicke  $s$  abhängig. Hohe Rohdichte und dickere Bauteile können mehr Wärme aufnehmen.

$$\text{Wärmespeichervermögen} = \text{Spezifische Wärmekapazität} \cdot \text{Rohdichte} \cdot \text{Schichtdicke}$$

## Wirksame Wärmespeicherfähigkeit

Bei der Betrachtung von wärmespeicherfähigen Bauteilen sind nur die Bauteile zu berücksichtigen, die tatsächlich einen Einfluss auf das Raumklima – die Raumtemperatur – haben. Man spricht daher von wirksamer Wärmespeicherfähigkeit, die für den Sommer- und Winterfall unterschiedlich ermittelt wird. Für den Sommerfall wird die wirksame Wärmespeicherfähigkeit einer Schicht nach folgender Formel bestimmt:

$$C_{\text{wirk}} = \sum (c_i \cdot \rho_i \cdot s_i \cdot A_i)$$

- $C_{\text{wirk}}$  = wirksame Wärmespeicherfähigkeit [ $\text{J}/(\text{m}^2\text{K})$ ]
- $c$  = spezifische Wärmekapazität [ $\text{J}/(\text{kgK})$ ]
- $\rho$  = wirksame Rohdichte [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]
- $s$  = Schichtdicke [m]
- $A$  = Fläche [ $\text{m}^2$ ]
- $i$  = Schicht

## Wärmeeindringkoeffizient/Aufheizen/Auskühlen

Für die Betrachtung Tag/Aufheizung, Nacht/Abkühlung ist eine weitere Größe von Bedeutung, der Wärmeeindringkoeffizient. Das Aufheizen eines Raumes verläuft umso schneller, je kleiner der Wärmeeindringkoeffizient ist.

Dieser ist ein Maß dafür, wie „tief“ die Wärme innerhalb einer kurzen Zeit in den Baustoff eindringen bzw. aus diesem austreten kann. Diese Größe ergibt sich aus:

$$b = \sqrt{c \cdot \lambda \cdot \varrho} \quad [J/(m^2 K s^{0,5})]$$

- c = spezifische Wärme des Stoffes für alle mineralischen Baustoffe ist c = 1000 J/(kg · K)
- λ = Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit [W/(mK)]
- ϕ = Rohdichte [kg/m<sup>3</sup>]

### Wärmeeindringzahl b für Porenbeton-Bauteile

Rohdichte kg/m <sup>3</sup>	Wärmeeindringzahl b J/(m <sup>2</sup> K s <sup>0,5</sup> )
500	255
550	277

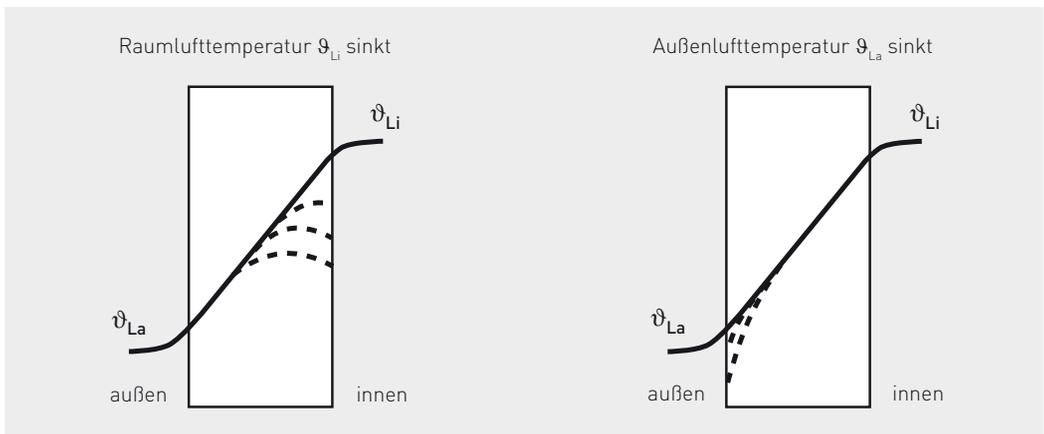
5

### Wärmedämmung, Wärmespeicherung und Auskühlung

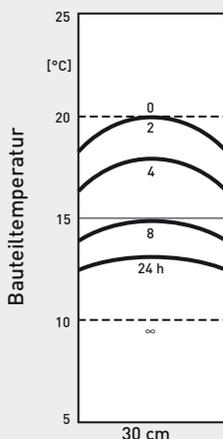
Material	Dicke s m	Rohdichte ϕ kg/m <sup>3</sup>	Wärmeleitfähigkeit λ W/(mK)	Spezifische Wärme c J/kgK	Wärmedurchlasswiderstand R m <sup>2</sup> K/W	Gespeicherte Wärmemenge Q <sub>s</sub> J/m <sup>2</sup> K	Auskühlzeit t <sub>A</sub> h
HEBEL Porenbeton	0,20	500	0,13	1.000	1,54	100.000	42,78
		550	0,14	1.000	1,43	110.000	43,69
	0,25	500	0,13	1.000	1,92	125.000	66,67
		550	0,14	1.000	1,79	137.500	68,37
	0,30	500	0,13	1.000	2,31	150.000	96,25
		550	0,14	1.000	2,14	165.000	98,08
Beton ≥ B15	0,18	2.400	2,10	1.000	0,09	432.000	10,80
Dämmstoff	0,10	20	0,040	1.500	2,50	3.000	2,08

gespeicherte Wärmemenge:  $Q_s = c \cdot \varphi \cdot s \quad [J/(m^2K)]$

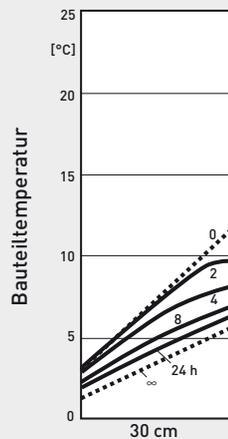
Auskühlzeit:  $t_A = \frac{Q_s}{3.600} \cdot R \quad [h]$



Schematische Darstellung des Auskühlverhaltens eines Bauteiles.



Auskühlverhalten einer Innenwand.



Auskühlverhalten einer Außenwand.

### 5.3.4 Sommerliches Raumklima

#### Periodische Temperaturänderungen

Die von außen kommende Wärmeenergie kann das Raumklima unangenehm werden lassen. Der Grund für die Wärmezufuhr ist teils die Sonneneinstrahlung, teils die erhöhte Außenlufttemperatur. Die durch die Fenster zugeführte Sonnenenergie macht sich besonders stark bemerkbar. Sonnenschutzeinrichtungen haben hier eine besondere Bedeutung.

Im Sommer sind Außenbauteile hohen Temperaturschwankungen ausgesetzt. In Extremfällen kann die Oberflächentemperatur bis zu 70 °C betragen. Für ein angenehmes Raumklima müssen große Schwankungen auf ein geringeres Temperaturniveau im Gebäudeinneren reduziert werden.

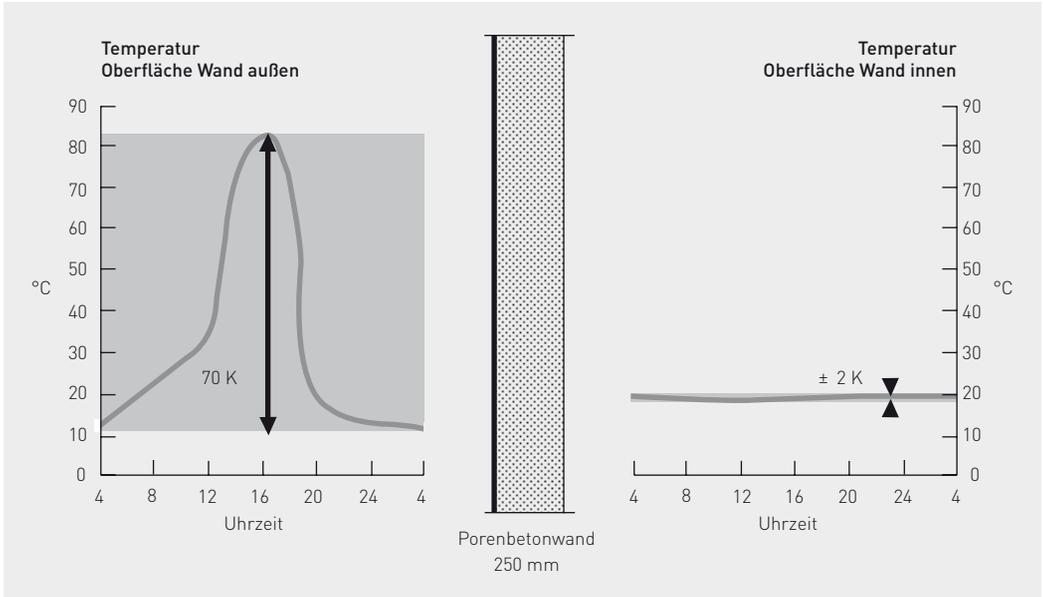
Dieser Notwendigkeit trägt u. a. die EnEV Rechnung, die bei Fensterflächenanteilen > 30 % einen Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2 fordert, bei dessen Berechnung auch berücksichtigt wird, welcher Bauart das Gebäude ist. Porenbeton gilt dabei als für den sommerlichen Wärmeschutz positive „mittlere Bauart“.

Bei periodischen Temperaturänderungen ist der Wärmedurchlasswiderstand eines Bauteils keine ausreichende Bewertungsgröße, da er nicht von der Wärmespeicherfähigkeit der Baustoffe abhängig ist. Hier müssen mehrere Faktoren berücksichtigt werden.

Aufgrund der günstigen Kombination von Wärmedämmung, Wärmespeichervermögen und Baustoffmasse besitzen Außenbauteile aus HEBEL Porenbeton die Fähigkeit, Schwankungen der Außentemperatur zu minimieren. Sie gewährleisten dadurch im Sommer ein angenehmes Raumklima mit ausgeglichenen Temperaturen.

HEBEL Bauteile aus Porenbeton schaffen bei einer Bauteildicke von nur 200 mm bis 250 mm mit einer Phasenverschiebung (Phasenverzögerung) von acht bis zwölf Stunden unbeeinflusst von periodischen Temperaturänderungen raumklimatisch behagliche Verhältnisse.

Dieser ausgezeichnete sommerliche Wärmeschutz wurde in einem Praxisversuch des Fraunhofer-Institut für Bauphysik · IBP, Stuttgart, bestätigt.



Dämpfung von Temperaturschwankungen durch Bauteile aus Porenbeton.

An einer 250 mm dicken Porenbetonwand wurden im Verlauf von 24 Stunden die Oberflächentemperaturen gemessen. Um besonders hohe Temperaturen zu erreichen, wurde eine Westwand gewählt, die zusätzlich noch schwarz gestrichen war. Die dort aufgetretenen Temperaturschwankungen auf der Außenseite von etwa 70 K wurden durch die Wand so stark gemindert, dass auf der Innenseite nur noch eine Temperaturerhöhung von 2 K (von 18 °C auf 20 °C) gemessen wurde, s. Abb. unten.

Periodische Kenngrößen, die eine Aussage zum instationären Wärmeschutz erlauben, sind z. B. das Temperaturamplitudenverhältnis und die Phasenverschiebung.

### Temperaturamplitudenverhältnis TAV

Periodische Temperaturschwankungen setzen sich als Schwingungen durch das Bauteil fort. Die Temperaturamplitude wird während des Durchganges abgeschwächt.

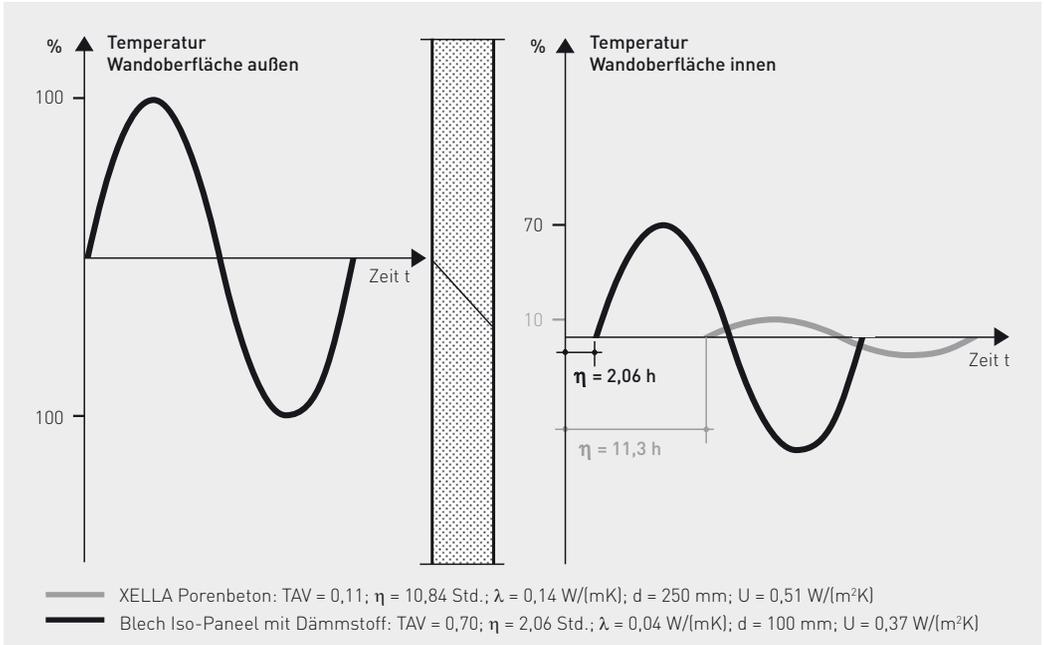
Unter dem Temperaturamplitudenverhältnis TAV versteht man das Verhältnis der maximalen Temperaturschwankung an der inneren zur

maximalen Schwankung an der äußeren Bauteiloberfläche. Die zeitliche Verzögerung der Wellenbewegung durch das Bauteil wird als Phasenverschiebung bezeichnet.

Die Definition des Temperaturamplitudenverhältnisses beruht auf der Feststellung, dass die Temperatur der Raumluft in gleichem Maße ansteigt oder abfällt wie die Temperatur an der Innenoberfläche des Bauteils. Somit kennzeichnet das Temperaturamplitudenverhältnis nur das thermische Verhalten des Bauteils bei einer Anregung durch eine periodische Temperaturschwankung. Das thermische Verhalten des angrenzenden Innenraumes wird nicht berücksichtigt, obwohl auch die Wärmespeicherefähigkeit der Innenbauteile die Raumlufttemperatur beeinflusst.

### Phasenverschiebung

Die Zeitspanne, die eine Temperaturwelle benötigt, um von außen durch ein Bauteil in das Innere eines Raumes zu gelangen, wird als Phasenverschiebung (oder Phasenverzögerung) bezeichnet.



Temperaturamplitudenverhältnis (TAV) und Phasenverschiebung  $\eta$  einer Wärmewelle, die eine Wand durchwandert.

Die Phasenverschiebung ist abhängig von:

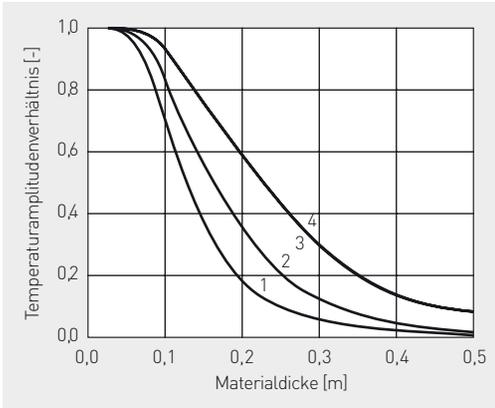
- Wärmeleitfähigkeit
- spezifischer Wärme
- Wärmespeicherefähigkeit
- Dicke der Bauteile
- Wärmeübergangswiderstand an der Bauteilgrenze

Die Phasenverschiebung ist eng mit dem Temperaturamplitudenverhältnis verbunden. Ist das Temperaturamplitudenverhältnis klein (0,25 bis 0,20), dann spielt die Phasenverschiebung in der Regel keine Rolle; ist es relativ groß (0,70 bis 1,00), müssen die Orientierung des Bauteils und die Raumnutzung berücksichtigt werden. Zu leichte Außenkonstruktionen sind trotz hoher Wärmedämmung oft ungeeignet, weil es ihnen an der Wärmespeicherefähigkeit fehlt.

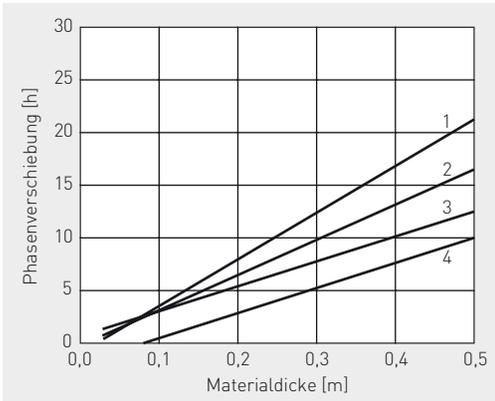
Je kleiner das Temperaturamplitudenverhältnis, desto günstiger ist das Verhalten des Baustoffes in Hinblick auf den sommerlichen Wärmeschutz einzustufen. Als günstig ist anzunehmen, wenn die Temperatur der inneren Wandoberfläche auf etwa den 0,25- bis 0,20-fachen Wert der Temperatur der äußeren Wandoberfläche gedämpft wird.

TAV-Werte von über 0,40 erfordern bei entsprechender Raumnutzung hohe Aufwendungen durch Investitions-, Betriebs- und Unterhaltskosten für Klimatisierung.

Unter Zugrundelegung eines Berechnungsverfahrens nach Hauser/Gertis in Heft 75 der Veröffentlichungen aus dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik · IBP, Stuttgart werden in den zwei folgenden Diagrammen das Temperaturamplitudenverhältnis und die Phasenverschiebung in Abhängigkeit von der Materialdicke dargestellt.



Temperaturamplitudenverhältnis homogener Schichten abhängig von der Materialdicke.



Phasenverschiebung homogener Schichten abhängig von der Materialdicke.

Folgende Baustoffe wurden in den Diagrammen verwendet:

- 1 Porenbeton  $\rho_v = 550 \text{ kg/m}^3$ ;  $\lambda = 0,14 \text{ W/(mK)}$
- 2 Leichtbeton  $\rho_v = 1.200 \text{ kg/m}^3$ ;  $\lambda = 0,50 \text{ W/(mK)}$
- 3 Normalbeton  $\rho_v = 2.400 \text{ kg/m}^3$ ;  $\lambda = 2,10 \text{ W/(mK)}$
- 4 Wärmedämmstoff  $\rho_v = 30 \text{ kg/m}^3$ ;  $\lambda = 0,040 \text{ W/(mK)}$

Die Diagramme zeigen, dass ein Bauteil aus Wärmedämmstoff mit einer geringen Wärmeleitfähigkeit und einer geringen Rohdichte einen hervorragenden winterlichen Wärmeschutz bietet, jedoch wegen der geringen Rohdichte nicht auch automatisch „sommertauglich“ ist.

Ebenso ungünstig ist eine homogene Wand aus einem sehr schweren Baustoff mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit.

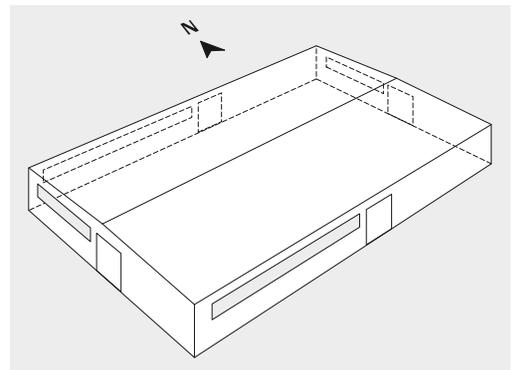
Im Gegensatz dazu haben Porenbetonkonstruktionen eine geringe Wärmeleitfähigkeit (winterlicher Wärmeschutz) und eine wärmespeichernde Rohdichte (sommerlicher Wärmeschutz), die ein günstiges Temperaturamplitudenverhältnis bewirken.

Ebenso vorteilhaft ist die Phasenverschiebung bei homogenen Porenbetonkonstruktionen. Für eine Wand aus 300 mm Porenbeton beträgt die Phasenverschiebung z. B. ca. dreizehn Stunden.

### Simulationsberechnungen

Welche Rolle der Baustoff bzw. der Einfluss einer „leichten“ oder einer „schweren“ Bauweise neben Faktoren wie dem Sonneneintrag durch transparente Bauteile (Fenster) oder dem Nutzerverhalten (Lüftung) auf das Innenklima eines Betriebsgebäudes haben kann, wird nachfolgend an einer Simulationsrechnung demonstriert.

Dabei wird eine Halle aus Porenbeton mit einer Halle aus Blech ISO-Panel verglichen. Beide Hallen unterscheiden sich nur durch die für Wände und Dach verwendeten Baustoffe. Abmessungen und Ausführungen der betriebsbereiten Halle können der nachfolgenden Auflistung entnommen werden.



Isometrische Darstellung der Halle als Prinzipskizze.

**Abmessungen:**

Länge: 50 m (Fensterband 25 m × 1,5 m)  
 Breite: 30 m (Fensterband 10 m × 1,5 m)  
 Traufhöhe 5,0 m; Firsthöhe 5,5 m  
 auf jeder Seite ein Tor 3,0 m × 4,0 m

**Wände:**

- a) HEBEL Wandplatten P 4,4-0,55; 250 mm;  
 $U = 0,51 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- b) Blech ISO-Paneel 80 mm,  $U = 0,34 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

**Dach:**

- a) HEBEL Massivdach mit 53 mm Dämmung  
 $\lambda = 0,040$ ;  $U = 0,302 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- b) Blechdach mit 120 mm Dämmung  
 $\lambda = 0,040$ ;  $U = 0,302 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

**Fenster:**

$U_w = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ;  $g = 0,8$ ; mit Verschattung

**Tore:**

Blech;  $U = 2,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

**Boden:**

200 mm Stahlbeton,  $\lambda = 2,5$ ; am Rand umlaufend  
 40 mm Perimeterdämmung  $\lambda = 0,040$  in einer  
 Breite von 5 m;  $U = 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

**Nutzung:**

10 Personen von 7:00 bis 17:00 Uhr  
 Beleuchtung 300 Lux  
 Maschinenleistung 6 KW  
 Lagerware 5 t Eisen

**Lüftung:**

Arbeitszeit: 500 m<sup>3</sup>/h  
 Nachtlüftung: 30.000 m<sup>3</sup>/h (0:00 bis 5:00 Uhr)

Um Jahresaussagen treffen zu können, wurde für die Musterhalle von einem unabhängigen Ingenieurbüro eine dynamisch thermische Simulation für ein Testreferenzjahr durchgeführt.

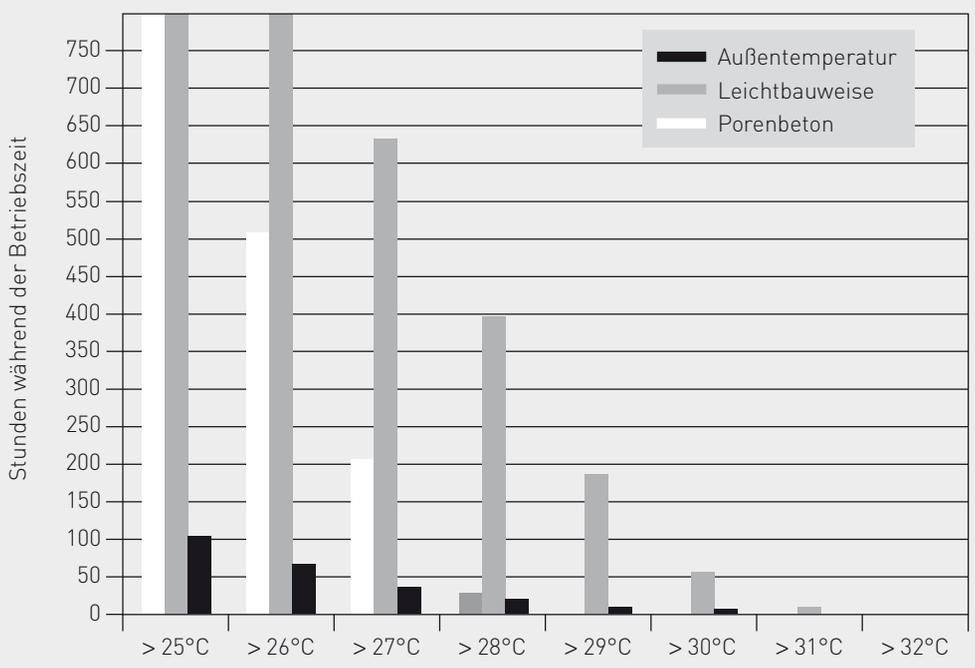
Grundlage für die Simulation ist die VDI 2078 „Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume (VDI-Kühllastregeln)“, zusätzlich werden die im Verlauf eines in meteorologischer Hinsicht durchschnittlichen Jahres ermittelten Wetterdaten bei realitätsnaher Nutzung betrachtet. Die Wetterdaten werden dabei stündlich berücksichtigt. Dieses Rechenverfahren (verwendete Software: TRNSYS) ermöglicht zuverlässige Aussagen zur Innentemperatur sowie zum Energieverbrauch über das ganze Jahr hinweg.

Hier zeigt sich deutlich die große Stärke bei der Bauweise mit Porenbeton.

In der Leichtbauhalle wird die Temperatur von 27 °C über das ganze Jahr hinweg 630 Stunden lang überschritten. Der Wert von 30 °C wird 55 Stunden lang überschritten. Dies entspricht bei einer täglichen Arbeitszeit von 8 Stunden ganzen 7 Arbeitstagen mit unerträglichen Barackenklima und unzufriedenen Mitarbeitern.

Bei Bauweise mit HEBEL Porenbeton wird die Temperatur von 27 °C lediglich 200 Stunden lang überschritten. Das sind 430 Stunden weniger als bei Leichtbauhallen, Mitarbeiter in Porenbeton-Hallen können also über 54 ganze Arbeitstage mehr effizient und angenehm arbeiten. 30 °C werden überhaupt nicht erreicht.

Ausführliche Informationen zu diesem Thema können bei Xella Aircrete Systems angefordert werden.



Quelle: Müller-BBM Ingenieurbüro, Planegg bei München

Temperatur-Jahreshäufigkeiten bei dynamisch thermischer Simulation.

## 5.4 Klimabedingter Feuchteschutz

Durch Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise der DIN 4108-3 wird zur Vermeidung von Schäden die Einwirkung von Tauwasser und Schlagregen auf Baukonstruktionen begrenzt. Jedoch können, wie bei allen mineralischen Baustoffen, nach dem Einbau durch besondere Klimasituationen verursachte Abweichungen (von den Sorptionsfeuchten) auftreten.

Zur prozentualen Abschätzung des Feuchtigkeitsausfalls gelten folgende Rechenformeln, wobei die Umrechnung von  $u_m$  nach  $u_v$  oder umgekehrt nach diesen Beziehungen erfolgt:

$$u_v = \frac{u_m \cdot \rho}{1000} \quad [\%]$$

$$u_m = \frac{u_v}{\rho} \cdot 1000 \quad [\%]$$

$u_m$	=	massebezogener Feuchtigkeitsgehalt [%]
$u_v$	=	volumenbezogener Feuchtigkeitsgehalt [%]
$\rho$	=	Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]
V	=	Volumen [m <sup>3</sup> ]

### 5.4.1 Schlagregenschutz

Schlagregen gegen Außenbauteile und Durchfeuchtungen können deren Eigenschaften, insbesondere die Wärmedämmung, mindern und Bauschäden hervorrufen. Die in 3.3 genannten Produkte Silikon-, Silikat- und Acryl-Außenbeschichtung sind wasserabweisend und erfüllen die Anforderungen der Beanspruchungsgruppe III.

Ausführliche Hinweise zum Regenschutz mineralischer Baustoffe geben Kapitel 3 und DIN 4108-3. Dort sind verschiedene Beanspruchungsgruppen und die zum Schutz erforderlichen Ausführungen bei Schlagregenbeanspruchung festgelegt.

### 5.4.2 Tauwasserschutz

#### Tauwasserbildung auf Bauteilen

Werden die Mindestwerte der Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2 Tabellen 1 oder 2

eingehalten und sind bei normaler Nutzung und durchschnittlichem Heizen und Lüften keine Extremwerte von Raumtemperaturen und rel. Luftfeuchtigkeiten vorhanden, so sind keine Schäden durch Tauwasserbildung zu erwarten.

Zur Verhinderung von Tauwasserbildung auf der inneren Bauteiloberfläche kann die Ermittlung des erforderlichen Wärmedurchlasswiderstandes R bzw. des entsprechenden Wärmedurchgangskoeffizienten U wie folgt vorgenommen werden:

Wärmedurchlasswiderstand erforderlich:

$$R_{\text{erf.}} = R_{\text{Si}} \cdot \frac{\vartheta_i - \vartheta_e}{\vartheta_i - \vartheta_s} - (R_{\text{Si}} + R_{\text{Se}}) \quad [\text{m}^2\text{K/W}]$$

Maximal zulässiger Wärmedurchgangskoeffizient:

$$U_{\text{max.}} = \frac{\vartheta_i - \vartheta_s}{R_{\text{Si}} \cdot (\vartheta_i - \vartheta_e)} \quad [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$$

$\vartheta_i$	=	Temperatur innen [°C]
$\vartheta_e$	=	Temperatur außen [°C]
$\vartheta_s$	=	Taupunkttemperatur der Raumluft
$R_{\text{Se}}, R_{\text{Si}}$	=	Wärmeübergangswiderstand (i = innen bzw. e = außen)

#### Tauwasserbildung in Bauteilen

Sie ist unschädlich, wenn folgende Anforderungen erfüllt sind:

- Die während der Tauperiode anfallende Feuchtigkeit muss in der Verdunstungsperiode wieder abgegeben werden können.
- Die Baustoffe dürfen durch Tauwasser nicht geschädigt werden.
- Eine Tauwassermenge von 1,0 kg/m<sup>2</sup> darf bei mineralischen Wand- und Dachkonstruktionen nicht überschritten werden.

- An Berührungsflächen von kapillar nicht wasseraufnahmefähigen Schichten darf die max. Tauwassermenge  $0,5 \text{ kg/m}^2$  betragen (Begrenzung des Ablaufens/Abtropfens).

Übliche Wand- und Dachkonstruktionen aus HEBEL Bauteilen erfüllen unter normalen Klimabedingungen die Anforderungen der DIN 4108. Ein gesonderter Nachweis des Tauwasserschutzes ist deshalb nicht erforderlich, das Dach „schwitzt“ nicht und tropft nicht.

In Verbindung mit diffusionsbremsenden Schichten wie dicken kunstharzgebundenen Putzen kann u. U. die Feuchtigkeitsabgabe nicht ausreichend gesichert sein. Dann sind gesonderte Nachweise nach DIN 4108-3 zu führen.

Die Richtwerte der Wasserdampfdiffusionswiderstandszahlen für HEBEL Bauteile sind der nebenstehenden Tabelle zu entnehmen.

### 5.4.3 Diffusionsverhalten

Unter den tragenden mineralischen Baustoffen hat Porenbeton den niedrigsten Wasserdampfdiffusionswiderstand.

Der monolithische, zugleich wärmedämmende Aufbau der Porenbeton-Bauteile erübrigt zusätzliche Dämmschichten und vermeidet damit bauphysikalisch ungünstige Schichtübergänge im Bauteil. Das bedeutet problemlose, schadensfreie Konstruktionen.

Grundsätzliche Regeln:

- Das Produkt aus  $\mu \cdot s = s_d$  (diffusionsäquivalente Luftschichtdicke) muss von innen nach außen kleiner werden.
- Eindringene Feuchtigkeit muss ausdiffundieren können.
- Bei mehrschaligen Wänden ist eine Hinterlüftung der Außenschale empfehlenswert.

Diese Anforderungen werden bei den üblichen HEBEL Wandkonstruktionen erfüllt.

Flachdächer bzw. Warmdachkonstruktionen sind wegen der Dachhaut vielfach nach außen verhältnismäßig diffusionsdicht. Dennoch bleiben auch diese Konstruktionen diffusionstechnisch trocken. Bei Verwendung von Zusatzdämmung aus Mineralfaserplatten und anderen diffusionsoffenen Dämmschichten wird der Einbau einer Dampfsperre  $s_d \geq 100 \text{ m}$  zwischen Dachplatten und Wärmedämmung empfohlen, bei Metalldacheindeckungen ist sie generell erforderlich.

### Rechenwerte der Wasserdampfdiffusionswiderstandszahlen $\mu$ im Vergleich (z. T. nach DIN V 4108-4 Tabelle 1)

HEBEL Bauteile .....	5/10
Silikat-Außenbeschichtung.....	10
Silikonharz-Außenbeschichtung .....	250
Acryl-Außenbeschichtung.....	580
Mineralfaser .....	1
Schaumkunststoffe .....	20/300
Lochziegel/Hohlblocksteine.....	5/10
Kalksandsteine .....	5/25
Zement, Mörtel und Putze .....	10/35
Holz .....	40
Beton.....	70/150
Bitumen-Dachbahnen.....	10000/80000
Kunststoff-Dachbahnen .....	10000/80000

### Diffusionsäquivalente Luftschichtdicke $s_d$

Metalldeckung: Titanzink Doppelstehfalz Scharbreite 720 mm	$s_d = 84 \text{ m}$
--	----------------------

Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart, untersuchte fünf bis zehn Jahre alte, ungedämmte Porenbeton-Dächer. Es stellte fest, dass es keine bedeutenden Kondensationszonen im Porenbeton gibt. In 90 % aller Fälle (Summenhäufigkeit) wurde ein praktischer Feuchtigkeitsgehalt von weniger als 3,3 Volumen-Prozent festgestellt.

Bei einer relativen Raumluftheuchte bis ca. 65 % und Raumlufthtemperaturen von ca. 20 °C können deshalb Konstruktionen verwendet werden, bei denen die Feuchtigkeit vorwiegend nach unten ausdiffundieren kann.

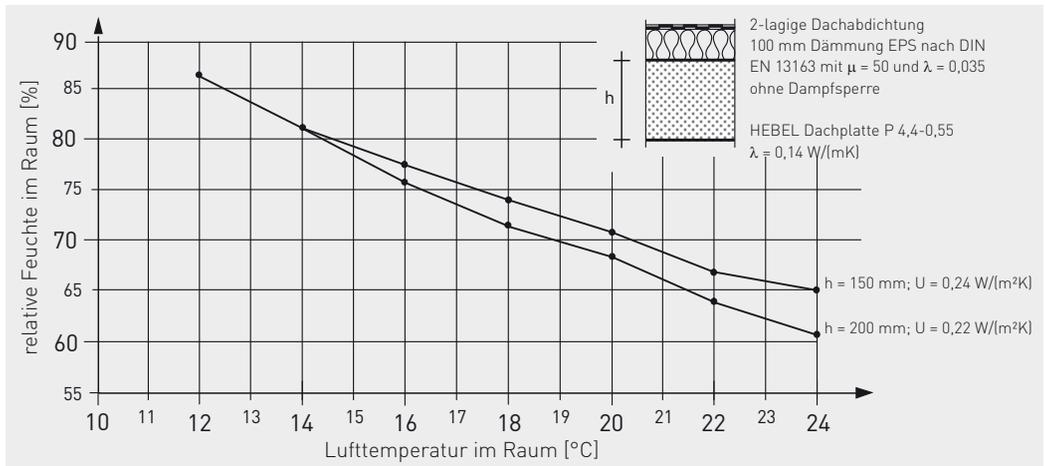
Die folgenden Diagramme können für eine Abschätzung der Anwendung von HEBEL Dachplatten für verschiedene relative Luftfeuchtigkeiten und Innentemperaturen verwendet werden. Ein rechnerischer Nachweis über die anfallende Wassermasse im Winter und die austrocknende Wassermasse im Sommer kann nach DIN 4108-3,

Anhang A erfolgen. Die folgenden Rechenbeispiele verdeutlichen dies.

### Beispiel 1: HEBEL Dachplatten mit zusätzlicher Wärmedämmung

Der Kurvenverlauf und die Zahlenwerte in der Tabelle geben in Abhängigkeit von Lufttemperatur und Luftfeuchte im Raum den Grenzbereich für die nach DIN 4108-3 während der Tauperiode ausfallende Wassermasse im Bauteil an, die während der Verdunstungsperiode wieder abgegeben werden kann.

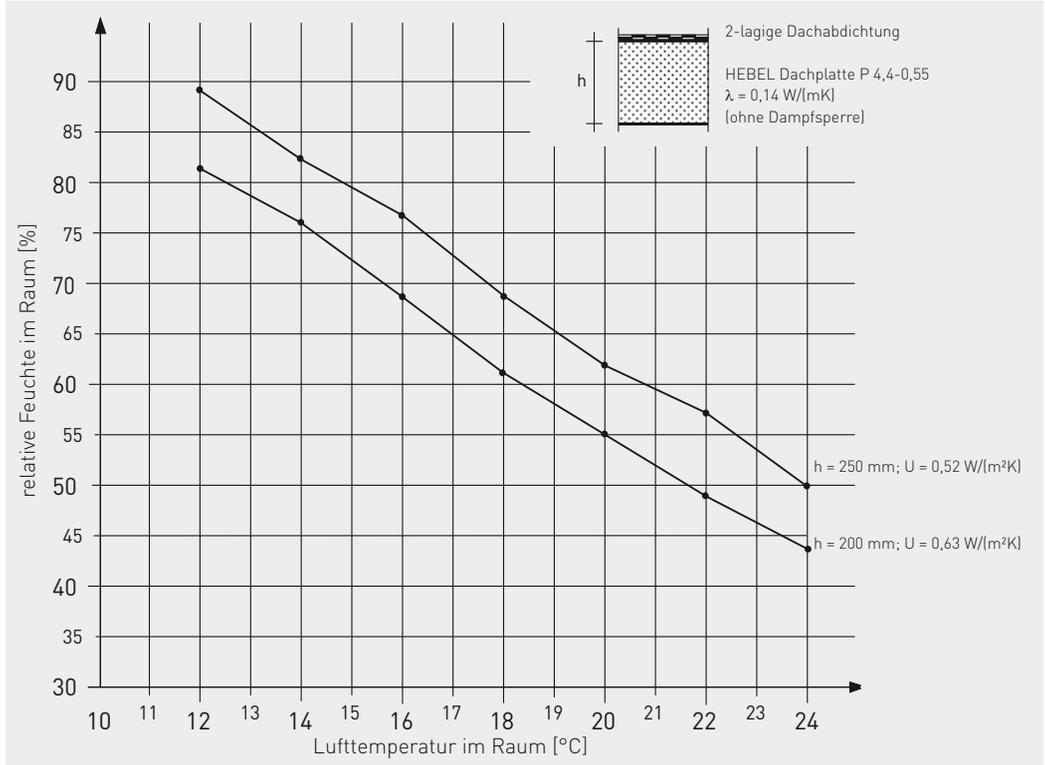
### Mögliche feuchteschutztechnische Anwendung von HEBEL Dachplatten mit zusätzlicher Wärmedämmung (Beispiel 1)



### Maximal mögliche Verdunstungsmenge in Abhängigkeit von Lufttemperatur und Luftfeuchte

Lufttemperatur im Raum °C	h = 150 mm U = 0,24 W/(m²K)		h = 200 mm U = 0,22 W/(m²K)	
	relative Luftfeuchte %	maximal mögliche Verdunstungsmenge kg/m²	relative Luftfeuchte %	maximal mögliche Verdunstungsmenge kg/m²
12	87	0,40	87	0,38
14	82	0,40	82	0,38
16	78	0,40	76	0,38
18	74	0,40	72	0,38
20	71	0,40	68	0,38
22	67	0,40	64	0,38
24	65	0,40	61	0,38

## Mögliche feuchteschutztechnische Anwendung von HEBEL Dachplatten ohne zusätzliche Wärmedämmung (Beispiel 2)



## Maximal mögliche Verdunstungsmenge in Abhängigkeit von Lufttemperatur und Luftfeuchte

Lufttemperatur im Raum °C	h = 200 mm U = 0,63 W/(m²K)		h = 250 mm U = 0,52 W/(m²K)	
	relative Luftfeuchte %	maximal mögliche Verdunstungsmenge kg/m²	relative Luftfeuchte %	maximal mögliche Verdunstungsmenge kg/m²
12	82	2,34	89	1,82
14	76	2,05	83	1,87
16	68	2,05	77	1,87
18	61	2,15	69	1,62
20	55	2,15	63	1,64
22	49	2,15	57	1,73
24	44	2,15	50	1,73

## Beispiel 2: HEBEL Dachplatten ohne zusätzliche Wärmedämmung

Der Kurvenverlauf gibt in Abhängigkeit von Lufttemperatur und Luftfeuchte im Raum auf der Basis des Berechnungsverfahrens den Grenzbereich für die nach DIN 4108-3 maximal mögliche Wassermasse von 1,0 kg/m<sup>2</sup> an, die während der Tauperiode im Bauteil ausfallen darf und die während der Verdunstungsperiode wieder abgegeben werden muss. Die Tabelle zeigt die maximal mögliche verdunstende Tauwassermasse bei HEBEL Dachplatten und HEBEL Wandplatten, die weit über der nach DIN 4108 zulässigen ausfallenden Tauwassermasse liegt.

### Diffusionsnachweis für HEBEL Dachplatten und HEBEL Wandplatten

Die im Winter eindiffundierende Tauwassermenge beträgt:

$$m_{WT} = t_T \cdot (i_i - i_e)$$

wobei  $i_i$  die Diffusionsstromdichte vom Raum in das Bauteil bis zum Anfang des Tauwasserbereiches ist

$$i_i = \frac{P_i - P_{sw1}}{Z}$$

und  $i_e$  die Diffusionsstromdichte vom Ende des Tauwasserbereiches zum Freien

$$i_e = \frac{P_{sw2} - P_e}{Z}$$

$P_i$  = Wasserdampfteildruck im Raum

$P_e$  = Wasserdampfteildruck im Freien

$P_s$  = Wasserdampf-sättigungsdruck

$P_{Si}$  = Wasserdampf-sättigungsdruck im Raum

$P_{Se}$  = Wasserdampf-sättigungsdruck im Freien

$P_{sw}$  = Wasserdampf-sättigungsdruck  $P_{sw1}$  und  $P_{sw2}$  am Anfang und am Ende des Tauwasserbereiches

$Z$  = Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand der Baustoffschichten

$t_T$  = Dauer der Tauperiode 1440 Std.

### Randbedingungen

	Tauperiode		Verdunstungsperiode		Dimensionen
	innen	außen	innen	außen	
Lufttemperatur	20	- 10	12	12	°C
relative Feuchte	50	80	70	70	%
Wasserdampf-Sättigungsdruck	2340	260	1403	1403	Pa
Wasserdampf-Teildruck	1170	208	982	982	Pa
Oberflächentemperatur des Daches					+ 20 °C

## Temperatur - Dampfsättigungsdruckverlauf an den Schichtgrenzen

Grenzschicht	Tauperiode	Tauperiode	Verdunstungs-	Verdunstungs-
	Temperatur	Dampfdruck	periode	periode
	°C	Pa	Temperatur	Dampfdruck
			°C	Pa
Warmseite	20,0	2340	12,0	1403
1	18,1	2084	12,5	1451
1/2	- 8,3	302	19,7	2300
2	- 9,3	277	20,0	2338
Kaltseite	- 10,0	260	12,0	1403

### Tauwassermasse Dachplatten

$$Z_i = 1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,0 = 1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{kg}$$

$$Z_e = 1,5 \cdot 10^6 \cdot 450 = 675 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{kg}$$

$$P_i = 1170 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{swi}} = 302 \text{ Pa}$$

$$P_e = 208 \text{ Pa}$$

$$m_{\text{WT}} = 1440 \cdot \left( \frac{1170 - 302}{1,5 \cdot 10^6} - \frac{302 - 208}{675 \cdot 10^6} \right) = 0,83 \text{ kg/m}^2 < 1,0 \text{ kg/m}^2$$

nach DIN 4108 zulässig.

### Verdunstende Wassermasse Dachplatten

$$Z_i = 1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,0 = 1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{kg}$$

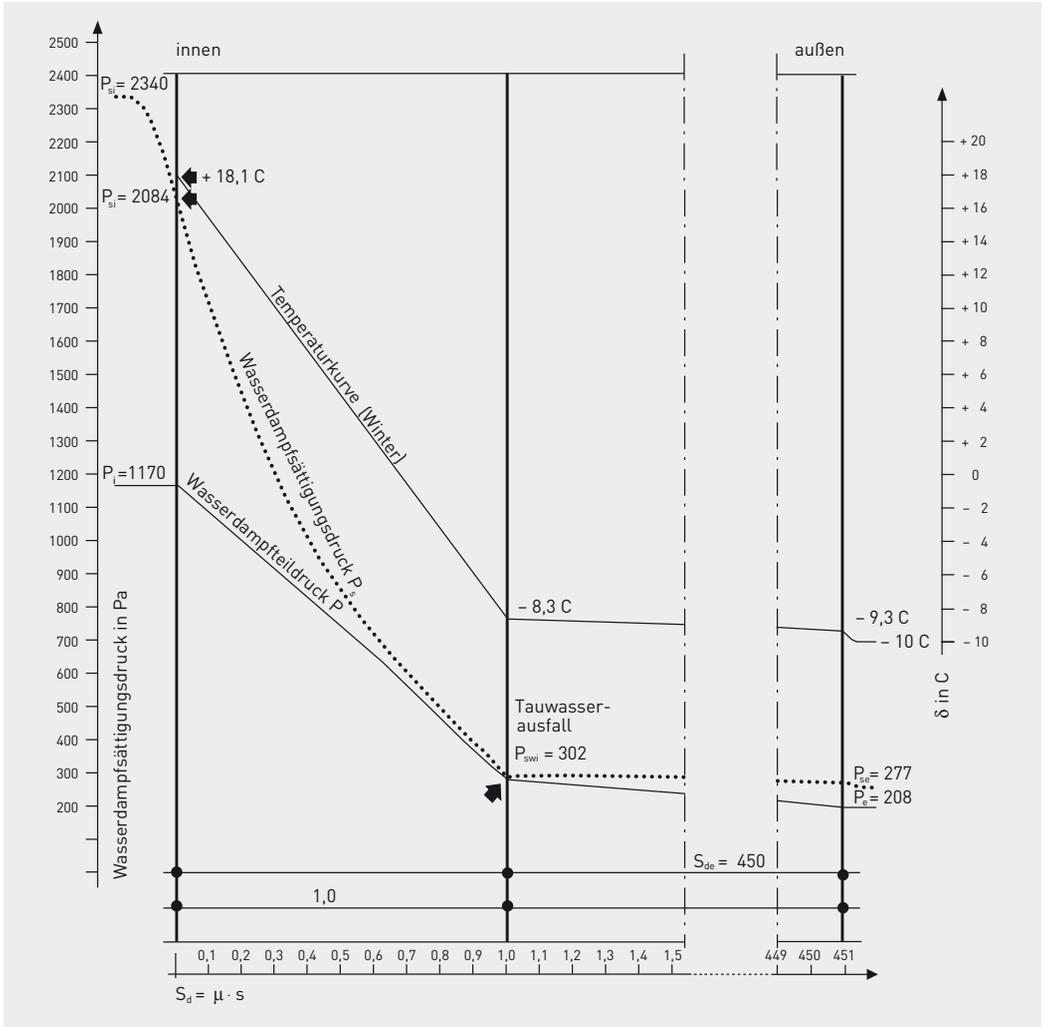
$$Z_e = 1,5 \cdot 10^6 \cdot 450 = 675 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{kg}$$

$$P_i = P_e = 982 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{sw}} = 2340 \text{ Pa}$$

$$m_{\text{wv}} = 2160 \cdot \left( \frac{2360 - 982}{1,5 \cdot 10^6} - \frac{2340 - 982}{675 \cdot 10^6} \right) = 1,90 \text{ kg/m}^2 > 0,85 \text{ kg/m}^2$$

Das Tauwasser im Bauteilquerschnitt trocknet im Sommer wieder aus.



Diffusionsdiagramm HEBEL Dachplatten.

### Rechengrößen für das Diffusionsdiagramm HEBEL Dachplatten

Schicht	S m	$\mu$	$s_d$ m	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	Grenzschicht
Wärmeübergang innen	-	-	-	-	0,10	→ Warmseite
HEBEL Dachplatten P 4,4-0,55	0,20	5	1,0	0,14	1,67	→ 1
2 Lag. Bitumen-Schweißbahnen	0,009	50000	450	0,17	0,05	→ 1/2
Wärmeübergang außen	-	-	-	-	0,04	→ 2
		$\Sigma$	451	$\Sigma$	1,86	→ Kaltseite

## Temperatur - Dampfsättigungsdruckverlauf an den Schichtgrenzen

Grenzschicht	Tauperiode	Tauperiode	Verdunstungs-	Verdunstungs-
	Temperatur	Dampfdruck	periode	periode
	°C	Pa	Temperatur	Dampfdruck
			°C	Pa
Warmseite	20,0	2340	12,0	1403
1	17,6	2014	12,0	1403
1/2	- 9,2	279	12,0	1403
2	- 9,3	276	12,0	1403
Kaltseite	- 10,0	260	12,0	1403

### Tauwassermasse Wandplatten

$$Z_i = 1,5 \cdot 10^6 \cdot 0,84 = 1,26 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{kg}$$

$$Z_e = 1,5 \cdot 10^6 \cdot 0,4 = 0,6 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{kg}$$

$$P_i = 1170 \text{ Pa}$$

$$P_{sw1} = 405 \text{ Pa}$$

$$P_{sw2} = 279 \text{ Pa}$$

$$P_e = 208 \text{ Pa}$$

$$m_{WT} = 1440 \cdot \left( \frac{1170 - 405}{1,26 \cdot 10^6} - \frac{279 - 208}{0,60 \cdot 10^6} \right) = 0,704 \text{ kg/m}^2 \leq 1,0 \text{ kg/m}^2$$

nach DIN 4108 zulässig.

### Verdunstende Wassermasse Wandplatten

$$Z_i = 1,5 \cdot 10^6 \cdot 0,92 = 1,38 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{kg}$$

$$Z_e = 1,5 \cdot 10^6 \cdot 0,48 = 0,72 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{kg}$$

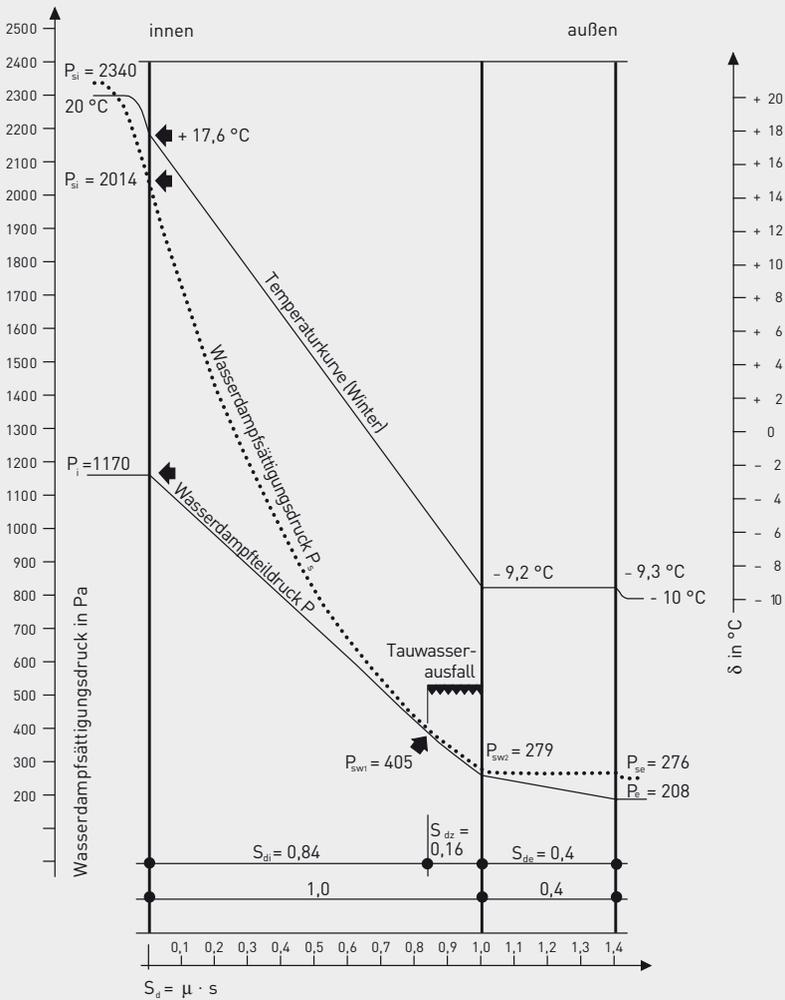
$$P_i = 982 \text{ Pa}$$

$$P_{sw} = 1403 \text{ Pa}$$

$$P_e = 982 \text{ Pa}$$

$$m_{WW} = 2160 \cdot \left( \frac{1403 - 982}{1,38 \cdot 10^6} - \frac{1403 - 982}{0,72 \cdot 10^6} \right) = 1,922 \text{ kg/m}^2 > 0,70 \text{ kg/m}^2$$

Das Tauwasser im Bauteilquerschnitt trocknet im Sommer wieder aus.



Diffusionsdiagramm HEBEL Wandplatten.

### Rechengrößen für das Diffusionsdiagramm HEBEL Wandplatten

Schicht	S m	$\mu$	$s_d$ m	$\lambda$ W/(mK)	R $m^2K/W$	Grenzschicht
Wärmeübergang innen	-	-	-	-	0,13	→ Warmseite
HEBEL Wandplatten P 4,4-0,55	0,20	5	1,0	0,14	1,43	→ 1
Beschichtung	0,002	200	0,4	0,70	0,003	→ 1/2
Wärmeübergang außen	-	-	-	-	0,04	→ 2
		$\Sigma$	1,4	$\Sigma$	1,60	→ Kaltseite

## Weitere Beispiele in Kurzform

Schicht	s m	$\mu$	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W
R <sub>i</sub>	–	–	–	0,10
HEBEL Dachplatten P 4,4-0,55	0,25	5	0,14	–
Dachdichtung (Folie)	0,0012	18000	0,16	–
Kiesschüttung	–	–	–	–
R <sub>e</sub>	–	–	–	0,04

verdunstende Wassermasse  $m_{wv}$ : 1,730 kg/m<sup>2</sup>  
 Tauwassermasse  $m_{wt}$ : 0,693 kg/m<sup>2</sup>

5

Schicht	s m	$\mu$	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W
R <sub>i</sub>	–	–	–	0,10
HEBEL Dachplatten P 4,4-0,55	0,25	5	0,14	–
Dachdichtung (Bitumenbahnen)	0,01	50000	0,17	–
Kiesschüttung	–	–	–	–
R <sub>e</sub>	–	–	–	0,04

verdunstende Wassermasse  $m_{wv}$ : 1,525 kg/m<sup>2</sup>  
 Tauwassermasse  $m_{wt}$ : 0,670 kg/m<sup>2</sup>

Schicht	s m	$\mu$	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W
R <sub>i</sub>	–	–	–	0,10
HEBEL Dachplatten P 4,4-0,55	0,20	7	0,16	–
Wärmedämmung	0,10	50	0,04	–
Dachdichtung (Folie)	0,0012	18000	0,16	–
R <sub>e</sub>	–	–	–	0,04

verdunstende Wassermasse  $m_{wv}$ : 0,429 kg/m<sup>2</sup>  
 Tauwassermasse  $m_{wt}$ : 0,157 kg/m<sup>2</sup>

Schicht	s m	$\mu$	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W
R <sub>i</sub>	–	–	–	0,10
HEBEL Dachplatten P 4,4-0,55	0,20	7	0,16	–
Wärmedämmung	0,10	50	0,04	–
Dachdichtung (Bitumenbahnen)	0,01	50000	0,17	–
R <sub>e</sub>	–	–	–	0,04

verdunstende Wassermasse  $m_{wv}$ : 0,463 kg/m<sup>2</sup>  
 Tauwassermasse  $m_{wt}$ : 0,186 kg/m<sup>2</sup>

## 5.4.4 Wasseraufnahme

Die Tabelle zeigt, dass HEBEL Porenbeton im Vergleich zu anderen Baustoffen einen sehr niedrigen Wasseraufnahmekoeffizienten  $w$  besitzt. Dieser Koeffizient gibt in  $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$  an, wieviel Wasser in einer bestimmten Zeit aufgenommen wird.

Die innere Struktur des Porenbetons, die überwiegend aus Mikro- und Makroporen besteht, behindert den kapillaren Flüssigkeitstransport über größere Strecken.

### Wasseraufnahmekoeffizienten $w$ verschiedener Baustoffe (nach Künzel und Schwarz)

Baustoff	Wasseraufnahmekoeffizient $w$ $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$
Gipsbauplatten	35 – 70
Vollziegel	20 – 30
Lochziegel	9 – 25
Kalksand-Vollstein	4 – 8
Porenbeton	2,5 – 7
Bimsbeton	1,5 – 2,5
Beton	0,1 – 0,5
Gips	35
Kalkzementputz	2 – 4
Zementputz	2 – 3
Kunststoff-Dispersionsbeschichtung	0,05 – 0,2

# 5.5 Brandschutz

## 5.5.1 Mit Porenbeton Brandsicherheit einbauen

Eine ideale Brandvorsorge besteht aus der Kombination aktiver Brandschutzmaßnahmen wie z. B. Sprinkler mit nicht brennbaren Baustoffen, die zudem wie Porenbeton im Brandfall weder Gase entwickeln noch brennend abtropfen.

Auch bei großer Hitze bilden sich in Porenbeton-Bauteilen keine Risse oder Fugen, Wände und Dächer bleiben gas- und rauchdicht.

5

Höchste Brandsicherheit mit HEBEL Montagebauteilen ist einfach herzustellen und muss anders als bei Löschanlagen über einen langen Zeitraum weder kontrolliert noch gewartet werden.

### Minimale Verformung bei Hitzeeinfluss

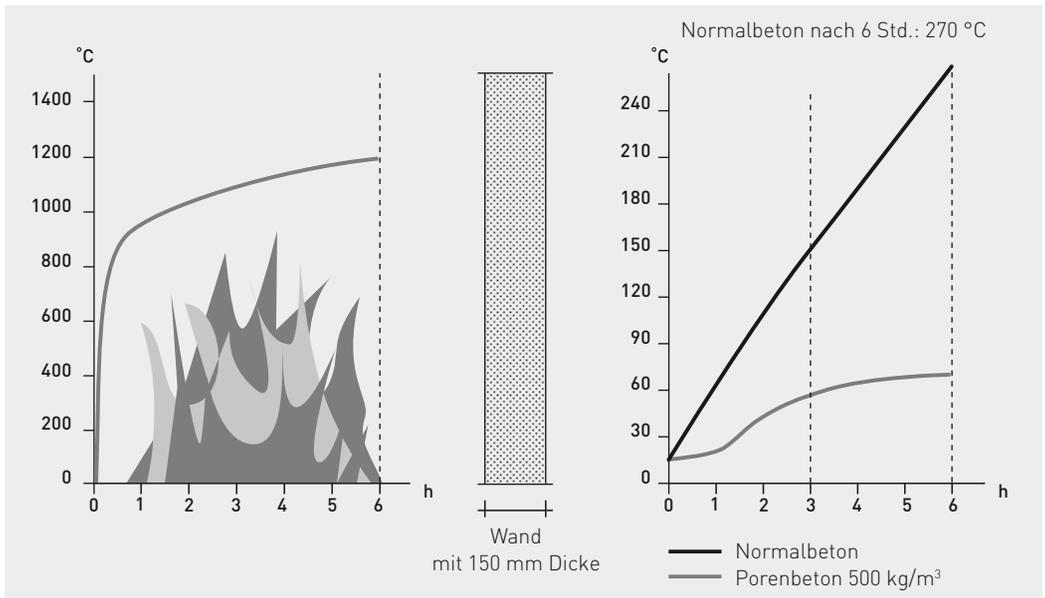
Viele Baustoffe verändern bei hohen Temperaturen ihre Struktur und werden weich oder spröde. Blech kann knicken oder schmelzen

und verliert seine statische Funktion. Beton verformt und wölbt sich durch Hitzeeinwirkung. Risse und Fugen entstehen, durch die Rauch und Gase in die zu schützenden Gebäudeabschnitte gelangen. Wände aus Porenbeton verformen sich nur geringfügig und bleiben gas- und rauchdicht. Sowohl Menschen als auch Güter sind geschützt.

### Maximale Temperaturdämpfung

Wände aus Porenbeton schotten Brände nicht nur wirkungsvoll ab. Durch ihre hohe Wärmedämmung dämpfen sie auch den Temperaturunterschied zwischen zwei Seiten einer Wand. Selbst nach mehrstündigen Bränden ist die Temperaturdämpfung durch Porenbeton so hoch, dass auf der dem Brand abgewandten Seite Temperaturen von 60 °C kaum überschritten werden. Bei Stahlbeton erwärmt sich die Wandoberfläche im selben Zeitraum auf 270 °C und mehr. Eine Temperatur, bei der viele

### Vergleich Temperaturdämpfung durch Porenbeton und Normalbeton



Porenbeton dämpft den Wärmedurchgang durch eine Wand um ein Vielfaches besser als Normalbeton. (Quellen: Beton Brandschutz-Handbuch; Prüfbericht 97-U-040, CTICM)

Güter bereits in Flammen aufgehen oder sich verformen, wenn sie in der Nähe der Wand gelagert werden.

### 5.5.2 Begriffe

Das Brandverhalten von Bauteilen wird durch die Zuordnung der verwendeten Baustoffe zu Baustoffklassen und durch ihre Feuerwiderstandsdauer (in Minuten) beschrieben. Als Grundlagen dienen die Regelungen der DIN 4102 und der gleichberechtigt geltenden europäischen Norm DIN EN 13501.

#### Baustoffklasse

Die Baustoffklasse nach DIN 4102 gibt an, ob das Material brennbar ist und wie leicht es sich

entflammen lässt. Danach gehört Porenbeton zu den nicht brennbaren Baustoffen der Klasse A1, die einem Feuer am besten widerstehen. Diese Zuordnung zur Baustoffklasse bleibt auch dann erhalten, wenn die Bauteiloberflächen mit Anstrichen auf Dispersions- oder Alkydharzbasis oder mit üblichen Papier-Wandbekleidungen (Tapeten) versehen werden.

Auch nach DIN EN 13501 zählt Porenbeton zur feuerbeständigsten Klasse A1. Die Bewertung der Baustoffe erfolgt wie in DIN 4102 hinsichtlich ihrer Brennbarkeit bzw. Entflammbarkeit, dabei werden zusätzlich die Brandparallelerscheinungen „Rauchentwicklung“ und „Brennendes Abtropfen/Abfallen“ beurteilt. Beides tritt bei Porenbeton nicht auf.

#### Klassifizierung des Brandverhaltens von Baustoffen nach DIN EN 13501-1

Bauaufsichtliche Anforderung	Zusatzanforderungen		Europäische Klasse nach DIN EN 13501-1	Baustoffklasse nach DIN 4102-1
	Kein Rauch (s1)	Kein brennendes Abfallen/Abtropfen (d0)		
Nicht brennbar	•	•	A1	A1
			A2 – s1, d0	A2
Schwer entflammbar	•	•	B – s1, d0 C – s1, d0	B1
			A2 – s2, d0 / A2 – s3, d0 B – s2, d0 / B – s3, d0 C – s2, d0 / C – s3, d0	
	•	•	A2 – s1, d1 / A2 – s1, d2 B – s1, d1 / B – s1, d2 C – s1, d1 / C – s1, d2	
			A2 – s3, d2 B – s3, s2 C – s3, d2	
Normal entflammbar		•	D – s1, d0 / D – s2, d0 D – s3, d0 E	B2
			D – s1, d2 / D – s2, d2 D – s3, d2	
			E – d2	
Leicht entflammbar			F	B3

## Zusätzliche Klassifizierung des Brandverhaltens gemäß DIN EN 13501-1

Unterklassen/Brandparallelerscheinungen			
Rauchentwicklung (smoke)		Brennendes Abtropfen/Abfallen (droplets)	
s1	keine/kaum Rauchentwicklung	d0	kein Abtropfen
s2	mittlere Rauchentwicklung	d1	begrenzt abtropfen
s3	starke Rauchentwicklung	d2	starkes Abtropfen

### Feuerwiderstandsklassen

Nach DIN 4102 erfolgt die Einstufung in Feuerwiderstandsklassen, z. B. F 90, was einer Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 Minuten entspricht. Es gibt die Feuerwiderstandsklassen F 30, F 60, F 90, F 120, F 180, F 360.

Eine ergänzende Benennung der Feuerwiderstandsklassen ergibt sich aus dem Brandverhalten der für die Bauteile verwendeten Baustoffe, z. B. F 90-A. Eine Übersicht hierzu ist in DIN 4102-2 enthalten.

Gleichberechtigt neben DIN 4102 gilt das europäische Klassifizierungssystem der DIN EN 13501. Dieses gibt im Wesentlichen die Feuerwiderstandsdauer von 15 bis 240 Minuten in 15-Minuten-Schritten an. Zusätzlich wird nach bestimmten Anforderungen differenziert, die über die Zeitdauer erfüllt werden müssen.

Hauptkriterien dabei sind die Tragfähigkeit R (= Résistance), der Raumabschluss E (= Étanchéité) und die wärmedämmende Wirkung im Brandfall I (= Isolation). Eine nicht tragende Wand aus HEBEL Wandplatten entspricht beispielsweise der Klassifizierung EI 90 und gewährleistet Raumabschluss und Wärmedämmung über 90 Minuten.

### Feuerwiderstandsklassen nach DIN 4102 von liegend oder stehend angeordneten HEBEL Wandplatten Mindestdicken (Werte in Klammern gelten für Wände mit beidseitigem Putz)

Nichttragende raumabschließende Wände (einseitige Brandbeanspruchung)	Mindestdicke h [mm] für Feuerwiderstandsklasse				
	F 30-A	F 60-A	F 90-A	F 120-A	F 180-A
	75 [75]	75 [75]	100 [100]	125 [100]	150 [125]

### Beschreibung der Feuerwiderstandsfähigkeit nach DIN EN 13501

Kurzzeichen	Kriterium
R (Résistance)	Tragfähigkeit
E (Étanchéité)	Raumabschluss
I (Isolation)	Wärmedämmung (unter Brandeinwirkung)
W (Radiation)	Begrenzung des Strahlungsdurchtritts
M (Mechanical action)	Mechanische Einwirkung auf Wände (Stoßbeanspruchung)

Die Feuerwiderstandsklasse von Baustoffen muss durch Prüfungen nach DIN 4102 bzw. DIN EN 13501 nachgewiesen werden. Die Klassifizierung von Bauteilen setzt voraus, dass die anschließenden Bauteile mindestens derselben Feuerwiderstandsklasse angehören.

HEBEL Porenbeton-Bauteile erfüllen bei entsprechender Dimensionierung die Anforderungen aller Feuerwiderstandsklassen, die die deutsche und die europäische Normung kennen. Ab einer Dicke von 150 mm gehören sie zur Feuerwiderstandsklasse EI 240. Darüber hinaus liegen Prüfzeugnisse vor, die HEBEL Wandplatten ab 175 mm Dicke eine Feuerwiderstandsdauer von

## Mindestwanddicke von Wänden aus HEBEL Wandplatten nach prEN 12602: 2007/01

Feuerwiderstandsklasse	Mindestwanddicke mm
EI 30	50
EI 60	65
EI 90	75
EI 120	100
EI 180	125
EI 240	150

360 Minuten [F 360 bzw. EI 360] bescheinigen. Das macht sie zu einer besonders wirksamen Komponente im baulichen Brandschutz.

### Brandwände

Brandwände sind Wände zur Trennung oder Abgrenzung von Brandabschnitten im Gebäudeinneren oder im Fassadenbereich. Sie müssen mindestens die Feuerwiderstandsklasse F 90 nach DIN 4102 bzw. EI-M 90 nach DIN EN 13501 erfüllen und gleichzeitig im Brandfall eine bestimmte Stoßbelastung aufnehmen können. Dabei muss der Raumabschluss gewahrt bleiben. Sie werden als volle Wände ohne Öffnungen geprüft. Mehr Informationen zu Brandwänden im Kapitel 2.3.

### Komplextrennwände

Auch Komplextrennwände grenzen Brandabschnitte untereinander ab und werden zum Teil von Sachversicherern verlangt. Sie müssen höhere Stoßbelastungen als Brandwände nach DIN 4102 aufnehmen und müssen außerdem der Feuerwiderstandsklasse F 180 nach DIN 4102 bzw. EI-M 180 nach DIN EN 13501 entsprechen.

Komplextrennwände aus HEBEL Wandplatten erreichen laut Prüfzeugnis sogar eine erhöhte Feuerwiderstandsdauer von F 360. Mehr dazu im Kapitel 2.4.

### Brandsichere HEBEL Außenwände

Brände, die außerhalb von Gebäuden entstehen, können leicht auf das Gebäudeinnere übergreifen. Das Feuer kann über außen gelagerte brennbare Güter oder geparkte Fahrzeuge um die Brandwand herum laufen, die seine Ausbreitung im Gebäudeinneren eigentlich verhindern soll. Außenwände aus Porenbeton, die von vornherein die gleiche Feuerwiderstandsdauer wie Brandwände besitzen, schützen vor dem Eindringen von Feuer.

### Das HEBEL Brandsicherheitsdach

Massive Dachplatten aus Porenbeton erhöhen die Brandsicherheit über die Fassade hinaus ins Dach. Zum einen stellen sie sicher, dass die

## Feuerwiderstandsklassen von Bauteilen nach DIN EN 13501-2 und ihre Zuordnung zu den bauaufsichtlichen Anforderungen

Bauaufsichtliche Anforderung	Tragende Bauteile		Nicht tragende Innenwände	Nicht tragende Außenwände
	ohne Raumabschluss	mit Raumabschluss		
feuerhemmend	R 30	REI 30	EI 30	E 30 (i→o) und EI 30-ef (i←o)
hoch feuerhemmend	R 60	REI 60	EI 60	E 60 (i→o) und EI 60-ef (i←o)
feuerbeständig	R 90	REI 90	EI 90	E 90 (i→o) und EI 90-ef (i←o)
Feuerwiderstandsfähigkeit 120 Min.	R 120	REI 120	–	–
Brandwand	–	REI-M 90	EI-M 90	–

Brandwände ihre Funktion erfüllen und schotten den Brand nach oben ab. Zum anderen schützen sie vor dem Eindringen von Feuer ins Gebäude, z. B., wenn brennende Teile auf das Dach geschleudert werden.

### Kein Abtropfen der Dachdämmung

Der Einsatz eines HEBEL Brandsicherheitsdaches verhindert das Schmelzen einer eventuell vorhandenen Dachdämmung, die sonst häufig brennend an der Dachunterseite entlang fließt und auf diese Weise die Brandwände überlaufen kann.

5

### Anschließende Bauteile

Bei Brandwänden und Komplextrennwänden müssen die anschließenden Bauteile wie tragende Konstruktionen, Träger und Stützen mindestens die gleichen Feuerwiderstandsklassen aufweisen. Ausführliche Informationen dazu sind in den Berichtsheften 4, 17 und 24 des Bundesverbandes Porenbeton zu finden.

### Feuerschutztüren

In feuerhemmenden und feuerbeständigen Wänden und in Brandwänden sind häufig Türöffnungen erforderlich. Zum Einbau sollten marktgängige Normtüren T 30 bzw. T 90 vorgesehen werden. Diese Türen bedürfen einer bauaufsichtlichen Zulassung.

Die für den Einbau von Feuerschutztüren erforderliche Dicke von HEBEL Wandplatten mit einer Druckfestigkeitsklasse  $\geq P 4,4$  beträgt 150 mm für die Feuerwiderstandsklasse F 30-A und F 90-A. Für Brandwände beträgt sie 175 mm (s. 2.3).

### Brandschutzverglasungen

In feuerbeständigen Wänden und in Brandwänden sind häufig Verglasungen erforderlich. Zum Einbau sollten marktgängige Verglasungssysteme vorgesehen werden. Brandschutzverglasungen bzw. -verglasungssysteme bedürfen einer bauaufsichtlichen Zulassung.

Der Einbau der Verglasungssysteme kann unmittelbar in Porenbetonwände erfolgen (s. 2.3).

## 5.5.3 Einstufung der HEBEL Bauteile nach DIN 4102-4

HEBEL Dach- und Deckenplatten sind, abhängig von der Plattendicke und dem Überdeckungsmaß der Bewehrung, in DIN 4102-4 in Feuerwiderstandsklassen eingeteilt.

Für Wände aus Porenbeton-Bauteilen erfolgt neben der Unterscheidung im Sinne der DIN 1053 in tragend und nicht tragend eine weitere Trennung in raumabschließend und nicht raumabschließend.

Die Wände sind, abhängig von Druckfestigkeitsklassen, Rohdichten, Fugenausbildungen und Putzausführungen in Feuerwiderstandsklassen und Brandwände eingeteilt. Daneben sind in DIN 4102-4 die Feuerwiderstandsklassen für Pfeiler und Stürze aus Porenbeton angegeben.

### Klassifizierung

- **Nicht tragende Wände** sind Bauteile, die auch im Brandfall überwiegend nur durch ihr Eigengewicht beansprucht werden und auch nicht der Knickaussteifung tragender Wände dienen; sie müssen aber auf ihre Fläche wirkende Windlasten auf tragende Bauteile abtragen. Nichttragende Wände sind brandschutztechnisch grundsätzlich raumabschließend.
- **Tragende, raumabschließende Wände** sind überwiegend auf Druck beanspruchte Bauteile, die im Brandfall die Tragfähigkeit gewährleisten müssen und außerdem die Brandübertragung von einem Raum zum anderen verhindern, z. B. Treppenraumwände, Wände an Rettungswegen oder Brandabschnittstrennwände. Sie werden im Brandfall nur einseitig vom Brand beansprucht. Aussteifende Wände sind hinsichtlich des Brandschutzes wie tragende Wände zu bemessen.
- **Tragende, nicht raumabschließende Wände** sind überwiegend auf Druck beanspruchte Bauteile, die im Brandfall ausschließlich die

Tragfähigkeit gewährleisten müssen, z. B. tragende Innenwände innerhalb eines Brandabschnittes (einer Wohnung), Außenwandscheiben mit einer Breite unter 1,0 m oder Mauerwerkspfeiler. Sie werden im Brandfall zwei-, drei- oder vierseitig vom Brand beansprucht.

Stürze über Wandöffnungen sind für eine dreiseitige Brandbeanspruchung zu bemessen.

### Einstufung der Porenbetonwände

Sofern in den nachfolgenden Tabellen Mindestbauteilbemessungen in Abhängigkeit von der

Spannung angegeben werden, dürfen Zwischenwerte für Wanddicken, Balkenbreiten, Balkenhöhen durch geradlinige Interpolation ermittelt werden.

### 5.5.4 Einstufung der HEBEL Bauteile nach Prüfzeugnissen

Neben der Einstufung der Bauteile nach der Norm ist deren Anwendung auch in Prüfzeugnissen geregelt.

### Wände aus liegend oder stehend angeordneten HEBEL Wandplatten

#### Minstdicken und Ausführungen nach allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnissen

Wände aus nicht tragenden Wandplatten mit Feuerwiderstandsdauer F 90 – F 360* ohne Anforderungen an Brand- oder Komplextrennwände	Minstdicke h mm		Mindestachsabstand U** mm
	1-schalig	2-schalig	
Druckfestigkeitsklasse 4,4; Rohdichteklasse $\geq 0,55$	175	–	

Brandwände aus nicht tragenden Wandplatten mit Feuerwiderstandsdauer F 90 bis F 360* bzw. EI-M 90 bis EI-M 360	Minstdicke h	Mindestachsabstand u**
	mm	mm
<b>Stoßbelastung nach 90 Minuten</b>		
Druckfestigkeitsklasse 4,4; Rohdichteklasse $\geq 0,55$ ; Nut und Federausbildung sowie Bewehrung gegenüber DIN 4102-4, 4.8.1 bzw. 4.8.9 verringert	175	30

<b>Stoßbelastung nach 120 Minuten</b>		
Druckfestigkeitsklasse 4,4; Rohdichteklasse $\geq 0,55$ ; Nut und Federausbildung sowie Bewehrung gegenüber DIN 4102-4, 4.8.1 bzw. 4.8.9 verringert	200	50

Komplextrennwände aus nicht tragenden Wandplatten mit erhöhter Feuerwiderstandsdauer F 180 – F 360*	Minstdicke h	Mindestachsabstand U**
	mm	mm
Druckfestigkeitsklasse 4,4; Rohdichteklasse $\geq 0,55$ ; Nut und Federausbildung	250	30

\* anschließende Bauteile müssen die gleiche Feuerwiderstandsklasse besitzen

\*\* Abstand der Achse der Längsbewehrung von der Außenseite der Wandplatte

**Brandschutz mit HEBEL Dach- und Deckenplatten**  
**Minstdicken und Ausführungen, ohne Putz**

	Mindestplattendicke h [mm] Mindestachsabstand U [mm]		
	für Feuerwiderstandsklasse		
Unverputzt	F 90-A	F 120-A	F 180-A
Fugenausbildung nach DIN 4102-4, Tabelle 13, 5.1 a) bis c)	75	100	125
	30	40	55
Fugenausbildung nach DIN 4102-4, Tabelle 13, 5.1 d) und e)	100	125	150
	30	40	55

Achtung: Standard-Produktsortiment beachten ( s. 2.3 und 2.4).

# 5.6 Schallschutz

## 5.6.1 Allgemeines zur DIN 4109

Wie die Grafik auf Seite 154 zeigt, ist der Mensch heute vielfältigen Lärmbelastungen aus der Umgebung ausgesetzt. Dem daraus entstehenden Schutzbedürfnis trägt die DIN 4109 Rechnung, die aus folgenden Teilen besteht:

- DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“
  - Anforderungen und Nachweise
- Beiblatt 1 zu DIN 4109
  - Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren
- Beiblatt 2 zu DIN 4109
  - Hinweise für Planung und Ausführung
  - Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz
  - Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich

Die Beiblätter enthalten Informationen zur DIN 4109, jedoch keine zusätzlichen genormten Festlegungen.

In der Norm sind Anforderungen an den Schallschutz mit dem Ziel festgelegt, Menschen in Aufenthaltsräumen vor unzumutbaren Belästigungen durch Schallübertragung zu schützen.

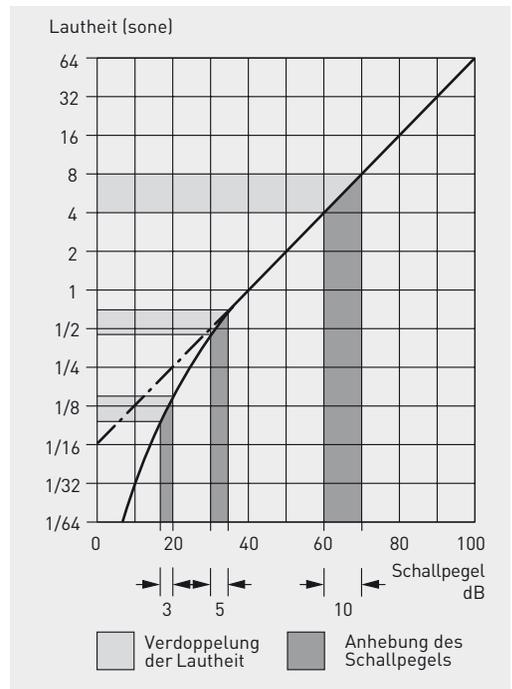
Aufgrund der festgelegten Anforderungen kann nicht erwartet werden, dass Geräusche von außen oder aus Nachbarräumen nicht mehr wahrgenommen werden.

### Menschliches Hören\*

Das menschliche Gehör ist ein eigenwilliges „Messinstrument“. Es empfindet Lautstärken anders, als ein Schallpegelmesser sie anzeigt. Um Verwechslungen mit objektiv messbaren Kriterien zu vermeiden, haben die Hörphysiologen für die subjektiv empfundene Lautstärke den Begriff „Lautheit“ geprägt. Die Maßeinheit dafür lautet „sone“. Der Bezugswert 1 sone

wurde willkürlich auf einen Schallpegel von 40 dB festgelegt. Bei jeder Verdopplung der subjektiv empfundenen Lautstärke (Lautheit) verdoppelt sich auch der Zahlenwert in sone.

Der Abbildung ist zu entnehmen, dass im Pegelbereich oberhalb von 40 dB jede Pegelsteigerung um 10 dB zu einer Verdopplung der Lautheit führt. Bei niedrigen Schallpegeln ist das Gehör empfindlicher. Hier reichen bereits Pegelsteigerungen zwischen 5 dB und 3 dB aus, um eine Verdopplung der Lautheit hervorzurufen.



Zusammenhang zwischen Schallpegel und empfundener Lautheit.

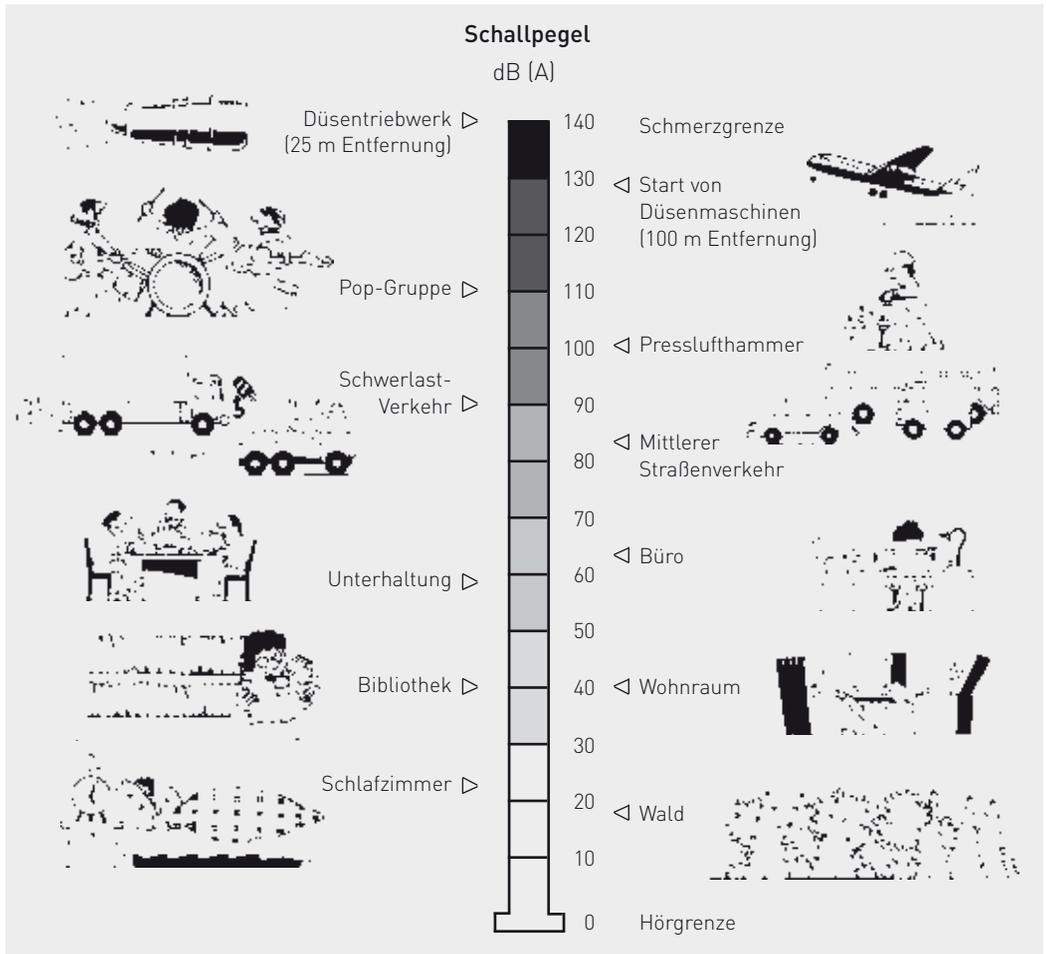
\* Mit freundlicher Genehmigung aus dem Mitteilungsblatt der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e. V. Kiel (Heft 3/88)

## Grundgeräuschpegel

Vom Anforderungsniveau der DIN 4109 wird häufig erwartet, dass schalldämmende Bauteile die Geräuscheinwirkung auf Null reduzieren. Dies ist eine falsche Annahme. Die Geräuscheinwirkungen werden nur gedämpft.

In diesem Zusammenhang spielt der Grundgeräuschpegel eine erhebliche Rolle: Wer in einer

sehr ruhigen Gegend wohnt, wird eine fröhliche Skatrunde in der Nebenwohnung als störend empfinden. Liegt der Grundgeräuschpegel jedoch höher, z. B. in einer Großstadt mit erheblichem Lärm von draußen, bzw. sind lärmende Kinder in der eigenen Wohnung, so werden diese Geräusche aus dem Nachbarbereich nicht mehr oder kaum noch wahrgenommen.



Abhängigkeit des Schallpegels von der Schallquelle.

## Möglichkeiten der Nachweisführung für den Rechenwert $R'_{w,R}$

Die Rechenwerte  $R'_{w,R}$ ,  $R_{w,R}$ ,  $L'_{n,w,R}$  (Definition s. 5.6.2) zum Nachweis des erbrachten Schallschutzes können auf vier verschiedene Arten ermittelt werden (vergl. DIN 4109 Tab. 11):

- Berechnung nach DIN 4109 Beiblatt 1.  
Die so ermittelten Werte gelten unmittelbar als Rechenwerte. Für Porenbeton-Wandbauteile mit einer flächenbezogenen Masse bis  $250 \text{ kg/m}^2$  kommt aufgrund seiner Materialeigenschaften ein Bonus von  $+2 \text{ dB}$  hinzu.
- Prüfungen im Prüfstand mit Nebenwegen, vermindert um ein Vorhaltemaß (Eignungsprüfung I)

$$R'_{w,R} = R'_{w,P} - 2 \text{ dB}$$

$$L'_{n,w,R} = L'_{n,w,P} + 2 \text{ dB}$$

- Prüfungen im Prüfstand ohne Nebenwege.  
Wurde ein Schalldämm-Maß  $R_w$  in einem Prüfstand ohne Nebenwege gemessen, so kann eine Umrechnung in das Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  nach DIN 4109 Beiblatt 3 erfolgen. Ist die flächenbezogene Masse des Bauteils kleiner  $150 \text{ kg/m}^2$ , so ist

$$R'_{w,R} = R_w - 2 \text{ dB}$$

$$R_{w,R} = R_{w,P} - 5 \text{ dB für Türen}$$

$$R_{w,R} = R_{w,P} - 2 \text{ dB für Fenster}$$

$$L'_{n,w,R} = L'_{n,w,P} + 2 \text{ dB}$$

- Unmittelbare Prüfung in drei Bauten, bezeichnet als Eignungsprüfung III.

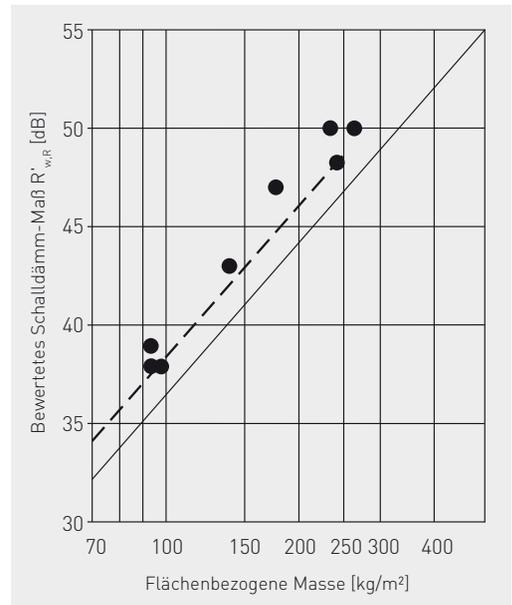
$$R'_{w,R} = R'_{w,B}$$

$$L'_{n,w,R} = L'_{n,w,B}$$

Prüfzeugnisse von zertifizierten Prüfanstalten berücksichtigen die speziellen Bauteileigenschaften der Konstruktionen und sollten deshalb gegenüber der Berechnung nach DIN 4109 bevorzugt verwendet werden. Auch die am Bau gemessenen Werte sind in der Regel besser als die errechneten Werte, die noch erhebliche Sicherheitszuschläge enthalten.

Das nachstehende Diagramm bestätigt diese Aussagen.

**Schalldämm-Maße von einschaligen, biege-steifen Wänden in Abhängigkeit von ihrer flächenbezogenen Masse (grafische Umsetzung der Tab. 1 nach DIN 4109 Beiblatt 1) mit eingetragenen Messwerten von HEBEL Porenbeton-Konstruktionen**



- : nach DIN 4109 für übliche Baustoffe
- - - : nach DIN 4109 für Porenbeton einschließlich 2 dB Bonus
- : Messwert im Prüfstand für einschalige Porenbeton-Wände (Vorhaltemaß von 2 dB abgezogen)

## 5.6.2 Definitionen und Bezeichnungen

### Luftschall

In Luft sich ausbreitender Schall (z. B. Musik, Sprache).

### Körperschall

In festen Stoffen sich ausbreitender Schall (z. B. Geräusche, die in Installationen entstehen und über Bauteile weitergeleitet werden).

### Trittschall

Schall, der beim Begehen und bei ähnlicher Anregung einer Decke als Körperschall auftritt und teilweise als Luftschall abgestrahlt wird.

### Schallschutz

Darunter versteht man einerseits Maßnahmen gegen die Schallentstehung (Primärmaßnahmen) und andererseits Maßnahmen, die die Schallübertragung von einer Schallquelle zum Hörer vermindern (Sekundärmaßnahmen).

### Dimensionen

**dB** = Der Schalldruckpegel und alle Schallpegeldifferenzen werden in dB angegeben.

**dB(A)** = Der A-Schalldruckpegel  $L_A$  ist der mit der Bewertungskurve A bewertete Schalldruckpegel. Er ist ein Maß für die Stärke eines Geräusches. Durch die Bewertungskurve A werden Geräusche angenähert gehörsrichtig gemessen und angegeben.

### Kennzeichnungen

$R_w$  = bewertetetes Labor-Schalldämm-Maß von Bauteilen allein, ohne Schallübertragung über flankierende Bauteile.

$R_{w,P}$  = bewertetetes Schalldämm-Maß von Bauteilen allein, ohne Schallübertragung über flankierende Bauteile, gemessen im Prüfstand.

$R_{w,R}$  = Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes von Bauteilen allein, für den rechnerischen Nachweis des Schallschutzes.

$R'_w$  = bewertetetes Bau-Schalldämm-Maß von Bauteil-Kombinationen mit Schallübertragung über flankierende Bauteile.

$R'_{w,P}$  = bewertetetes Schalldämm-Maß eines Bauteils, gemessen im Prüfstand mit genormter Flankenschallübertragung.

$R'_{w,B}$  = bewertetetes Schalldämm-Maß zwischen aneinander grenzenden Räumen mit Schallübertragung über flankierende Bauteile, gemessen am Bau.

$R'_{w,R}$  = Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes von Bauteilen für den rechnerischen Nachweis des Schallschutzes mit Schallübertragung über flankierende Bauteile. Sofern die mittlere flächenbezogene Masse  $m'_{L,Mittel}$  der flankierenden Bauteile von etwa  $300 \text{ kg/m}^2$  abweicht, müssen Korrekturwerte für das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  berücksichtigt werden (DIN 4109 Beiblatt 1 Abschnitt 3.2).

$R'_{w,res}$  = bewertetetes Bau-Schalldämm-Maß von zusammengesetzten Bauteilen, z. B. Wand mit Tür und/oder Fenster.

- erf.  $R'_{w}$  = nach DIN 4109 Tabelle 3 einzuhaltendes bewertetes Schalldämm-Maß für Wände, Decken, Treppen.  $R'_{w,R} \geq \text{erf. } R'_{w}$
- erf.  $R_w$  = nach DIN 4109 Tabelle 3 einzuhaltendes bewertetes Schalldämm-Maß für Türen, Fenster.  $R_{w,R} \geq \text{erf. } R_w$
- $L'_{n,w}$  = bewerteter Norm-Trittschallpegel mit Schallübertragung über flankierende Bauteile.
- erf.  $L'_{n,w}$  = nach DIN 4109 Tabelle 3 einzuhaltender Norm-Trittschallpegel für Decken.
- (TSM) = früher verwendete Bezeichnung (erf. TSM) für das Trittschallschutzmaß ( $L'_{n,w} = 63 \text{ dB} - \text{TSM}$ ).
- erf.  $R'_{w, \text{res}}$  = nach DIN 4109 Tabelle 8 einzuhaltendes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß von zusammengesetzten Bauteilen, z. B. Wand mit Tür und/oder Fenster

### 5.6.3 Ermittlung von $R'_{w,R}$ nach DIN 4109 aus der flächenbezogenen Masse der Bauteile

Das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  einschaliger Bauteile hängt von ihrer Bauteil-Rohdichte und der daraus errechneten flächenbezogenen Masse ab.

### Rechenwerte der Bauteil-Rohdichten in Abhängigkeit von der Rohdichteklasse nach DIN 4109 Beiblatt 1 Abschnitt 2.2.2.1

Art der Bauteile	Rechenwert der Bauteil-Rohdichte zur Bestimmung des Schalldämm-Maßes [kg/m <sup>3</sup> ]	
	bei Rohdichteklasse	
	0,50	0,55
HEBEL Dach- und Deckenplatten, HEBEL Wandplatten	450	500

Für die Berücksichtigung von Putzen sind nach DIN 4109 Beiblatt 1 Tabelle 4 folgende flächenbezogenen Massen anzunehmen:

Putzdicke mm	flächenbezogene Masse von	
	Kalkgipsputz Gipsputz kg/m <sup>2</sup>	Kalkputz Kalkzementputz Zementputz kg/m <sup>2</sup>
10	10	18
15	15	25
20	-	30

In DIN 4109 Beiblatt 1 Tabelle 1 können die Schalldämm-Maße von einschaligen biegesteifen Wänden in Abhängigkeit von ihrer flächenbezogenen Masse direkt abgelesen werden.

In Fußnote 2 dieser Tabelle ist darauf hingewiesen, dass aufgrund von Messergebnissen bei oberflächenbehandelten Wänden aus Porenbeton mit einer flächenbezogenen Masse bis zu 250 kg/m<sup>2</sup> das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  um 2 dB höher angesetzt werden kann (s. nachfolgende Tabelle).

**Bewertetes Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  von einschaligen biegesteifen Wänden nach DIN 4109**  
Beiblatt 1 Tabelle 1

flächen- bezogene Masse $\text{kg/m}^2$	bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$	
	DIN 4109 dB	Porenbeton* dB
85	34	36
90	35	37
95	36	38
105	37	39
115	38	40
125	39	41
135	40	42
150	41	43
160	42	44
175	43	45
190	44	46
210	45	47
230	46	48
250	47	49
270	48	48
295	49	49
320	50	50
350	51	51
380	52	52
410	53	53
450	54	54
490	55	55
530	56	56
580	57	57

\* Für HEBEL Porenbeton-Bauteile wurde beim bewerteten Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  der Bonus von +2 dB eingerechnet. Maximale flächenbezogene Masse für HEBEL Montagebauteile:  $201 \text{ kg/m}^2$

Diese Tabelle gilt für flankierende Bauteile mit einer mittleren flächenbezogenen Masse von etwa  $300 \text{ kg/m}^2$ . Weitere Bedingungen für die Gültigkeit der Tabelle siehe Beiblatt 1 Abschnitt 3.1; bei flankierenden Bauteilen mit weniger als  $300 \text{ kg/m}^2$  mittlerer flächenbezogener Masse ist Beiblatt 1 Abschnitt 3.2 zu beachten. Dort sind Korrekturwerte  $K_{L,1}$  und  $K_{L,2}$  festgelegt, die bei den in der Tabelle angegebenen Schalldämm-Maßen  $R'_{w,R}$  zu berücksichtigen sind, wenn die mittlere flächenbezogene Masse von etwa  $300 \text{ kg}$  abweicht.

Die Korrekturwerte können den folgenden Tabellen entnommen werden.

Korrekturwerte  $K_{L,2}$  für das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  trennender Bauteile mit biegeweicher Vorsatzschale, schwimmendem Estrich/Holzfußboden oder aus biegeweichen Schalen

Anzahl der flankierenden, biegeweichen Bauteile oder flankierenden Bauteile mit biegeweicher Vorsatzschale	$K_{L,2}$
1	+1
2	+3
3	+6

**Beispiel:**

Berechnung von  $R'_{w,R}$  einer einschaligen Konstruktion nach DIN 4109

HEBEL Wandplatten P 4,4-0,55;  $d = 250 \text{ mm}$   
nach DIN 4109 Beiblatt 1 Abschnitt 2.2.2.1 und  
Tabelle 2 Zeile 2

Flächenbezogene Masse der Wand:  
 $500 \text{ kg/m}^3 \times 0,25 \text{ m} = 125 \text{ kg/m}^2$

Ergibt nach DIN 4109  
Beiblatt 1 Tabelle 1 = 39 dB

Bonus lt. Fußnote 2 Tabelle 1  
oberflächenbehandelte Wand = 2 dB

bew. Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  41 dB

**Hinweis:**

Praxismessungen ergeben gegenüber der rechnerischen Ermittlung der Schalldämm-Maße nach DIN 4109 bei ähnlichen flächenbezogenen Massen deutlich bessere Werte, die um ca. 3 dB und mehr über den rechnerischen Werten liegen (s. Prüfzeugnisse der MPA Braunschweig Nr. 83 1141-1 bis -5 und Nr. 83 1151-1 und -2).

Korrekturwerte  $K_{L,1}$  für das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  von biegesteifen Wänden und Decken als trennende Bauteile nach DIN 4109 Beiblatt 1 Tabellen 1, 5, 8 und 12 bei flankierenden Bauteilen mit der mittleren flächenbezogenen Masse  $m'_{L, \text{Mittel}}$

Art des trennenden Bauteils	$K_{L,1}$ in dB für mittlere flächenbezogene Massen $m'_{L, \text{Mittel}}$ <sup>1)</sup> [kg/m <sup>2</sup> ]						
	400	350	300	250	200	150	100
Einschalige, biegesteife Wände und Decken nach Tabellen 1, 5 und 12, Spalte 2	0	0	0	0	-1	-1	-1
Einschalige, biegesteife Wände mit biegeweichen Vorsatzschalen nach Tabelle 8	+2	+1	0	-1	-2	-3	-4
Massivdecken mit schwimmendem Estrich oder Holzfußboden nach Tabelle 12, Spalte 3							
Massivdecken mit schwimmendem Estrich und Unterdecke nach Tabelle 12, Spalte 5							

<sup>1)</sup>  $m'_{L, \text{Mittel}}$  ist rechnerisch nach DIN 4109 Beiblatt 1 Abschnitt 3.2.2 zu ermitteln

## 5.6.4 Schutz gegen Außenlärm

Bei der Betrachtung des Außenlärms müssen alle Bauteile berücksichtigt werden, die die Außenhaut eines Gebäudes bilden:

- massive Außenwände
- Fenster, Türen und Tore
- Rollladenkästen und Lüftungsanlagen
- Dachkonstruktionen

### Anforderungen

Die Anforderungen an die Außenbauteile, die in DIN 4109 geregelt sind, werden nicht in einer Tabelle abgelesen, sondern individuell berechnet.

Einflussgrößen sind unter anderem:

- Verhältnis Außenwandfläche zu Raumfläche
- Flächenverhältnis der unterschiedlichen Außenbauteile (z. B. Fensterflächenanteil)
- Bebauungsart
- Raumart und Nutzung

Je nach Art des Lärms wird unterschieden zwischen:

- Straßenverkehrslärm
- Schienenverkehrslärm
- Fluglärm

- Wasserverkehrslärm
- Gewerbe- und Industrielärm

Die Anforderungen an das erforderliche resultierende Schalldämm-Maß von Außenbauteilen werden unterschieden nach der Raumnutzung (s. Tabelle S. 161):

- Bettenräume in Krankenhäusern (hohe Anforderungen)
- Aufenthaltsräume in Wohnungen (mittlere Anforderungen)
- Büroräume (geringe Anforderungen)

Der Maßgebliche Außenlärmpegel darf an der schallabgewandten Gebäudeseite reduziert werden:

- bei offener Bebauung um -5 dB
- bei geschlossener Bebauung um -10 dB

### Nachweise

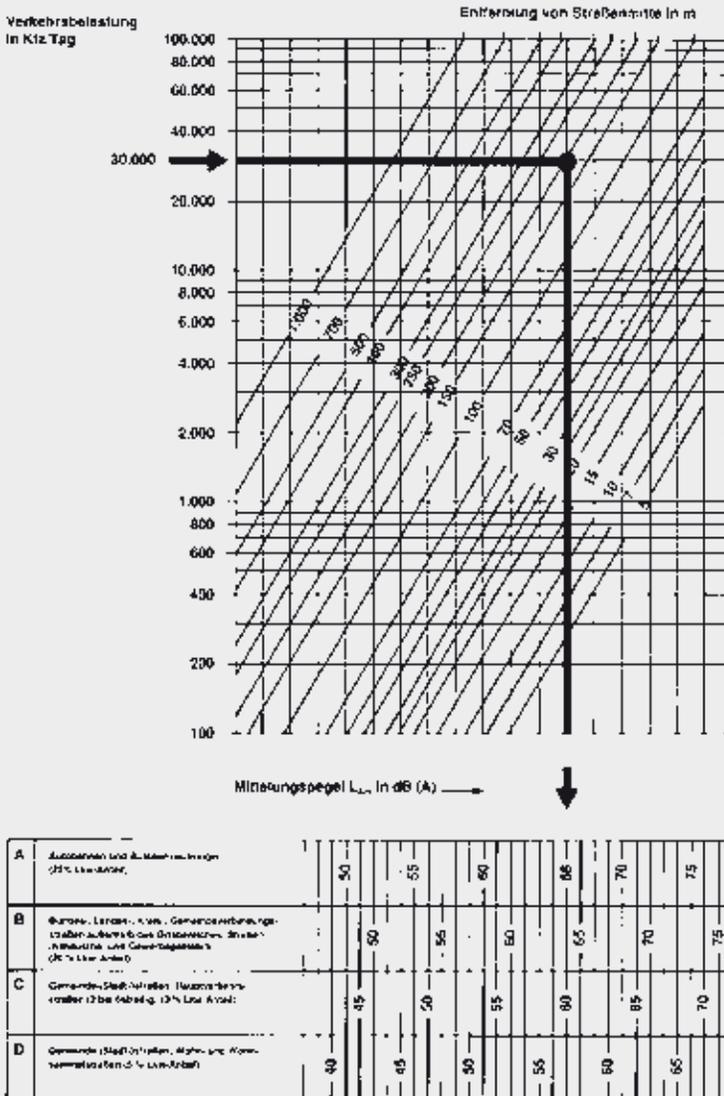
Ermittlung des Maßgeblichen Außenlärmpegels bzw. des Lärmpegelbereiches, der die Anforderungen an das resultierende Schalldämm-Maß von Außenbauteilen festlegt und sich nach der Ausrichtung des Bauwerks zur Lärmquelle richtet.

## Straßenverkehrslärm

- genaues Verfahren nach RLS 90 („Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen“ aus dem Jahre 1990, herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr)
- Näherungsverfahren unter Anleitung der DIN 18005-1

- DIN 4109 mit Korrekturen für bestimmte Straßensituationen
- Straßenverkehrslärmkarten oder sonstige landesrechtliche oder kommunale Verwaltungsvorschriften mit messtechnischer Lärmerfassung

5



Nomogramm zur Ermittlung des Maßgeblichen Außenlärmpegels vor Hausfassaden für typische Straßenverkehrssituationen.

## Schienerverkehrslärm

- genaues Verfahren nach Schall 03 („Richtlinie zur Berechnung der Schallemission von Schienenwegen“)
- Berechnung nach DIN 18005-1 mit messtechnischer Lärmerfassung

## Fluglärm

- Unterscheidung nach Fluglärmgesetz bzw. Fluglärmverordnung:  
Zone I: mit äquivalentem Dauerschallpegel > 75 dB(A)  
Zone II: mit äquivalentem Dauerschallpegel zwischen 65 bis 75 dB(A)
- ggf. messtechnische Lärmerfassung

## Wasserverkehrslärm

- Berechnung nach DIN 18005-1 mit messtechnischer Lärmerfassung

## Gewerbe- und Industrielärm

- Bundesimmissionsschutzgesetz
- TA Lärm mit Immissions-Richtwerten
- ggf. messtechnische Lärmerfassung

## 5.6.5 Außenwände

Zur Bestimmung des Maßgeblichen Außenlärmpegels werden Berechnungen und messtechnische Methoden vornehmlich nach DIN 18 005 eingesetzt, die abhängig sind von der Art der Lärmquelle, z. B. aus Straßenverkehr, Schienen- und Flugverkehr oder Gewerbe.

Ist der Maßgebliche Außenlärmpegel festgestellt, wird mit Tabelle 8 aus DIN 4109 das erforderliche resultierende Schalldämm-Maß  $R'_{w,res}$  der Außenwand unter Berücksichtigung der Fensterflächenanteile nachgewiesen.

### Erforderliches resultierendes Schalldämm-Maß von Außenbauteilen – Wände

Lärmpegelbereich	Maßgeblicher Außenlärmpegel	Raumarten		
		Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien	Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsräume und Ähnliches	Büroräume <sup>1)</sup> und Ähnliches
erf. $R'_{w,res}$ des Außenbauteils [dB]				
I	bis 55	35	30	–
II	56 bis 60	35	30	30
III	61 bis 65	40	35	30
IV	66 bis 70	45	40	35
V	71 bis 75	50	45	40
VI	76 bis 80	2)	50	45
VII	über 80	2)	2)	50

Gemäß DIN 4109 Tabelle 8.

- <sup>1)</sup> An Außenbauteile von Räumen, bei denen der eindringende Außenlärm aufgrund der in den Räumen ausgeübten Tätigkeiten nur einen untergeordneten Beitrag zum Innenraumpegel leistet, werden keine Anforderungen gestellt.
- <sup>2)</sup> Die Anforderungen sind hier aufgrund der örtlichen Gegebenheiten festzulegen.

## Anforderungen

Die Anforderungen an Außenbauteile, die in DIN 4109 geregelt sind, werden nicht in einer Tabelle abgelesen, sondern individuell berechnet.

Einflussgrößen sind unter anderem:

- Verhältnis der Außenwandfläche zur Raumfläche
- Flächenverhältnis der unterschiedlichen Außenbauteile (z. B. Fensterflächenanteil)
- Bebauungsart
- Raumart und Nutzung

Je nach Art des Lärms wird unterschieden zwischen:

- Straßenverkehrslärm
- Schienenverkehrslärm
- Fluglärm
- Wasserverkehrslärm
- Gewerbe- und Industrielärm

## Nachweise: Außenwände einschalig

Das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  für den Schallschutznachweis einschaliger Außenwände wird entsprechend ihrer flächenbezogenen Masse aus DIN 4109 Beiblatt 1 Tabelle 1 entnommen. (Tabellen zur Ermittlung der flächenbezogenen Masse, der dB-Werte sowie ein Rechenbeispiel s. Kapitel 5.6.3.)

Alternativ zur rechnerischen Ermittlung können die  $R'_{w,R}$ -Werte aus Prüfstandsmessungen oder Messungen am Bau übernommen werden.

## Hinweis

Außenseitig direkt aufgebrachte Zusatzdämmungen, z. B. Wärmedämmverbundsysteme, können je nach Konstruktion und verwendeten Materialien zur Verschlechterung oder auch zur Verbesserung der Schalldämmung führen. Sie sollten deshalb sorgfältig ausgewählt werden.

Im Gegensatz dazu führen vorgehängte Fassaden aufgrund umfangreicher Untersuchungen zu Verbesserungen der Schalldämmung bis zu +14 dB (s. Tabellen Seiten 163 und 164).

## Schalldämm-Maße $R'_{w,R}$ <sup>1)</sup> [dB] Rechenwert nach DIN 4109 Beiblatt 1 für einschalige Außenwände aus HEBEL Wandplatten, unter Berücksichtigung von 2 dB Bonus

Art der Bauteile	Rohdichteklasse	Rechenwert der Wandrohddichte nach DIN 4109 kg/m <sup>3</sup>	flächenbezogene Masse kg/m <sup>2</sup>					
			Schalldämm-Maße $R'_{w,R}$ dB					
			bei Bauteildicke [mm]					
			175	200	250	300	365	375
HEBEL Wandplatten	0,50	450	–	–	113	135	164	169
			–	–	40	42	44	44
	0,55	500	88	100	125	150	183	187,5
			36	38	41	43	45	45

<sup>1)</sup> Gültig für flankierende Bauteile mit einer mittleren flächenbezogenen Masse von etwa 300 kg/m<sup>2</sup>. Weitere Bedingungen für die Gültigkeit der Tabelle siehe Beiblatt 1 Abschnitt 3.1; bei flankierenden Bauteilen mit weniger als 300 kg/m<sup>2</sup> mittlerer flächenbezogener Masse beachte Beiblatt 1 Abschnitt 3.2.

### Nachweise: Außenwände mit vorgehängten hinterlüfteten Außenwandbekleidungen

Bei der Ermittlung des bewerteten Schalldämm-Maßes  $R'_{w,R}$  wird bei Wänden mit vorgehängten hinterlüfteten Außenwandbekleidungen nur die flächenbezogene Masse der inneren Wandschale (nach DIN 4109 Beiblatt 1 Abschnitt 10.1.1) berücksichtigt, wenn kein am Bau gemessenes Schalldämm-Maß vorliegt.

Die Ingenieurgesellschaft für Technische Akustik mbH (ita), Wiesbaden, hat von den oben genannten Außenwandbekleidungen in Verbindung mit Porenbetonwänden zahlreiche Schalldämm-Maße ermittelt. Dabei konnten Verbesserungen bis zu 14 dB im Vergleich zur unbedeckten Wand erreicht werden. Die Ergebnisse sind in den nachstehenden Tabellen zusammengefasst.

### Schalldämmung einer Porenbetonwand mit vorgehängten hinterlüftbaren Fassadenelementen (nach Prüfzeugnissen der ita Wiesbaden/Stand: Juni 1994)

Fassadenhersteller	Vorgehängte Fassade	$R_{w,P}$ [dB]	$R_{w,R}$ [dB]	$R'_{w,R}$ * [dB]
	Nullwand Montagebauteile aus Porenbeton P 4,4-0,60 D = 200 mm, raumseitig 5 mm Dünnputz	44	42	42
Techno Ceram GmbH	8 mm dicke Techno Ceram-Fassadenelemente Typ Keralon-FB 8, horizontale Fugen offen, mit 120 mm dicken Mineralfaserplatten auf Aluminiumunterkonstruktion gemäß Zulassung Z-33.1-18	57	55	51
	8 mm dicke Techno Ceram-Fassadenelemente Typ Keralon-Quadro, horizontale Fugen offen, mit 60 mm dicken Mineralfaserplatten auf Aluminiumunterkonstruktion gemäß Zulassung Z-33.1-27	54	52	49
Vinylit Fassaden GmbH	6,2 mm dicke Vinylit-Fassade, Dekor Toscana, mit 60 mm dicken Mineralfaserplatten auf einer Holzunterkonstruktion	54	52	49
	wie vor, jedoch mit 120 mm dicken Mineralfaserplatten	54	52	49
	6,2 mm dicke Vinylit-Fassade, Quader mit Fase, mit 60 mm dicken Mineralfaserplatten auf einer Holzunterkonstruktion	53	51	49

\* Bei den  $R'_{w,R}$ -Werten handelt es sich um umgerechnete Werte nach DIN 4109 Beiblatt 3

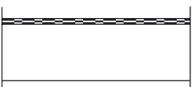
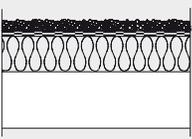
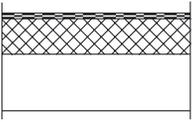
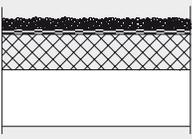
Fassadenhersteller	Vorgehängte Fassade	$R_{w,P}$ [dB]	$R_{w,R}$ [dB]	$R'_{w,R}$ * [dB]
Eternit AG	8 mm dicke Eternit-Fassadenelemente Typ Pelicolor, horizontale Fugen offen, mit 60 mm dicken Mineralfaserplatten auf Leichtmetallunterkonstruktion, System BWM	53	51	49
	wie vor, jedoch horizontale Fugen durch Fugenbleche mit Sicke hinterlegt	54	52	49
	8 mm dicke Eternit-Fassadenelemente Typ Pelicolor, horizontale Fugen offen, mit 120 mm dicken Mineralfaserplatten auf Leichtmetallunterkonstruktion, System BWM	54	52	49
	wie vor, jedoch horizontale Fugen durch Fugenbleche mit Sicke hinterlegt	55	53	50
	12 mm dicke Eternit-Fassadenelemente Typ Pelicolor, horizontale Fugen offen, mit 60 mm dicken Mineralfaserplatten auf Leichtmetallunterkonstruktion, System BWM	54	52	49
	wie vor, jedoch mit 120 mm dicken Mineralfaserplatten	58	56	51
	4,5 mm dicke Eternit-Fassadenelemente Typ Colorflex 60/30 mit 60 mm dicken Mineralfaserplatten auf einer Holzunterkonstruktion	55	53	50
	wie vor, jedoch mit 120 mm dicken Mineralfaserplatten	55	53	50
FEFA Fenster + Fassaden	0,8 mm dicke FEFA-Fassadenelemente Typ A 200 mit 60 mm dicken Mineralfaserplatten auf einer Leichtmetallunterkonstruktion, System BWM	51	49	48
	wie vor, jedoch mit 120 mm dicken Mineralfaserplatten	54	52	49
	0,6 mm dicke FEFA-Fassadenelemente Typ A 100 mit 40 mm dicken Polystrol-Hartschaumplatten	42	40	40
	wie vor, jedoch mit 60 mm dicken Polystrol-Hartschaumplatten	42	40	40

\* Bei den  $R'_{w,R}$ -Werten handelt es sich um umgerechnete Werte nach DIN 4109 Beiblatt 3

## 5.6.6 Dächer

Das HEBEL Dach bietet durch die Masse des Porenbetons als Innenschale und auch durch die geschlossene fugenfreie Konstruktion gute Schalldämmwerte gegen den Außenlärm.

### Vergleich von nach DIN 4109 gerechneten und gemessenen Schalldämmwerten von Dächern

Konstruktion	Konstruktionsaufbau	$R_{w,P}$	$R_{w,R}$	Bewertetes Schalldämm-Maß Rechenwert $R'_{w,R}$ nach DIN 4109	Bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$ abgeleitet aus Prüfergebnissen bzw. umgerechnet $R_{w,P} \rightarrow R'_{w,R}$ nach Beibl. 3 zu DIN 4109
		dB	dB	dB	dB
	Dachabdichtung ~10 <b>HEBEL Dachplatten</b> P 4,4-0,55 200	43 <sup>1)</sup>	41	39	40
	Kiesschüttung ~50 Dachabdichtung ~10 Mineralwolle 140 <b>HEBEL Dachplatten</b> P 4,4-0,55 200	-	-	47 <sup>2)</sup>	-
	Dachabdichtung ~10 MULTIPOR Mineraldämmplatten 140 <b>HEBEL Dachplatten</b> P 4,4-0,55 200	45 <sup>1)</sup>	43	40	42
	Kiesschüttung ~50 Dachabdichtung ~10 MULTIPOR Mineraldämmplatten 140 <b>HEBEL Dachplatten</b> P 4,4-0,55 200	45 <sup>1)</sup> + 6 <sup>3)</sup> = 51	49	44	42 + 6 <sup>3)</sup> = 48

<sup>1)</sup> Prüfwert aus Labormessung 2006 am ita Wiesbaden

<sup>2)</sup> linear extrapoliert aus Beiblatt 1 zu DIN 4109, Tabelle 12

<sup>3)</sup>  $\Delta R = 6$  dB aus der in Prüfungen aufgetretenen Differenz zwischen Porenbetonplatten mit und ohne Kiesschicht

## 5.6.7 Schallabsorption

Die Schallabsorption in einem Raum ist bestimmend dafür, wie „hallig“ ein Raum wirkt. Die Schallschluckung oder Schallabsorption tritt beim Reflexionsvorgang einer Schallwelle an einer Wand- oder Deckenoberfläche auf. Je nach Oberflächenbeschaffenheit wird dabei

mehr oder weniger Schallenergie in Wärme umgewandelt. Der frequenzabhängige Schallabsorptionsgrad  $\alpha$  wird definiert durch das Verhältnis:

$$\alpha = \frac{\text{nicht reflektierte Schallenergie}}{\text{auftreffende Schallenergie}}$$

Unbeschichtete HEBEL Montagebauteile besitzen aufgrund ihrer Oberflächenstruktur eine im Vergleich zu vollkommen glatten und „schallharten“ Oberflächen 5 bis 10 mal höhere Schallabsorption.

Dadurch eignet sich Porenbeton sehr gut zur Dämpfung des „Innenlärms“ von Industriebauten.

### Schallabsorptionsgrade verschiedener Materialien

Material	Schallabsorptionsgrad $\alpha$					
	bei Frequenz [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
Sichtbeton	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03
Kalkzementputz	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06
Porenbeton*	0,08	0,10	0,12	0,15	0,20	0,22
Stahltrapezblech	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03

\* laut Prüfzeugnis GS 205/82 des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik · IBP

### 5.6.8 Schallabstrahlung von Industriebauten

Zusammengestellt von  
 Dr. rer. nat. Heinz Dieter Gruschka  
 Dipl.-Ing. (FH) Günter Görner  
 DR. GRUSCHKA Ingenieurgesellschaft mbH  
 Beratende Ingenieure VBI  
 Lilienthalstraße 15, 64625 Bensheim

Im Industriebau und gewerblichen Bereich ist der innerbetriebliche Schallschutz und der Schallschutz benachbarter Gebäude (Wohngebäude) zu beachten.

Zulässige Schallpegelwerte in dB(A) sind in entsprechenden Vorschriften festgelegt.

#### Zulässige Innengeräuschpegel

(Arbeitsstättenverordnung, UVV Lärm)  
 Die Arbeitsstättenverordnung und die Unfallverhütungsvorschrift Lärm legen fest, dass bei einer Überschreitung eines Beurteilungs-

pegels  $L_r$  von 85 dB(A) eine Gefährdung durch Lärm möglich ist, und dass Schallpegel über diesen Wert hinaus möglichst vermieden werden sollten. Der Unternehmer hat in diesem Fall persönliche Schallschutzmittel zur Verfügung zu stellen.

Wird in einem Arbeitsbereich ein Beurteilungspegel von 90 dB(A) erreicht oder überschritten, so liegt ein „Lärmbereich“ vor, welcher entsprechend zu kennzeichnen ist und in dem Lärmschutzmaßnahmen getroffen werden müssen.

#### Zulässige Außenlärmpegel

(TA-Lärm)

Maßgebend ist der Beurteilungspegel  $L_r$  nach TA Lärm. Der Beurteilungspegel  $L_r$  ist ein Maß für die durchschnittliche Geräuschimmission während der Beurteilungszeit  $T_r$ . Er setzt sich zusammen aus dem äquivalenten Dauerschallpegel  $L_{eq}$  und Zuschlägen für Ruhezeiten, sowie Einzelton- und Impulshaltigkeit.

## Immissionsrichtwerte für Anlagengeräusche nach TA-Lärm, Schallpegelwerte in dB(A)

Einwirkungsort, Baugebiet	Beurteilungspegel	
	$L_r$	
	Tag	Nacht
	Schallpegelwerte dB(A)	
Reines Wohngebiet (WR)	50	35
Allg. Wohngebiet (WA) Kleinsiedlungsgebiet (WS)	55	40
Mischgebiet (MI) Kerngebiet (MK) Dorfgebiet (MD)	60	45
Gewerbegebiet (GE)	65	50
Industriegebiet (GI)	70	70

Die in der Tabelle angegebenen Schallpegelwerte kennzeichnen die Immissionen von Anlagengeräuschen, welche nicht überschritten werden sollen.

### Schallpegel in Werkhallen

Der Innengeräuschpegel einer Werkhalle hängt u. a. von den vorhandenen Schallquellen (z. B. Maschinen) und vom Schallabsorptionsvermögen der Oberfläche im Raum ab. Je höher die Schallabsorption im Raum, desto niedriger ist bei vorgegebener Schalleistung der Halleninnenpegel. Der von einer Geräuschquelle im Inneren einer Halle erzeugte Schallpegel setzt sich zusammen aus dem Direktschallpegel  $L_{dir}$  und dem Diffusschallpegel  $L_{diff}$ . Im Bereich des Direktschallfeldes im Nahbereich der Geräuschquelle nimmt der Schallpegel mit zunehmendem Abstand ab wie bei entsprechender Schallausbreitung im Freien.

Außerhalb des Direktschallfeldes wird durch Schallreflexionen an den Raumbegrenzungsflächen ein Schallfeld erzeugt, welches unabhängig vom Abstand zur Schallquelle einen im Mittel zeitlich und räumlich konstanten Wert besitzt. Dieses Schallfeld mit im Idealfall konstanter Energiedichte wird als diffuses Schallfeld  $L_{diff}$  bezeichnet.

Der Schallpegel im Diffusfeld hängt vom Schallabsorptionsgrad der Oberflächen im Raum ab.

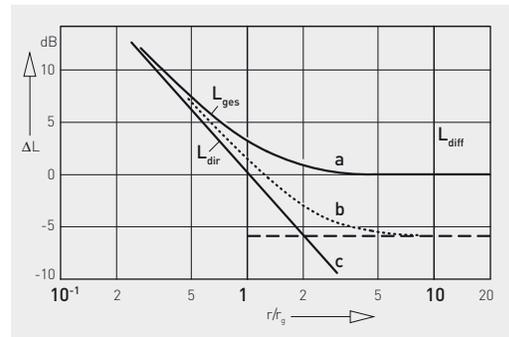
Der Bereich des Direktschallfeldes  $L_{dir}$  in der Nähe der Schallquelle ist dagegen nur unabhängig von der abgestrahlten Schalleistung.

Der Abstand einer Geräuschquelle, in dem der Direktschallpegel bis auf den Wert des Schallpegels im Diffusfeld abgesunken ist, wird als Grenzradius (Hallradius) bezeichnet und ist formelmäßig bestimmt durch:

$$r_g = 0,057 \sqrt{\frac{V}{T}}$$

$V$  ist das Raumvolumen in  $m^3$  und  $T$  die Nachhallzeit in sec. Die Nachhallzeit ist per Definition die Zeitspanne, in welcher der Schallpegel in einem Raum nach Abschalten einer Schallquelle um 60 dB abfällt.

### Schallpegelverlauf in einem Raum in Abhängigkeit von der Entfernung von der Schallquelle



- a) ursprünglicher Zustand
- b) Zustand nach Vergrößerung des Schallabsorptionsvermögens
- c) Abnahme des Direktschalls (freies Schallfeld: 6 dB je Entfernungsverdopplung)
- $r$  Entfernung von der Schallquelle
- $r_g$  Grenzradius

### Schallpegelminderung durch Schallabsorption

Der Halleninnenpegel kann bei Kenntnis der Schalleistungspegel  $L_w$  der Geräuschquellen und der Schallabsorptionseigenschaften der raumumschließenden Bauteile näherungsweise berechnet werden. Die Berechnungen sind in der Regel frequenzabhängig durchzuführen.

Es gilt:

$$L_{\text{diff}} \approx L_w - 10 \log A + 6 \quad [\text{dB}]$$

Darin ist  $A$  die äquivalente Schallabsorptionsfläche des Raumes in  $\text{m}^2$  bei der jeweiligen Terzmittenfrequenz.  $A$  kennzeichnet das Schallabsorptionsvermögen der Oberflächen im Raum und stellt diejenige Modellfläche dar, die vollständig absorbiert.

Das Schallabsorptionsvermögen einer Oberfläche wird physikalisch durch ihren Schallabsorptionsgrad  $\alpha$  beschrieben. Er ist das Verhältnis der nicht reflektierten zur auftreffenden Schallenergie und liegt zwischen  $\alpha = 0$  (vollständige Reflexion) und  $\alpha = 1$  (vollständige Absorption).

Die äquivalente Schallabsorptionsfläche wird mittels Messung der Nachhallzeit in der Halle mit dem Volumen  $V$  bestimmt durch:

$$A = 0,163 \frac{V}{T} \quad (T \text{ in sec und } V \text{ in } \text{m}^3)$$

Die äquivalente Absorptionsfläche kann auch rechnerisch unter Berücksichtigung der Luftabsorption abgeschätzt werden mit:

$$A = \sum_i \alpha_i \cdot S_i + 4 mV$$

Dabei ist  $\alpha_i$  der Schallabsorptionsgrad der Teilfläche  $S_i$ , und  $m$  ist die Absorptionskonstante der Luft. Die in einem Raum erzielbare Schallpegelminderung durch Vergrößerung der Schallabsorptionsfläche von  $A_1$  auf  $A_2$  ergibt sich aus:

$$\Delta L = 10 \log \left( 1 + \frac{\Delta A}{A_1} \right) [\text{dB}] \text{ mit } \Delta A = A_2 - A_1$$

Beispiel:

Eine um den Faktor 2 vergrößerte äquivalente Schallabsorptionsfläche bedeutet eine Schallpegelminderung von  $\Delta L = 3 \text{ dB}$ .

## Schallausbreitung in Werkhallen aus Porenbeton

In großen Hallen (z. B. Werkhallen mit verteilten Geräuschquellen) hängt die Schallpegelabnahme neben dem Abstand von der Geräuschquelle entscheidend von den in der Halle vorhandenen Schallabsorptionsflächen und von der Geometrie der Halle ab.

Für große Hallen mit Wand- und Dachflächen aus HEBEL Montagebauteilen kann näherungsweise mit der folgenden abstandsbedingten Schallpegelabnahme gerechnet werden: 2,5 dB pro Abstandsverdoppelung.

Beispiel:

Für eine Maschine wird in einem Abstand von 5 m vom Mittelpunkt ein Schallpegel von 85 dB(A) gemessen. In 20 m Abstand beträgt der Schallpegelanteil dieser Geräuschquelle ca. 80 dB(A) und in 80 m Abstand ca. 75 dB(A).

Eine höhere Schallpegelabnahme läßt sich durch den Einbau zusätzlicher Schallabsorptionsflächen erzielen.

## Schallabstrahlung nach außen

Der Schallpegel in einer Entfernung  $s$  [m] von der schallabstrahlenden Außenfläche (Wand, Dach) einer Werkhalle errechnet sich nach Richtlinie VDI 2571 gemäß folgender Formel (Rechnung mit Mittelwerten, überschlägiges Verfahren):

$$L_s = L_i - R'_w - 4 - \Delta L_s - \Delta L_z + \Delta L_r \quad [\text{dB(A)}]$$

- $L_s$  Schallpegel der schallabstrahlenden Fläche am Immissionsort im Abstand  $s_m$  [m]
- $L_i$  Mittlerer Schalldruckpegel im Inneren des Gebäudes vor der schallabstrahlenden Fläche [dB(A)]
- $R'_w$  Bewertetes Schalldämm-Maß der Wand bzw. des Daches [dB]
- $\Delta L_s$  Abstandsmaß (durch den Abstand bedingte Pegelabnahme) [dB]
- $\Delta L_z$  Abschirmmaß für das betrachtete Bauteil (siehe Tabelle) [dB]
- $\Delta L_r$  Zuschlag für Reflexionen am Boden [dB(A)]

### Ermittlung des Abstandsmaßes $\Delta L_s$

(nach VDI 2571, Abs. 3.3.1)

Pegelabnahme als Funktion des Abstands  $s_m$  vom Mittelpunkt eines Bauteiles und seiner Fläche  $S$ :

$$\Delta L_s = 10 \lg 2 \pi s_m^2 / S \quad [\text{dB}]$$

### Ermittlung des Abschirmmaßes $\Delta L_z$

(nach VDI 2571, Abs. 3.4.2)

Gebäudefläche	$\Delta L_z$ [dB]
Stirnwand	0
Seitenwand	5
Dach	5
Rückwand	20

### Zuschlag $\Delta L_z$

(nach VDI 2571, Abs. 3.3.1)

Bei Außenwänden (Abstrahlung in den Viertelraum) sind die errechneten Schallpegel um 3 dB(A) zu erhöhen.

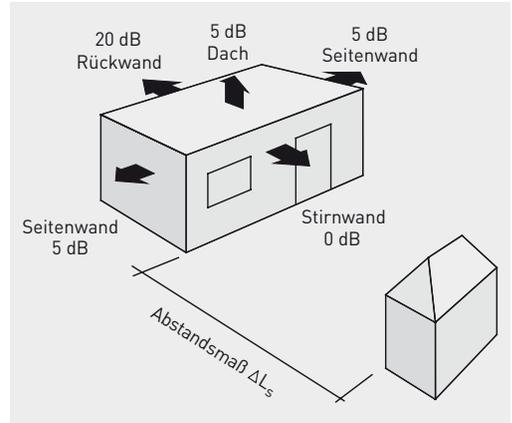
### Berechnung des Gesamtschalldruckpegels $L_{\Sigma}$

Der Gesamtschalldruckpegel  $L_{\Sigma}$  am Immissionsort in der Nachbarschaft ergibt sich aus den Schalldruckpegeln  $L_{s,i}$  der einzelnen Schallquellen bzw. Außenbauteilen durch energetische Addition nach:

$$L_{\Sigma} = 10 \lg \left\{ \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{s,i}} \right\} \quad [\text{dB(A)}]$$

### Literaturverzeichnis

- (1) DIN 4109, „Schallschutz im Hochbau“, Ausgabe November 1989
- (2) VDI 2571, „Schallabstrahlung von Industriebauten“, Ausgabe 1976



- (3) Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm), vom 26. August 1998, GMBL 1988 S. 503
- (4) UVV-Lärm, Unfallverhütungsvorschrift Lärm, November 1989, in der Fassung vom Januar 1997
- (5) ArbStättV, Arbeitsstättenverordnung, März 1975, zuletzt geändert durch Verordnung vom Dezember 1996
- (6) Forschungsbericht BM Bau, „Prüfverfahren zur Luftschalldämmung von Industriegebäuden“, Planungsbüro Dr. Gruschka VBI 1981
- (7) Modellrechnungen zur Schallabsorption von Hallen aus Gasbeton, Bericht Nr. 1267 vom 16.05.1983, Planungsbüro Dr. Gruschka VBI, Forschungsvereinigung Gasbetonindustrie Wiesbaden

### Beispiel:

Es ist zu prüfen, ob die zu erwartende Geräuschimmission der nachfolgend beschriebenen Werkhalle unter den Immissionsrichtwerten nach TA Lärm bleibt. Die Berechnung wird nach VDI 2571 für verschiedene Ausführungsvarianten der Außenbauteile durchgeführt. Bei der Ausführung mit Porenbeton wird zusätzlich der Einfluss der Schallabsorption im Hallenbereich aufgezeigt. Vorgaben und Annahmen:

- Abstand der Werkhalle zum nächstgelegenen Wohnhaus: 40 m
- Halleninnenpegel (Mittelwert nach VDI 2571, Anhang C: 95 dB(A)) (z. B. Schreinerei, Druckerei, Blechbearbeitung)

- Schallquelle in der Mitte der Halle entsprechend nachfolgender Lageskizze
- Ausführung der Außenbauteile siehe nachfolgende Tabellen
- Immissionsrichtwerte nach TA Lärm

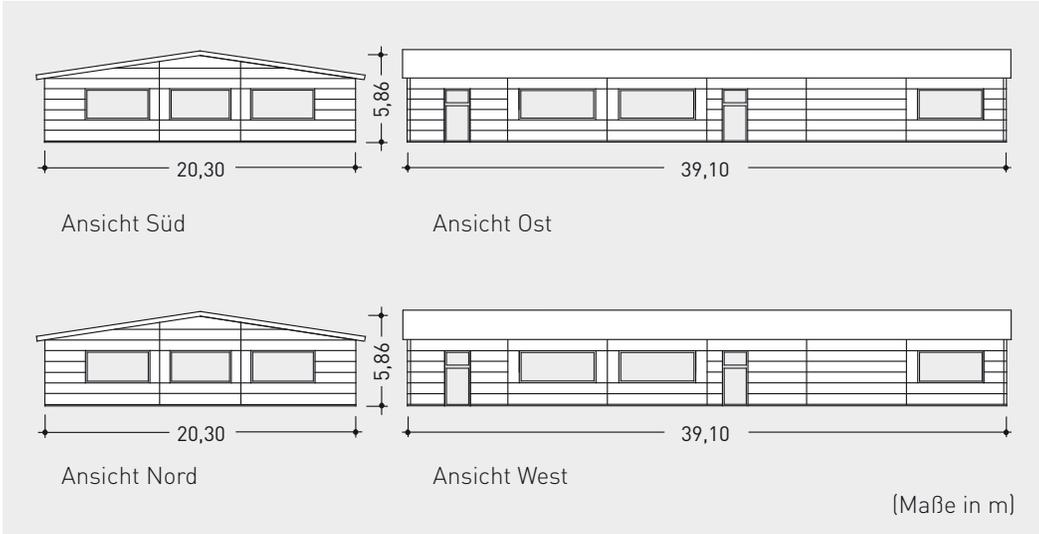
Die Fenster und Tore bestehen aus handelsüblichen Systemen.

Die auf den Seiten 172 ff wiedergegebenen Berechnungstabellen für den Modellfall Werkhalle verdeutlichen den generellen Berechnungsablauf und können als Vorlage für ähnliche Berechnungen herangezogen werden.

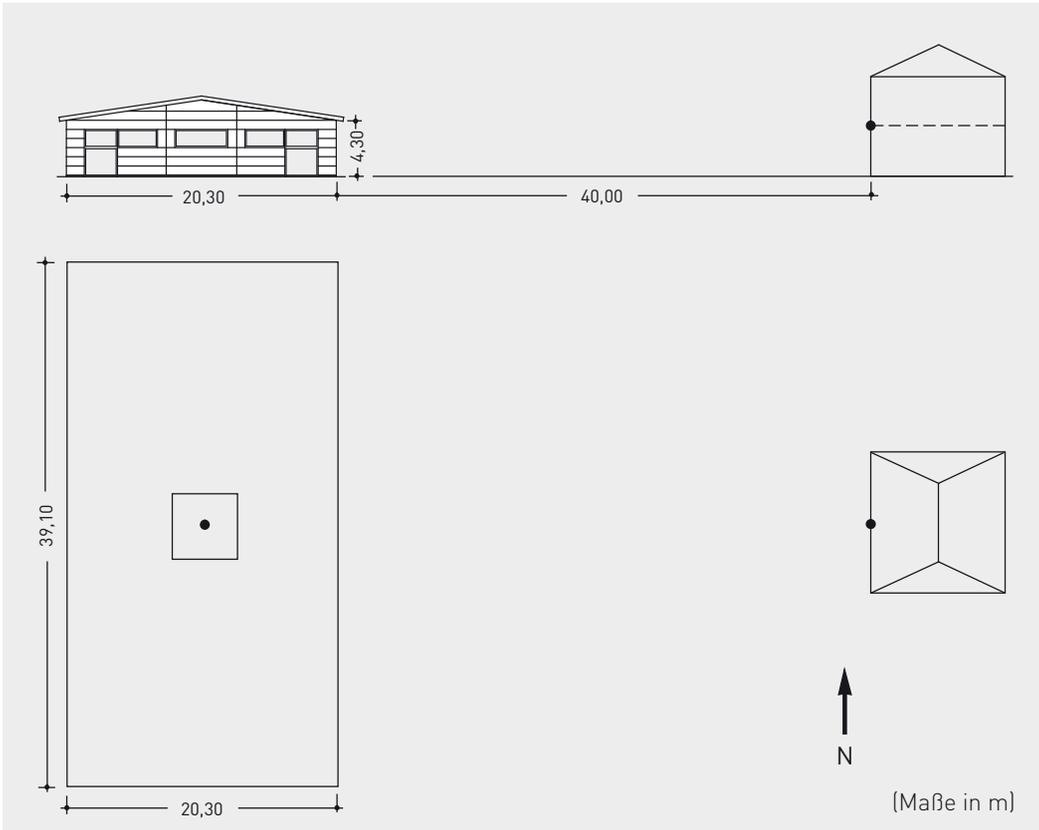
### Folgende Außenbauteile werden für die Modellrechnungen verwendet:

Außenwände	Dicke d mm	bewertetes Schalldämm-Maß $R'_w$ dB	Berechnungs- beispiel
HEBEL Wandplatten P 4,4-0,55	200	38	1A und 1B
Leichtholzlochziegel LHLz $\rho_s = 0,8 \text{ kg/dm}^3$	240	45	2
Leichtbauwände aus Stahltrapezblech mit Wärmedämmung zwischen den Blechschalen	200	41	3
Stahlbeton-Sandwichelemente	280 (8/6/14)	50	4

Dach	Dicke d mm	bewertetes Schalldämm-Maß $R'_w$ [dB]	Berechnungs- beispiel
HEBEL Dachplatten P 4,4-0,55	200	38	1A, 1B und 2
Stahltrapezblech mit Wärmedämmung	200	41	3
Stahlbeton-Massivdecke mit Wärmedämmung	150	54	4



Form der Werkhalle.



Lageskizze zur Modellrechnung.

## Berechnungsbeispiel 1A

Berechnung des A-Schalldruckpegels nach VDI 2571: Dach und Wände aus Porenbeton ( $\rho = 0,55 \text{ kg/dm}^3$ )  
(Schallabsorption nicht berücksichtigt)

Lfd. Nr.	Zeichen	Einheit	Bedeutung	Fundstelle in VDI 2571	Bauteil/Fassade																
					Dach			Ostfassade			Nordfassade			Westfassade			Südfassade				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17					
				Dach	Wand	Fenster	Tor geschl.	Tor offen	Wand	Fenster	Wand	Fenster	Tore	Wand	Fenster	Tore					
1	$L_1$	dB(A)	Halleninnenpegel		95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95					
2	$R'_w$	dB	bew. Schalldämm-Maß		38	37	32	20	0	37	32	37	32	37	32	20					
3	$dB(A)$		Korrekturmaß	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4					
4	$\Delta L_s$ (Ausgangsdaten in Zeilen 4 a., b)	dB(A)	Abstandsmaß bei Abstrahlung in den Halbraum	Abschn. 3.3.1, Gl. in Bild 2	12,9	19,0	24,8	31,3	31,3	23,1	27,8	22,5	28,8	32,8	23,4	30,5	29,4				
5	$\Delta L_1$	dB(A)	Korrektur für Abstrahlung in den Viertelraum	Abschn. 3.3.1	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
6	$\Delta L_2$	dB(A)	Abschirmmaß	Abschn. 3.4, 3.4.1	5	0	0	0	0	5	5	20	20	20	5	5	5				
7	$L_s$	dB(A)	Schallpegel am Immissionsort durch Abstrahlung vom Bauteil	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b $L_s = L_1 - R'_w - 4 - \Delta L_s - \Delta L_2 + \Delta L_1$	35,1	38,0	37,2	42,7	62,7	28,9	29,2	14,5	13,2	21,2	28,6	26,5	39,6				
8	$L_3$	dB(A)	<b>Gesamtschallpegel</b>	Abschn. 3.5.1, Gl. 12	<b>46,6 dB(A) bei geschlossenem Tor 62,7 dB(A) bei geöffnetem Tor</b>																
4 a	$s_m$	m	Abstand Bauteil-Aufpkt.	Lageplan	50	40	40	40	40	50	50	60	60	60	50	50	50				
4 b	S	m <sup>2</sup>	Fläche des Bauteiles	Pläne (Skizze) der Halle	803	127,7	33,0	7,4	7,4	77,1	26,0	126,1	30,0	12,0	71,1	14,0	18,0				

### Berechnungsbeispiel 1B

Berechnung des A-Schalldruckpegels nach VDI 2571: Dach und Wände aus Porenbeton ( $\rho = 0,55 \text{ kg/dm}^3$ ) (Schallabsorption von Porenbeton  $\Delta L_i = -8 \text{ dB(A)}$ ) nach Dr. Gruschka

Lfd. Nr.	Zeichen	Einheit	Bedeutung	Fundstelle in VDI 2571	Bauteil/Fassade																
					Dach			Ostfassade			Nordfassade			Westfassade			Südfassade				
					Dach	Wand	Fenster	Tor geschl.	Tor offen	Wand	Fenster	Wand	Fenster	Wand	Fenster	Wand	Tore	Fenster	Tore		
1	$L_1$	dB(A)	Halleninnenpegel			87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	
2	$R'_w$	dB	bew. Schalldämm-Maß		37	37	32	20	0	37	32	37	32	37	32	37	32	37	32	37	
3	$\Delta L_3$	dB(A)	Korrekturmaß	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
4	$\Delta L_5$ (Ausgangsdaten in Zeilen 4 a., b)	dB(A)	Abstandsmaß bei Abstrahlung in den Halbraum	Abschn. 3.3.1, Gl. in Bild 2	12,9	19,0	24,8	31,3	31,3	23,1	27,8	22,5	28,8	32,8	23,4	30,5	29,4				
5	$\Delta L_1$	dB(A)	Korrektur für Abstrahlung in den Viertelraum	Abschn. 3.3.1	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
6	$\Delta L_2$	dB(A)	Abschirmmaß	Abschn. 3.4, 3.4.1	5	0	0	0	0	5	5	20	20	20	5	5	5	5	5	5	
7	$L_5$	dB(A)	Schallpegel am Immissionsort durch Abstrahlung vom Bauteil	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b $L_5 = L_1 - R'_w - 4 - \Delta L_3 - \Delta L_2 + \Delta L_1$	28,1	30,0	29,2	34,7	54,7	20,9	21,2	6,5	5,2	13,2	20,6	18,5	31,6				
8	$L_2$	dB(A)	<b>Gesamtschallpegel</b>	Abschn. 3.5.1, Gl. 12																	
4 a	$s_n$	m	Abstand Bauteil-Aufpkt.	Lageplan	50	40	40	40	40	50	50	60	60	60	50	50	50	50	50	50	
4 b	S	m <sup>2</sup>	Fläche des Bauteiles	Pläne (Skizze) der Halle	803	127,7	33,0	7,4	7,4	77,1	26,0	126,1	30,0	12,0	71,1	14,0	18,0	14,0	14,0	18,0	

## Berechnungsbeispiel 2

Berechnung des A-Schalldruckpegels nach VDI 2571: Wände aus Leichthochlochziegeln ( $\rho = 0,8 \text{ kg/dm}^3$  verputzt),  
Dach aus Porenbeton ( $\rho = 0,55 \text{ kg/dm}^3$ ) [Schallabsorption  $\Delta L_i = -5 \text{ dB(A)}$ ] nach Dr. Gruschka

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Bauteil/Fassade											
																		Dach			Ostfassade			Nordfassade			Westfassade		
Lfd. Nr.	Zeichen	Einheit	Bedeutung	Fundstelle in VDI 2571	Dach	Wand	Fenster	Tor geschl.	Tor offen	Wand	Fenster	Wand	Fenster	Tore	Wand	Fenster	Tore	Dach	Wand	Fenster	Wand	Fenster	Tore	Wand	Fenster	Tore			
1	$L_i$	dB(A)	Halleninnenpegel		90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90											
2	$R'_w$	dB	bew. Schalldämm-Maß		37	44	32	20	0	44	32	44	32	20	44	32	20	44											
3		dB(A)	Korrekturmaß	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4											
4	$\Delta L_s$ (Ausgangsdaten in Zeilen 4 a., b)	dB(A)	Abstandsmaß bei Abstrahlung in den Halbraum	Abschn. 3.3.1, Gl. in Bild 2	12,9	19,0	24,8	31,3	31,3	23,1	27,8	22,5	28,8	32,8	23,4	30,5	29,4												
5	$\Delta L_r$	dB(A)	Korrektur für Abstrahlung in den Viertelraum	Abschn. 3.3.1	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3												
6	$\Delta L_z$	dB(A)	Abschirmmaß	Abschn. 3.4, 3.4.1	5	0	0	0	0	5	5	20	20	20	5	5	5												
7	$L_s$	dB(A)	Schallpegel am Immissionsort durch Abstrahlung vom Bauteil	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b $L_s = L_i - R'_w - 4 - \Delta L_s - \Delta L_z + \Delta L_r$	31,1	26,0	32,2	37,7	57,7	16,9	24,2	2,5	8,2	16,2	21,5	34,6													
8	$L_z$	dB(A)	<b>Gesamtschallpegel</b>	Abschn. 3.5.1, Gl. 12														<b>41,0 dB(A) bei geschlossenem Tor</b>				<b>57,7 dB(A) bei geöffnetem Tor</b>							
4 a	$s_n$	m	Abstand Bauteil-Aufpkt.	Lageplan	50	40	40	40	40	50	50	60	60	60	50	50	50												
4 b	S	m <sup>2</sup>	Fläche des Bauteiles	Pläne (Skizze) der Halle	803	127,7	33,0	7,4	7,4	77,1	26,0	126,1	30,0	12,0	71,1	14,0	18,0												

### Berechnungsbeispiel 3

Berechnung des A-Schalldruckpegels nach VDI 2571: Dach und Wände aus 1 mm-Stahlblech (Doppeltrapezprofil mit Wärmedämmung) (Schallabsorption  $\Delta L_1 = -2 \text{ dB(A)}$ ) nach Dr. Gruschka

Lfd. Nr.	Zeichen	Einheit	Bedeutung	Fundstelle in VDI 2571	Bauteil/Fassade																
					Dach			Ostfassade			Nordfassade			Westfassade			Südfassade				
					Dach	Wand	Fenster	Tor geschl.	Tor offen	Wand	Fenster	Wand	Fenster	Wand	Fenster	Tore	Wand	Fenster	Tore		
1	$L_1$	dB(A)	Halleninnenpegel		93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	
2	$R'_w$	dB	bew. Schalldämm-Maß		41	41	32	20	0	41	32	41	32	41	32	20	41	32	20	20	
3		dB(A)	Korrekturmaß	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
4	$\Delta L_s$ (Ausgangswerten in Zeilen 4 a., b)	dB(A)	Abstandsmaß bei Abstrahlung in den Halbraum	Abschn. 3.3.1, Gl. in Bild 2	12,9	19,0	24,8	31,3	31,3	23,1	27,8	22,5	28,8	32,8	32,8	32,8	23,4	30,5	30,5	29,4	
5	$\Delta L_1$	dB(A)	Korrektur für Abstrahlung in den Viertelraum	Abschn. 3.3.1	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
6	$\Delta L_2$	dB(A)	Abschirmmaß	Abschn. 3.4, 3.4.1	5	0	0	0	0	5	5	20	20	20	20	20	5	5	5	5	
7	$L_s$	dB(A)	Schallpegel am Immissionsort durch Abstrahlung vom Bauteil	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b $L_s = L_1 - R'_w - 4 - \Delta L_s - \Delta L_2 + \Delta L_1$	30,1	32,0	35,2	40,7	60,7	22,9	27,2	8,5	11,2	19,2	22,6	24,5	22,6	24,5	24,5	37,6	
8	$L_3$	dB(A)	<b>Gesamtschallpegel</b>	Abschn. 3.5.1, Gl. 12	<b>43,9 dB(A) bei geschlossenem Tor 60,7 dB(A) bei geöffnetem Tor</b>																
4 a	$s_n$	m	Abstand Bauteil-Aufpkt.	Lageplan	50	40	40	40	40	50	50	60	60	60	60	60	50	50	50	50	
4 b	S	m <sup>2</sup>	Fläche des Bauteiles	Pläne (Skizze) der Halle	803	127,7	33,0	7,4	7,4	77,1	26,0	126,1	30,0	12,0	71,1	14,0	71,1	14,0	14,0	18,0	

Berechnungsbeispiel 4  
 Berechnung des A-Schalldruckpegels nach VDI 2571: Dach und Wände aus Stahlbeton  
 Schallabsorption vernachlässigbar)

Lfd. Nr.	Zeichen	Einheit	Bedeutung	Fundstelle in VDI 2571	Bauteil/Fassade																
					Dach			Ostfassade			Nordfassade			Westfassade			Südfassade				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17					
1	$L_1$	dB(A)	Halleninnenpegel		95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95					
2	$R'_w$	dB	bew. Schalldämm-Maß		54	50	32	20	0	32	50	32	20	50	32	20					
3	dB(A)		Korrekturmaß	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4					
4	$\Delta L_s$ (Ausgangsdaten in Zeilen 4 a., b)	dB(A)	Abstandsmaß bei Abstrahlung in den Halbraum	Abschn. 3.3.1, Gl. in Bild 2	12,9	19,0	24,8	31,3	31,3	27,8	22,5	28,8	32,8	23,4	30,5	29,4					
5	$\Delta L_r$	dB(A)	Korrektur für Abstrahlung in den Viertelraum	Abschn. 3.3.1	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
6	$\Delta L_2$	dB(A)	Abschirmmaß	Abschn. 3.4, 3.4.1	5	0	0	0	0	5	20	20	20	5	5	5					
7	$L_s$	dB(A)	Schallpegel am Immissionsort durch Abstrahlung vom Bauteil	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b $L_s = L_1 - R'_w - 4 \cdot \Delta L_s - \Delta L_2 + \Delta L_r$	19,1	25,0	37,2	42,7	62,7	15,9	29,2	13,2	21,2	15,6	26,5	39,6					
8	$L_2$	dB(A)	<b>Gesamtschallpegel</b>	Abschn. 3.5.1, Gl. 12	<b>45,4 dB(A) bei geschlossenem Tor 62,7 dB(A) bei geöffnetem Tor</b>																
4 a	$s_n$	m	Abstand Bauteil-Aufpkt.	Lageplan	50	40	40	40	40	50	60	60	60	50	50	50					
4 b	S	m <sup>2</sup>	Fläche des Bauteiles	Pläne (Skizze) der Halle	803	127,7	33,0	7,4	77,1	26,0	126,1	30,0	12,0	71,1	14,0	18,0					

## Berechnungsergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass der Immissions-schallpegel in der Nachbarschaft maßgeblich durch den Innengeräuschpegel der Werkhalle und durch die Schallabstrahlung der Fenster und Tore bestimmt wird. Die Schallabstrahlung der massiven Wand- und Dachflächen ist aufgrund der erheblich besseren Schalldämmung nur von geringem Einfluss auf das Ergebnis.

Durch die guten Schallabsorptionseigenschaften des Porenbetons ist der Geräuschpegel in der Werkhalle aus HEBEL Bauteilen am niedrigsten. Deshalb ergibt sich für diesen Fall der geringste Immissions-schallpegel in der Nachbarschaft. Die geringere Schalldämmung von Porenbeton wird durch das gute Schallabsorptionsvermögen des Baustoffes mehr als kompensiert.

L <sub>i</sub> Halleninnenpegel Mittelwert nach VDI 2571 Anhang C	95 dB(A) (Schreinerei, Blechbearbeitung, Druckerei)					
	Berechnungsbeispiel	1A	1B	2	3	4
$\Delta L$ Schallpegelminderung durch Absorption <sup>1)</sup>	nicht berücksichtig	<b>8 dB(A)</b> (Wand und Dach)	<b>5 dB(A)</b> (nur Dach)	<b>2 dB(A)</b> (Wand und Dach)	vernachlässigbar	
L <sub>i</sub> – $\Delta L$ tatsächlicher Halleninnenpegel (Mittelwert)	<b>95 dB(A)</b>	<b>87 dB(A)</b>	<b>90 dB(A)</b>	<b>93 dB(A)</b>	<b>95 dB(A)</b>	
Wandkonstruktion	200 mm HEBEL Wandplatten Rohdichteklasse 0,55		240 mm Mauerwerk aus LHLz, Rohdichtekl. 0,80, verputzt, +40 mm Wärmedämmung	Leichtbauelemente aus Stahltrapezblech, Wärmedämmung zwischen den Blechschalen	Sandwich-element 8/6/14 Rohdichteklasse 2,30	
R <sub>w</sub> <sup>2)</sup>	<b>37 dB</b>		<b>45 dB</b>	<b>41 dB</b>	<b>50 dB</b>	
Dachkonstruktion <sup>3)</sup>	200 mm HEBEL Dachplatten Rohdichteklasse 0,55		200 mm HEBEL Dachplatten Rohdichteklasse 0,55	Leichtbauelemente aus Stahltrapezblech +100 mm Wärmedämmung	150 mm Stahlbeton, Rohdichtekl. 2,30 +100 mm Wärmedämmung	
R <sub>w</sub> <sup>2)</sup>	<b>38 dB</b>		<b>38 dB</b>	<b>41 dB</b>	<b>54 dB</b>	
L <sub>2s</sub> Gesamtschallpegel in 50 m Entfernung	<b>47 dB(A)</b>	<b>39 dB(A)</b>	<b>41 dB(A)</b>	<b>44 dB(A)</b>	<b>46 dB(A)</b>	
Nach TA Lärm ausreichend für folgende Gebiete (tagsüber: 06.00 bis 22.00 Uhr)	reine Wohngebiete	Kur- und Krankenhausbereiche	Kur- und Krankenhausbereiche	Kur- und Krankenhausbereiche	reine Wohngebiete	
Immissionsrichtwerte <sup>4)</sup>	<b>50 dB(A)</b>	<b>45 dB(A)</b>	<b>45 dB(A)</b>	<b>45 dB(A)</b>	<b>50 dB(A)</b>	

<sup>1)</sup> Gutachten Nr. 1267 vom 16.5.1983 von Dr. Gruschka VBI

<sup>2)</sup> nach VDI 2571 (Aug. 1976) Bild 1 oder DIN 4109 Beiblatt 1

<sup>3)</sup> Dachabdichtung mit Bitumenbahnen oder Folie nach den Flachdachrichtlinien

<sup>4)</sup> TA Lärm





## **Wirtschaftlichkeit**

- 6.1 Wirtschaftlich, zeitgemäß und ökologisch bauen**
- 6.2 Wirtschaftlich planen**
- 6.3 Wirtschaftlich bauen**
- 6.4 Wirtschaftlich nutzen**
- 6.5 Wirtschaftlich instandhalten, umbauen und umnutzen**

## 6.1 Wirtschaftlich, zeitgemäß und ökologisch bauen

Bauen heißt investieren. Die Investition beginnt mit der Planung und der richtigen Auswahl des Bausystems und des Baustoffs.

Das HEBEL Bausystem sorgt in ganz besonderem Maße für Wirtschaftlichkeit: nicht nur beim Bauen, sondern auch danach – bei der Nutzung, beim Unterhalt, bei der Umnutzung und schließlich beim Rückbau.

### 6.1.1 Kostensparend bauen mit dem HEBEL Bausystem

#### Großformatiges massives Bauen

Mit kaum einem anderen Baustoff sind ähnlich einfache und sichere massive Konstruktionen möglich wie mit Porenbeton. Das HEBEL Bausystem stellt eine komplette, aufeinander abgestimmte Palette von Bauelementen für den Rohbau zur Verfügung.

Großformatige Bauteile ermöglichen effektives, wirtschaftliches Bauen bei größtmöglicher Planungsflexibilität und -sicherheit.

#### Transparente, transluzente und opake Bauteile

Im Industrie- und Verwaltungsbau ist derzeit ein Trend in Richtung Glasfassade festzustellen. Es ist angenehm, in lichten, hellen Räumen bei Tageslicht zu arbeiten. Häufig erfordern die Arbeitsbedingungen jedoch eine Klimatisierung, und die Bildschirmarbeit verlangt nach Abschattung bzw. Verdunkelung der Räume.

In fast allen Fällen, in denen aus optischen Gründen durchgängige Glasfassaden vorgesehen sind, werden durch Aufkleben von Folien oder durch Bedrucken aus den transparenten Gläsern transluzente Elemente gemacht. Spätestens hier stellt sich die Frage nach der Wirtschaftlichkeit solcher Maßnahmen.

Es ist wesentlich kostengünstiger, in den Bereichen, in denen Glas nicht notwendig ist, hoch wärmedämmende opake Bauteile wie HEBEL



Bis zu 8,00 m lange HEBEL Wandplatten für rationellen Montagebau.

Wandplatten zu verwenden. Sie sind bereits in der Anschaffung erheblich kostengünstiger und sorgen darüber hinaus für eine weitaus bessere Wärmedämmung und Schallabsorption. Die Investitionskosten betragen bei HEBEL Wandplatten im Normalfall nur ein Fünftel der Kosten für Glasfassaden. Auch die Folgekosten für Heizung, Reinigung, Glasbruch und dergleichen sind sehr viel niedriger.

Der Klimatisierungsaufwand, insbesondere für den sommerlichen Wärmeschutz, wird auf niedrigstes Niveau gesenkt. Dadurch wird der Energieverbrauch geringer und es entsteht eine niedrigere CO<sub>2</sub>-Belastung.

#### Branchenspezifische Vorteile von Porenbeton

Jede Branche hat ihre Besonderheiten und häufig auch ihre speziellen Anforderungen an ein Gebäude. Abgesehen von den statischen Notwendigkeiten, die natürlich erfüllt werden müssen, werden in einigen Branchen besonders hohe bauphysikalische Anforderungen an das Gebäude gestellt.

Druckereien oder Papierhandelsbetriebe benötigen konstante Luftfeuchtigkeit. In Bäckereien darf sich auf keinen Fall Kondenswasser niederschlagen. In Möbelhäusern soll empfindliche Ausstellungs- und Lagerware geschützt werden. Und bei Fertigungsbetrieben muss die Schallabsorption der Gebäudehülle den allgemeinen Lärmpegel senken.

Bei all diesen exemplarisch angesprochenen Anforderungen bietet Porenbeton eine wirtschaftliche Lösung. Unterlagen dazu können bei Xella Aircrete Systems oder im Internet unter [www.hebel.de](http://www.hebel.de) angefordert werden.

### Nachhaltig Bauen

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 6. Oktober 1996 verpflichtet den Hersteller von Baustoffen und Bauteilen, sein Material zurückzunehmen und wieder in den Wirtschaftskreislauf einzubringen. Die Porenbeton-Werke von Xella Aircrete Systems haben sich schon Jahre vorher bereit erklärt, ihre Produkte zurückzunehmen. Dies gilt sowohl für nicht mehr benötigtes Material von der Baustelle wie z. B. Abschnitte, als auch für bereits verbautes Material, das aus Abbruch stammt. Eine sortenreine Trennung ist jedoch erforderlich.

Die Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit der HEBEL Montagebauteile wird mit der Umweltproduktdeklaration nach ISO 14025 dokumentiert, in der aktuelle Daten zu Rohstoffen, Produktion, Nutzung etc. aufgeführt werden (s. Kapitel 1.4).

Xella Aircrete Systems ist Mitglied in der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen DGNB, deren Ziel es ist, Wege und Lösungen aufzuzeigen, die nachhaltiges Bauen ermöglichen. Die DGNB hat dazu ein Zertifizierungssystem entwickelt, mit dessen Hilfe Gebäude verschiedenster Art hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit bewertet werden können. Auch ein Gebäude aus HEBEL Montagebauteilen wurden bereits zertifiziert und erreichte mit dem DGNB-Zertifikat in Silber die zweithöchste Auszeichnung.

## 6.1.2 Dachplatten gehören zum System

Das massive Dach aus HEBEL Dachplatten beschleunigt den Baufortschritt durch zügige Montage. Trockene Verlegung mit Nut und Feder reduziert im Vergleich zu herkömmlichen Massivdächern die Feuchtigkeit im Bauwerk. Dadurch, dass kein Vergussmörtel nötig ist, werden Zeit und Material und damit Kosten gespart.

Ein weiterer wirtschaftlicher Vorteil ist die Montagemöglichkeit von Porenbeton auch bei schlechten Witterungsbedingungen.

Der Einbau von Abhängern in die Plattenfugen während der Montage ermöglicht in Gewerbebauten die spätere Anbringung von abgehängten Decken ohne Zusatzkonstruktionen wie Querriegel oder Bohrungen in den Dachelementen.

Der entscheidende Vorteil der HEBEL Dachplatten liegt in ihrem bauphysikalischen Verhalten, das sich besonders in der Feuchtigkeits- und Schallabsorption sowie beim sommerlichen Wärmeschutz zeigt. Unschlagbar ist Porenbeton hinsichtlich seines Brandschutzes (s. Kapitel 5.5).

## 6.1.3 Porenbeton kennt kaum Wärmebrücken

Porenbeton weist in alle Richtungen die gleiche Wärmeleitfähigkeit auf. Daher werden Wärmebrücken stark reduziert. Komplizierte Hilfskonstruktionen zur Reduzierung von Wärmebrücken sind beim Porenbeton nicht notwendig.

Im Berechnungsverfahren zur EnEV 2009 dürfen Konstruktionen aus Porenbeton ohne weiteren Nachweis als gleichwertig mit den Musterlösungen nach DIN 4108 Beiblatt 2 eingestuft werden. Die Wärmedurchgangskoeffizienten der Umfassungsfläche sind deshalb nur um  $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  zu erhöhen statt um  $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  bei Konstruktionen, die nicht als gleichwertig beurteilt werden.

## 6.1.4 Glatte Bauteile für glatte Anschlüsse und dichte Übergänge

Die Energieeinsparverordnung fordert die Luftdichtheit von Gebäuden. Jeder Bauschaffende weiß, dass bei allen Bauvorhaben die Übergänge und Anschlüsse Problemzonen darstellen.

Der Anschluss von glatten Bauteilen, bei denen auch eine entsprechende Auflagerbreite und -tiefe vorhanden ist, ist einfacher und damit wirtschaftlicher herzustellen als bei gewellten oder profilierten Leichtbauelementen.

Dabei stellen die Materialien selbst nicht die Schwierigkeit dar, sondern die Verbindungen untereinander an den Stößen, z. B. bei Ortgang, Traufe, First, Fensteröffnungen ...



HEBEL Dach- und Deckenplatten liegen nahezu fugenlos auf Porenbeton-Wänden.

## 6.2 Wirtschaftlich planen

### 6.2.1 Schnelle und kostengünstige Erstellung von Hallenbauten im Achsraster

Am wirtschaftlichsten lassen sich Außenwände aus HEBEL Wandplatten errichten, wenn ein festes Achsraster der Tragkonstruktion zugrunde liegt.

HEBEL Wandplatten werden im Achsraster von 6,00 m zu Wandfeldern zusammengefasst. Die Systemlänge der Bauteile von 6,00 m ist unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten die optimale Lösung.

Die Wandfelder können sowohl geschlossen sein, als auch mit Öffnungen verschiedenster Art versehen werden, z. B. für Türen, Tore, Fenster oder Lichtbänder.

Das modulare System der HEBEL Wandplatten bringt drei große Vorteile:

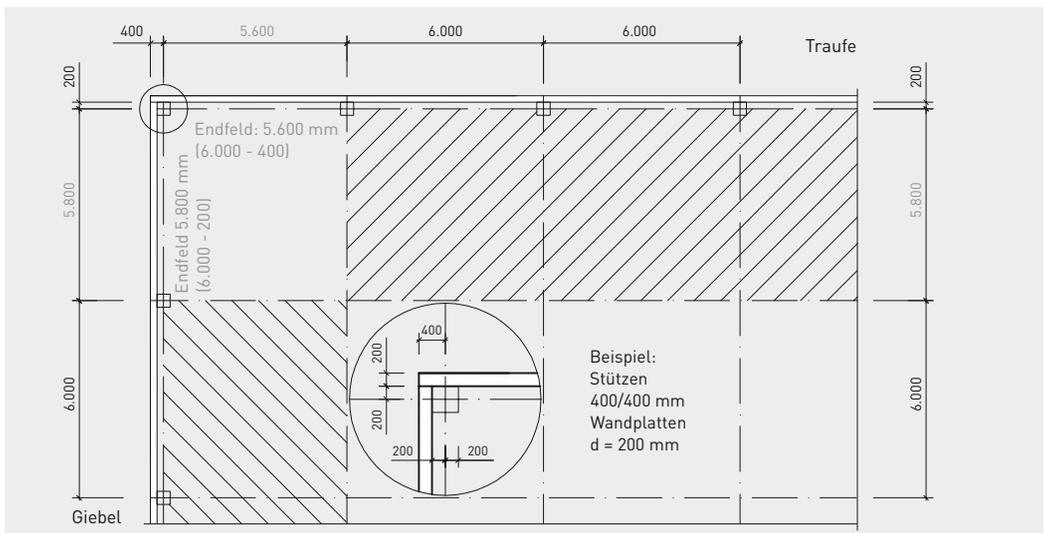
#### Planungssicherheit

Die Wandfelder basieren konsequent auf dem Bausystem der HEBEL Wandplatten. Die Aus-

baugewerke für eine Rohbauhülle, d. h. die üblichen Maße von Fenstern, Türen und Toren, werden berücksichtigt. Die Planung der Fassade ist vom Vorentwurf bis zur Werkplanung vorge-dacht.



Die Planungssicherheit ist besonders hoch, weil mit den HEBEL Wandplatten optimierte, standardisierte Konstruktionsdetails für die gesamte Rohbauhülle vorliegen.



Gleiche Plattenlängen durch veränderte Achsmaße bei Endfeldern.

### Zeitvorteile

Mit HEBEL Wandplatten können Fassaden schnell und effizient entworfen werden. Montagezeichnungen und Stücklisten werden einfach mit einer Planungssoftware erstellt. Die optimale Anordnung der Bauteile ermöglicht zügige Montage.

### Kostenvorteile

HEBEL Wandplatten in Standardabmessungen führen zu optimierten Kosten, denn sie sind auch produktionsoptimiert.

Zusätzliche Leistungsanteile wie Beschichtung oder Bekleidung können darüber hinaus vereinbart werden.

## 6.2.2 Tragkonstruktion Stahlbeton

### Systeme

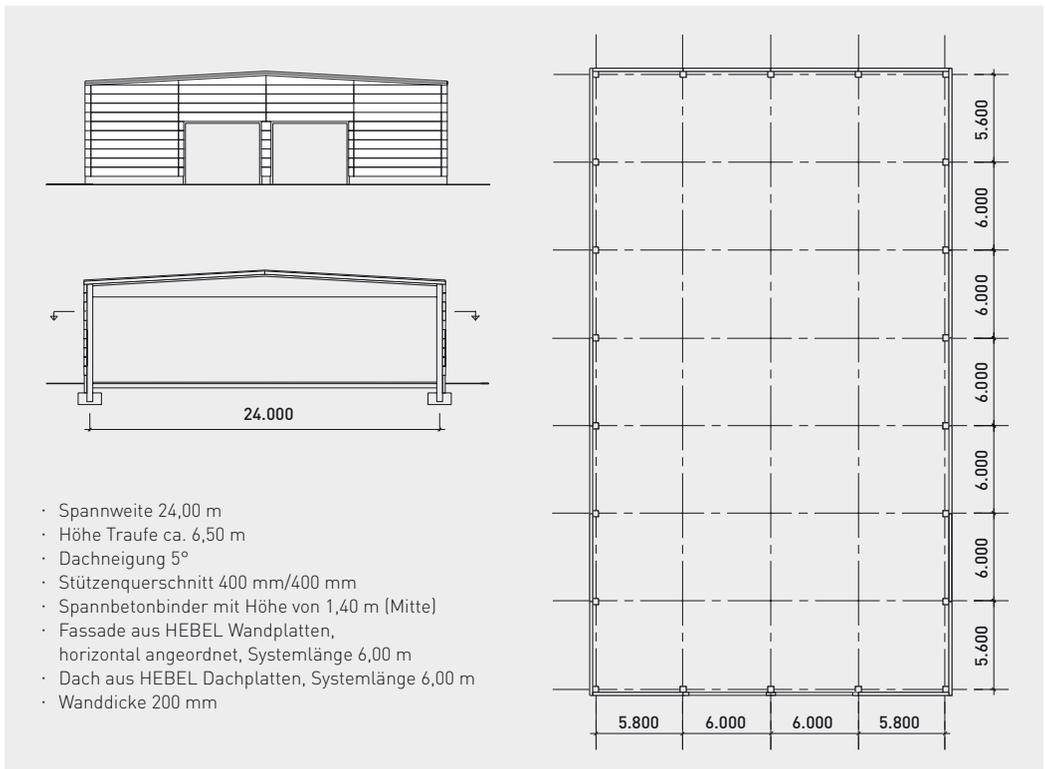
- Rahmen aus eingespannten Stützen mit gelenkig gelagerten Dachbindern, ein- und mehrschichtig
- Binderabstand 6,00 m
- wirtschaftliche Binderspanweiten von der Art der Dachkonstruktion abhängig

### Aussteifung

In Längs- und Querrichtung werden Hallen aus Stahlbeton durch die Stützen aussteift. Zusätzliche Aussteifungen sind dann nicht erforderlich.

### Hüllkonstruktion

- Fassaden aus HEBEL Wandplatten, horizontal angeordnet, optimales Planungsmaß 6,00 m, Systemlängen bis 8,00 m möglich



Planungsbeispiel: Tragkonstruktion Stahlbeton.

- an den Giebelseiten für die Befestigung der Platten Windstützen erforderlich
- Fassaden aus HEBEL Wandplatten, vertikal angeordnet, optimales Planungsmaß 6,00 m, Systemlängen bis 8,00 m möglich
- Befestigung an Wandriegeln
- freie Anordnung von Öffnungen in jedem Rahmenfeld möglich
- Dachausbildung mit HEBEL Dachplatten, maximale Stützweite von 7,50 m darf dabei nicht überschritten werden

## 6.2.3 Tragkonstruktion Brettschichtholz

### Systeme

- Dreigelenkrahmen
- Stützen mit gelenkig gelagerten Dachbindern
- Zweigelenkrahmen
- mehrschiffige Hallen als Kombination aus den Rahmengrundsystemen
- Binderabstand 6,00 m

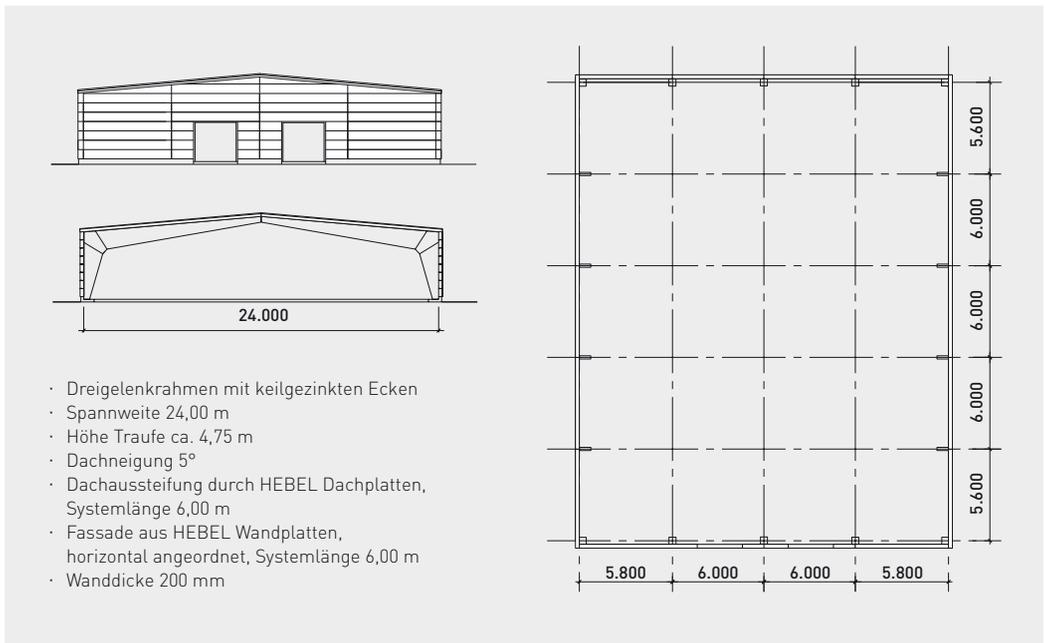
### Aussteifung

In Dachebene erfolgt die Aussteifung durch Verbände oder schubstarre Scheiben.

In den Längswänden sind im Abstand von etwa 25,00 m Verbände erforderlich.

### Hüllkonstruktion

- Fassaden aus HEBEL Wandplatten, horizontal angeordnet, optimales Planungsmaß 6,00 m, Systemlängen bis 8,00 m möglich
- an den Giebelseiten zur Befestigung der Platten Windstützen erforderlich
- Fassaden aus HEBEL Wandplatten, vertikal angeordnet, optimales Planungsmaß 6,00 m, Systemlängen bis 8,00 m möglich
- Befestigung an Wandriegeln
- im Bereich von Aussteifungsfeldern freie Anordnung von Öffnungen nicht möglich



Planungsbeispiel: Tragkonstruktion Brettschichtholz.

## 6.2.4 Tragkonstruktion Stahl

### Systeme

- Zwei- und Dreigelenkrahmen
- eingespannte Stützen mit gelenkig gelagerten oder biegesteif angeschlossenen Dachbindern
- mehrschiffige Hallen als Kombination aus den Rahmengrundsystemen
- Binderabstand 6,00 m

### Aussteifung

In Dachebene kann die Aussteifung durch Verbände oder schubstarre Scheiben z. B. aus HEBEL Dachplatten erfolgen.

In den Längswänden sind im Abstand von etwa 25,00 m Verbände erforderlich.

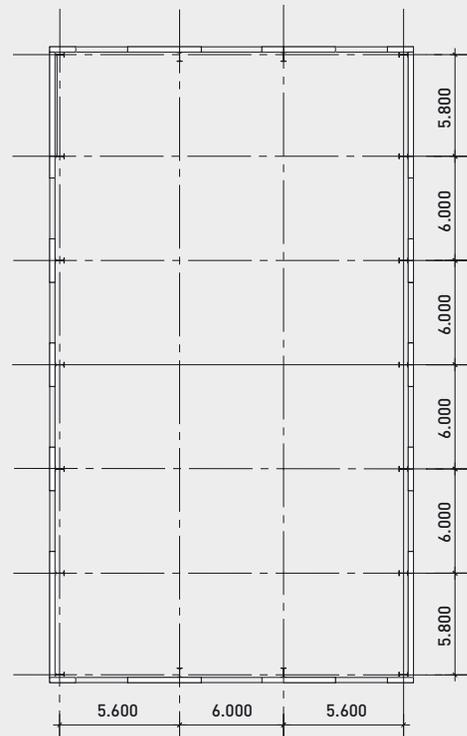
In den Giebelwänden werden bei Gelenksystemen Aussteifungselemente benötigt.

### Hüllkonstruktion

- Fassaden aus HEBEL Wandplatten, horizontal angeordnet, optimales Planungsmaß 6,00 m, Systemlängen bis 8,00 m möglich
- an den Giebelseiten zur Befestigung der Platten Windstützen erforderlich
- Fassaden aus HEBEL Wandplatten, vertikal angeordnet, optimales Planungsmaß 6,00 m, Systemlängen bis 8,00 m möglich
- Befestigung an Wandriegeln
- im Bereich von Aussteifungsfeldern freie Anordnung von Öffnungen nicht möglich



- Werkstatthalle aus Zweigelenkrahmen
- Spannweite 17,60 m
- Höhe Traufe ca. 5,00 m
- Dachneigung 10°
- Stützen und Riegel aus Walzprofilen IPE 550
- Dachaussteifung durch HEBEL Dachplatten, Systemlänge 6,00 m
- Fassade aus HEBEL Wandplatten, horizontal angeordnet, Systemlänge 6,00 m
- Wanddicke 200 mm



Planungsbeispiel: Tragkonstruktion Stahl.

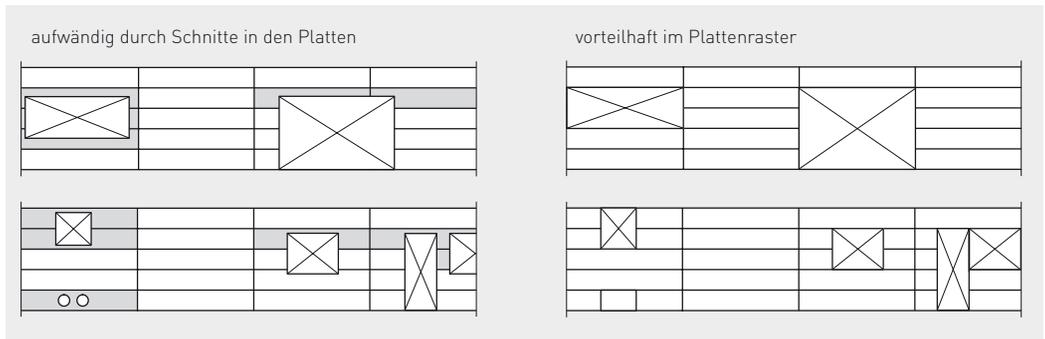
## 6.2.5 Elementgerechte Planung mit HEBEL Wandplatten

HEBEL Wandplatten können liegend (horizontal) oder stehend (vertikal) montiert werden. Beide Verlegearten stellen unterschiedliche Anforderungen an die Tragkonstruktion.

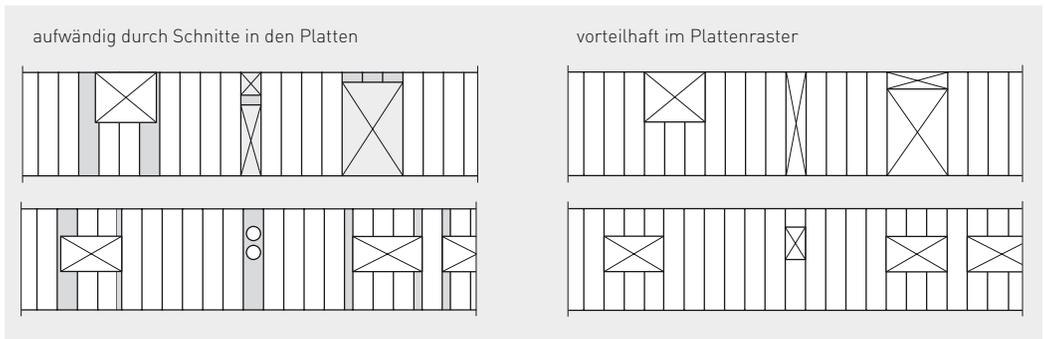
Wie rastergerechte Planung erfolgen sollte, zeigen die nachfolgenden Skizzen für „aufwändig“ und „vorteilhaft“ auszuführende Fassaden-

öffnungen sowie die daran anschließenden Zeichnungen und Beschreibungen für die Planung mit liegend und stehend angeordneten Wandplatten.

Diese wenigen Planungsgrundsätze verringern den Schnittaufwand bei der Erstellung von Fassaden aus HEBEL Wandplatten und tragen so dazu bei, die Schadensanfälligkeit weiter zu minimieren.

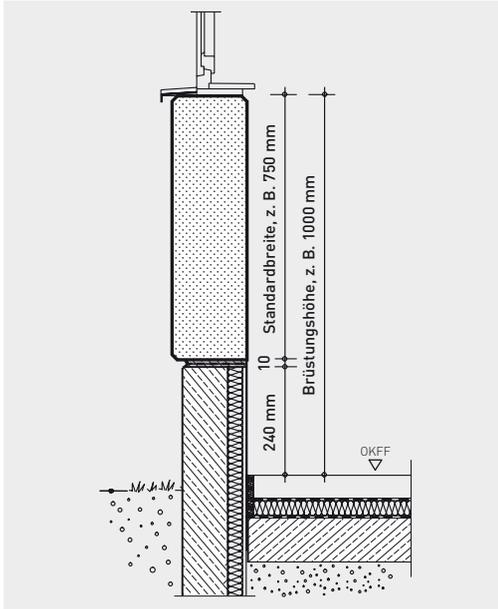


Öffnungen in liegend angeordneten HEBEL Wandplatten.



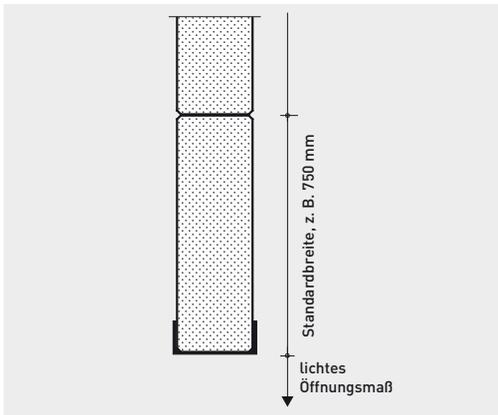
Öffnungen in stehend angeordneten HEBEL Wandplatten.

Tor-, Tür- und Fenstermaße sollten mit dem Plattenbreitenraster in Einklang gebracht werden. OK Fensterbrüstung und UK Sturz aller Wandöffnungen werden jeweils in Höhe einer Horizontalfuge angeordnet.



Vertikalschnitt Fensterbrüstung.

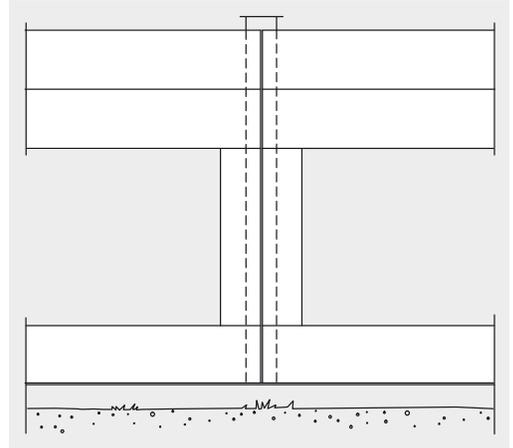
Bei erdgeschossigen Fenstern sollte die geforderte Brüstungshöhe durch eine Wandplatte in Standardbreite unter Ausnutzung der inneren Sockelhöhe ausgeführt werden.



Vertikalschnitt Türsturz.

Die lichten Tür- und Torhöhen über Oberkante Fertigfußboden (OKFF) sollten so gewählt werden, dass unter Berücksichtigung der inneren Sockelhöhe im Sturzbereich die Stahlzarge in einer Horizontalfuge liegt.

Durch Fensterpfeiler vor Stützen können Auflagerkonsolen für Sturzwandplatten entfallen. Auf konsequent durchlaufende Vertikalfugen ist aus konstruktiven Gründen besonders zu achten.



Fensterpfeiler vor Stützen.

### Wirtschaftliche Planung mit HEBEL Wandplatten, stehend angeordnet

Stehend angeordnete HEBEL Wandplatten stellen ein für den Baukörper charakteristisches Gestaltungselement dar. Bei Binderabständen  $\geq 8,0$  m empfiehlt es sich, stehende Wandplatten einzusetzen. Der Einbau vertikal verlaufender Lichtbänder über die volle Fassadenhöhe liefert ein attraktives Gestaltungselement.

Die Laibungen für Tür-, Tor- und Fensteröffnungen liegen optimal im Plattenfugenraster. Seitliche Einschnitte in die durchlaufende Öffnungsrandplatte sind zu vermeiden. Große Öffnungen können z. B. durch die Kombination von stehenden mit liegend angeordneten Platten über der Öffnung überbrückt werden.

## 6.2.6 Modulare Planung mit HEBEL Wandplatten

### „Baukasten“ für viele Einsatzbereiche

Mit wenigen verschiedenen Plattenabmessungen lassen sich Gebäude verschiedenster Funktionen zusammensetzen. Dabei kann die Position von außermittigen Rohbauöffnungen gespiegelt bzw. im Rahmen der Standard-Plattenabmessungen im Feld verschoben werden.

Wandbildung – Längen/Höhen

Als wirtschaftliche Planungsraster werden empfohlen:

Modulares Achsraster Tragkonstruktion: 6,00 m

Längnraster HEBEL Wandplatten: 6,00 m

Höhenraster HEBEL Wandplatten: 625 mm bzw. 750 mm

Sockelhöhe: 250 mm (240 mm + 10 mm Fuge)

HEBEL Wandplatten können vor, hinter, aber auch zwischen der Tragkonstruktion verankert werden.

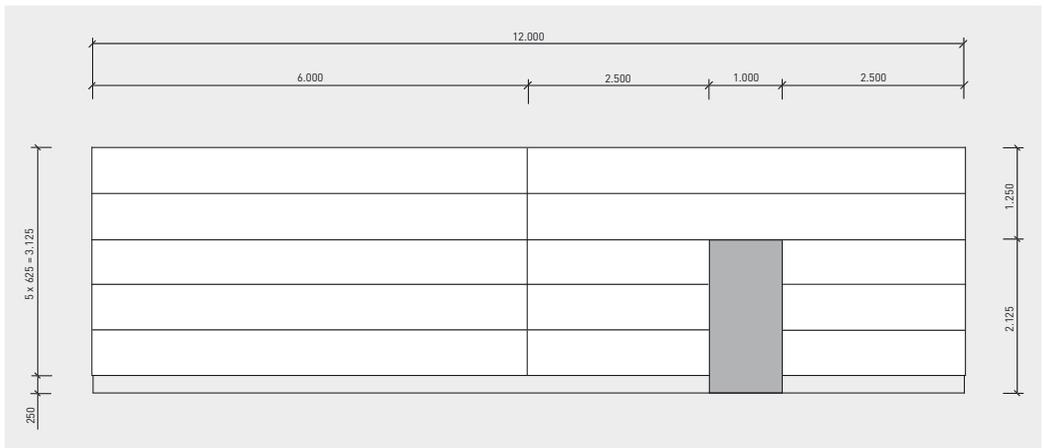
Die gewünschte Fassadestruktur entscheidet über die horizontale bzw. vertikale Verlegung der Platten.

Es gilt:

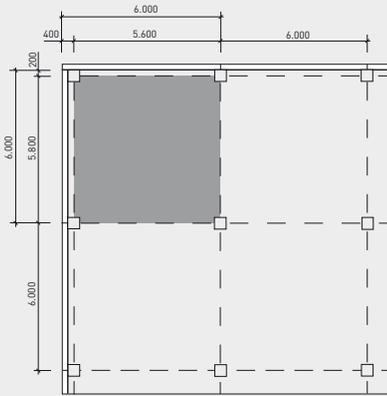
Horizontale HEBEL Wandplatten – horizontale Fenstergliederung

Vertikale HEBEL Wandplatten – vertikale Fenstergliederung

### Elementierung – Ausschnitt



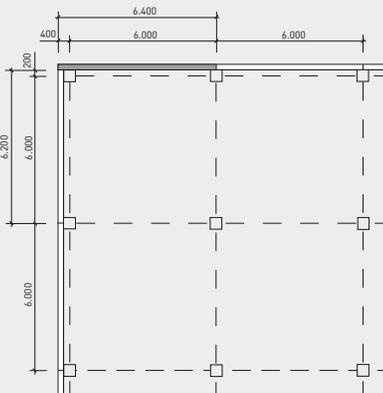
## Eckausbildung mit HEBEL Wandplatten in Standardlängen – wirtschaftlichste Lösung –



- Stützenraster in den Mittelfeldern gleich, in den Endfeldern unterschiedlich
- HEBEL Wandplatten mit gleichen Abmessungen

6

## Eckausbildung mit HEBEL Wandplatten in Sonderlängen



- Stützenraster gleich
- HEBEL Wandplatten in den Mittelfeldern mit gleichen Abmessungen, in den Endfeldern mit Sonderlängen

## Türen

Das modulare Planungsraster ermöglicht die wirtschaftliche Einordnung verschiedener Standardtüren.

Die Sockelhöhe ab OKFF ist mit  $H = 250$  mm definiert.

### Standardtüren (Normgrößen)

HEBEL Wandplatten $b = 625$ mm	HEBEL Wandplatten $b = 750$ mm
1,000/2,125 m	1,000/2,500 m
1,125/2,125 m	1,125/2,500 m
1,250/2,125 m	1,250/2,500 m
1,500/2,125 m	1,500/2,500 m
2,000/2,125 m	2,000/2,500 m

### Sondergrößen

Sondergrößen sind jederzeit realisierbar, wenn die Abmessungen der Türen einem Vielfachen des Grundmoduls von 625 mm bzw. 750 mm entsprechen.

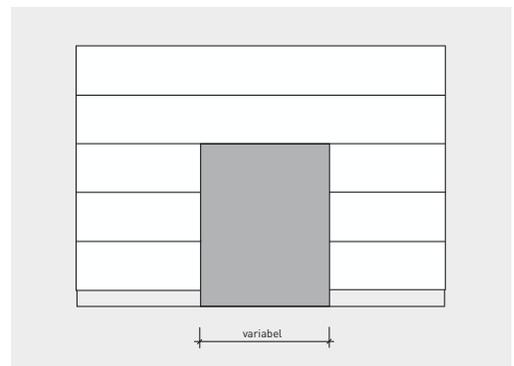
### Türen in horizontal verlegten HEBEL Wandplatten

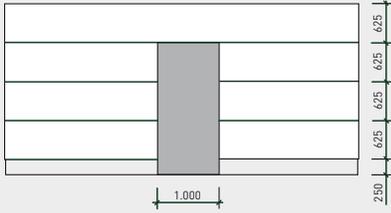
Türbreite: variabel

Türhöhe:  $n \times 625$  mm bzw. 750 mm + Sockel

### Mittellage von Standardtüren

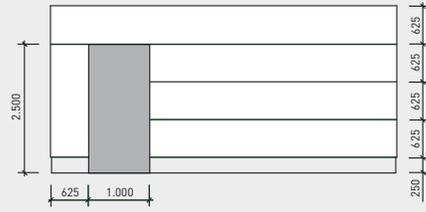
Unter der Anordnung von Türen in Mittellage wird die Planung der Tür in der Mitte des Achsfeldes der Tragkonstruktion verstanden.



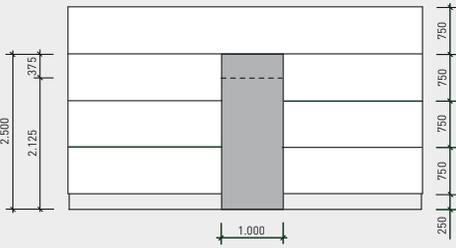


Unter Berücksichtigung der Normbreiten sind die Türhöhen bei einem Plattenraster von 625 mm mit 2,125 m zu planen.

## Randlage von Standardtüren



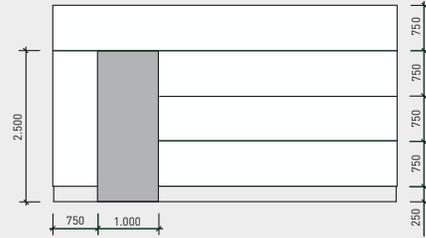
Mit folgende Pfeilerabmessungen ist zu planen:  
Wirtschaftliche Breite  $1 \times 750$  mm  
Statische Mindestbreite  $1 \times 300$  mm



Unter Berücksichtigung der Normbreiten sind die Türhöhen bei einem Plattenraster von 750 mm mit 2,500 m zu planen.

Türhöhen von 2,125 m sind möglich, wenn ein Passstück  $b = 0,375$  m eingeplant wird.

Die Passstücke können aus unterschiedlichen Materialien bestehen, z. B. Porenbeton, Glas oder Metall.



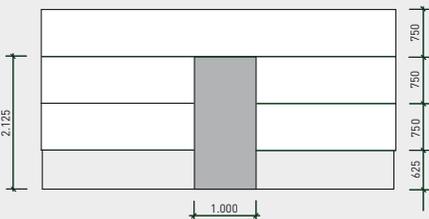
Mit folgende Pfeilerabmessungen ist zu planen:  
Wirtschaftliche Breite  $1 \times 625$  mm  
Statische Mindestbreite  $1 \times 300$  mm

6

## Türen in vertikal verlegten HEBEL Wandplatten

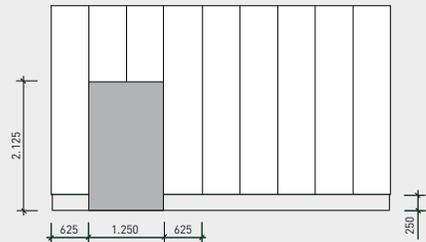
Türbreite:  $n \times 625$  mm bzw. 750 mm

Türhöhe: variabel

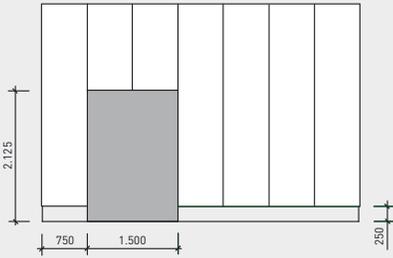


Bei Türhöhen von 2,125 m ohne Passstück ist die Sockelhöhe ab OKFF auf  $H = 625$  mm zu erhöhen.

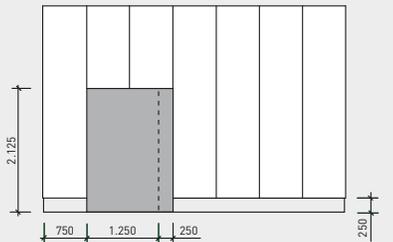
Die Festlegung der Sockelhöhe hat Auswirkungen auf die gesamte Fassadengestaltung.



Unter Berücksichtigung der Normhöhen sind die Türbreiten bei einem Plattenraster von 625 mm mit 1,25 m bzw. 2,50 m zu planen.



Unter Berücksichtigung der Normhöhen sind die Türbreiten bei einem Plattenraster von 750 mm mit 1,50 m bzw. 2,25 m zu planen.

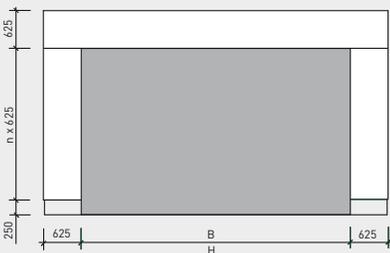


Türbreiten von 1,25 m sind bei einem Plattenraster von 750 mm möglich, wenn ein Passstück  $B = 250$  mm eingeplant wird.

Die Passstücke können aus unterschiedlichen Materialien, z. B. Porenbeton, Glas oder Metall bestehen.

## Industrietore

Das modulare Planungsraster ermöglicht die wirtschaftliche Einordnung von Industrietoren in verschiedenen Abmessungen.



### Torbreiten

Die Systemmaße der Industrietore werden durch die folgenden Pfeilerabmessungen bestimmt:  
Wirtschaftliche Breite  $1 \times 625$  mm bzw.  $1 \times 750$  mm

Die Torabmessungen gemäß Herstellerangaben sind zu beachten.

Die Sockelhöhe ist mit 250 mm definiert.

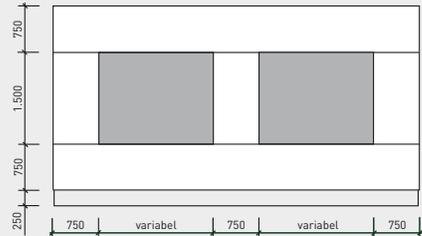


### Torhöhen

Die Planung der Torhöhen sollte vorzugsweise im Plattenraster  $n \times 625$  mm bzw.  $n \times 750$  mm unter Berücksichtigung der Sockelhöhe erfolgen.

## Fenster

Das modulare Planungsraster ermöglicht die wirtschaftliche Einordnung von Fenstern mit individuellen Abmessungen.



### Horizontale HEBEL Wandplatten

Fensterbreiten: variabel

Breite der Rand-/Mittelpfeiler:

Wirtschaftlich  $1 \times 625$  mm bzw. 750 mm

Fensterhöhen:  $n \times 625$  mm bzw. 750 mm

Die Fensterabmessungen sind in Abhängigkeit von der Verlegeweise der HEBEL-Wandplatten einem Vielfachen des Grundmoduls von 625 mm bzw. 750 mm anzupassen.



### Vertikale HEBEL Wandplatten

Fensterbreiten:

Wirtschaftlich bis  $2 \times 625$  mm bzw.  $2 \times 750$  mm

Breite der Rand-/Mittelpfeiler:

Wirtschaftlich  $n \times 625$  mm bzw.  $n \times 750$  mm

Fensterhöhen: variabel

## 6.2.7 Individuelle Lösungen

Die große Auswahl an Formaten ermöglicht Planern, auch mit großformatigen Bauteilen individuelle Lösungen zu schaffen und dennoch rationell und wirtschaftlich zu arbeiten. Deshalb empfehlen wir, sich schon in der Planungsphase mit uns in Verbindung zu setzen.

## 6.3 Wirtschaftlich bauen

Wirtschaftlich bauen heißt zuallererst bauen mit einem System aus einer Hand und aus einem Guss. Beim HEBEL Bausystem für Gebäude im Wirtschaftsraum bestehen Dach, Decke und Wand aus Porenbeton – mit allen konstruktiven und bauphysikalischen Vorteilen der massiven Bauweise. Dazu kommt die schnelle Montage und Verfüugung sowie der Witterungsschutz mit lange haltbaren Beschichtungen.

### 6.3.1 Montagegerechte Anlieferung auf der Baustelle

Die Frage der Baustellenlogistik einschließlich der Materiallagerung spielt eine immer größere Rolle. Die ablaufgerechte Anlieferung der HEBEL Montagebauteile trägt entscheidend zum Gelingen einer reibungslosen Bauabwicklung bei.

Da die HEBEL Wandplatten stehend angeliefert werden, lassen sie sich an den Transportankern einfach aus dem Stapel ziehen.

### 6.3.2 Trockenmontage beschleunigt das Arbeitstempo enorm

Die Ausbildung der Plattenlängsseiten mit Nut und Feder ermöglicht bei HEBEL Wand- wie auch bei Dachplatten eine trockene Montage.

Die Platten werden knirsch aneinander gestoßen und wiederum in Trockenmontage durch Ankerbleche und Nägel mit der Tragkonstruktion verbunden.

Mit diesem Trockenmontagesystem wird vermieden, dass unnötige Feuchtigkeit in das Gebäude eindringt. Ein Vorteil, der eine sofortige Nutzung ermöglicht und damit Zwischenzinsen erspart.

### 6.3.3 Flexibilität für schnellen Baufortschritt und rasche Nutzung

Baubegleitende Planung ist heute fast tägliche Praxis. Unter diesen Umständen ist es äußerst wichtig und wertvoll, wenn Montagebauteile auch flexibel einsetzbar sind.

Bei HEBEL Montagebauteilen sind Änderungen kurzfristig möglich. Ausnehmungen oder Bohrungen innerhalb gewisser Grenzen lassen sich ohne Einbußen der statischen Tragfähigkeit auch auf der Baustelle durchführen.

## 6.4 Wirtschaftlich nutzen

### 6.4.1 Bei einem 30-jährigen Lebenszyklus entfallen 75 % bis 80 % der Gesamtkosten auf die Gebäudenutzung

Die Kostenentwicklung einer Immobilie über den Lebenszyklus von 30 Jahren zeigt laut Untersuchungen eines unabhängigen Hochschulinstitutes und Studie eines großen deutschen Industriekonzernes folgende Kostenanteile:

- Die Kosten für Planung und Ausführung des Bauvorhabens liegen bei 20 % bis 25 % der dreißigjährigen Gesamtkosten.
- Nach ca. 8 Jahren sind 50 % der kumulierten Gesamtkosten angefallen.
- Von den laufenden Unterhalts- und Betriebskosten werden aufgewendet:
  - 35 % für Energie
  - 25 % für Instandhaltung, Wartung
  - 40 % für Reinigung, Bewachung, Sonstiges

Das bedeutet, dass mindestens 60 % der laufenden Kosten entscheidend von den bauphysikalischen Eigenschaften und der Dauerhaftigkeit des gewählten Bausystems abhängen.

Die Zahlenangaben zeigen deutlich, dass nicht die Investitionskosten, sondern die laufenden Kosten für die Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes entscheidend sind.

### 6.4.2 Bauphysikalische Vorteile – in der Summe ein Optimum

Als bauphysikalisches Minimum sind die Forderungen der einschlägigen Normen und Verordnungen anzusehen. Was aber den Baustoff Porenbeton auszeichnet und ihn damit besonders wirtschaftlich macht, sind seine häufig weit über den Vorschriften liegenden Qualitätsmerkmale und die ergänzenden Vorteile, die im Kapitel 5 detailliert beschrieben sind.

- Energieeinsparungen im Winter und im Sommer durch Wärmedämmung und Wärmespeicherung
- sommerlicher Wärmeschutz mit minimalem Klimatisierungsaufwand
- ausgewogene Wärmespeicherefähigkeit gleicht Temperaturschwankungen aus
- Diffusionsoffenheit sorgt für einen ausgewogenen Feuchtigkeitshaushalt
- Brandsicherheit ist mehr als der in den Normen geforderte personenbezogene Mindestbrandschutz
- trocken und feucht – Porenbeton gleicht aus
- hoher Lärmschutz für innen und außen
- Leistungssteigerung durch angenehmes Raumklima

### 6.4.3 Humanisierung des Arbeitsplatzes fördert Leistungsbereitschaft

Wenn der Produktionsausstoß bei geringerem Platzbedarf steigt, müssen auch die Rahmenbedingungen für den Arbeitsplatz selbst stimmen. Die Forderung nach Humanisierung der Arbeit gilt selbstverständlich auch für den Arbeitsplatz.

In Bauten aus Porenbeton herrscht dank der fast schon sprichwörtlich hohen Wärmedämmung, des guten sommerlichen Wärmeschutzes, des ausgleichenden Feuchtigkeitsverhaltens und der guten Schallabsorption ein angenehmes Raumklima. Es ist medizinisch und psychologisch nachgewiesen, dass angenehme Arbeitsplatzbedingungen zu einer Verbesserung der Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft aller Gebäudenutzer führen.

## 6.5 Wirtschaftlich instandhalten, umbauen und umnutzen

Auch Immobilien bedürfen der Wartung und Pflege. Außerdem werden im Zeitalter multifunktionaler Nutzbarkeit immer häufiger Änderungen, Umbauten und Aufstockungen notwendig.

Da Porenbeton leicht zu be- und verarbeiten ist, lassen sich solche Aufgaben damit sehr wirtschaftlich durchführen und lösen.

- Es ist sinnvoll, in größeren Abschnitten oder Dekaden Wartungs- und Verschönerungsarbeiten durchzuführen, um den Wert des Gebäudes zu erhalten und optisch zu verbessern. Reparaturen am Porenbeton, z. B. abgestossene Ecken oder Schrammen, werden an Ort und Stelle mit dem systemgerechten Füllmörtel schnell und einfach durchgeführt.
- Umnutzungen erfordern manchmal Umbauten. Mit Porenbeton geht das schnell und bauphysikalisch richtig. Bei Umnutzungen ändern sich häufig auch die Anforderungen an den Brandschutz. Montagebauteile aus Porenbeton schaffen hier die idealen Voraussetzungen, weil sie von vornherein die höchsten Anforderungen an die Brandsicherheit weit übertreffen.
- Ein- bis zweigeschossige Aufstockungen können wegen des leichten Gewichtes der Porenbeton-Platten meistens ohne Zusatzkonstruktionen oder Verstärkungen auf die vorhandene Bausubstanz gesetzt werden.
- Bei größeren Aufstockungen oder „Überstülpungen“ genügen meist schlanke Zusatzskelette, die die neuen Geschosse aus Porenbeton tragen. Der Betrieb im darunterliegenden Gebäude geht dabei fast ungestört weiter.

### 6.5.1 Nutzungsänderungen erfordern multifunktionale Gebäudehüllen

Im Industrie-, Gewerbe- und Verwaltungsbau werden immer häufiger Gebäude umgenutzt oder umgebaut. Der Wandel in der Produktion bringt oft eine Reduzierung des Platzbedarfes mit sich. Sensible Fertigungsmaschinen und Lagergüter erfordern ein konstantes Raumklima. Die Änderung von Fertigungsprozessen kann zu mehr Feuchteanfall, Schallemission oder Wärmeentwicklung führen, die dann von der Gebäudehülle „verkräftet“ werden müssen.

Deshalb muss das Gebäude der Zukunft multifunktionale Nutzungen zulassen, d. h. insbesondere den wechselnden bauphysikalischen Anforderungen genügen. Auch die Baustoffe müssen unterschiedlichen Ansprüchen gerecht werden.



# Konstruktionsdetails

K

## Wichtige Hinweise:

Die Anwendung der Konstruktionsdetails entbindet nicht vom statischen Nachweis im Einzelfall.

Die in diesem Kapitel dargestellten Konstruktionsbeispiele stellen keine vollständige Auflistung aller Möglichkeiten dar. Weitere Angaben und Konstruktionsdetails sind im Internet unter [www.hebel.de](http://www.hebel.de) verfügbar.

Der in den Legendentexten genannte Begriff „bauseitige Leistung“ meint, dass es sich dabei nicht um eine Leistung der Unternehmen handelt, die die HEBEL Bauteile montieren, sondern um eine zu 100 % als Vorleistung zu erbringende Leistung.

## Konstruktionsbeispiele

### Wandkonstruktionen

Sockelausbildung .....	Seite 199
Mittelverankerung .....	Seite 200/201
Eckverankerung .....	Seite 202/203
Attika-Mittelverankerung .....	Seite 204/205
Attika-Eckverankerung .....	Seite 206/207
Verankerung zwischen Stützen .....	Seite 208
Auflagerkonsole .....	Seite 209/210

### Brand- und Komplextrennwandkonstruktionen

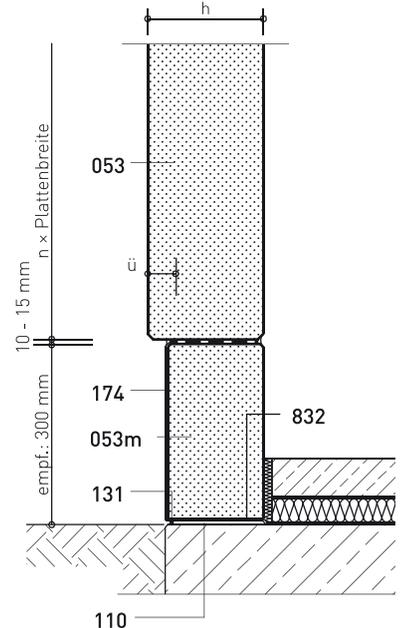
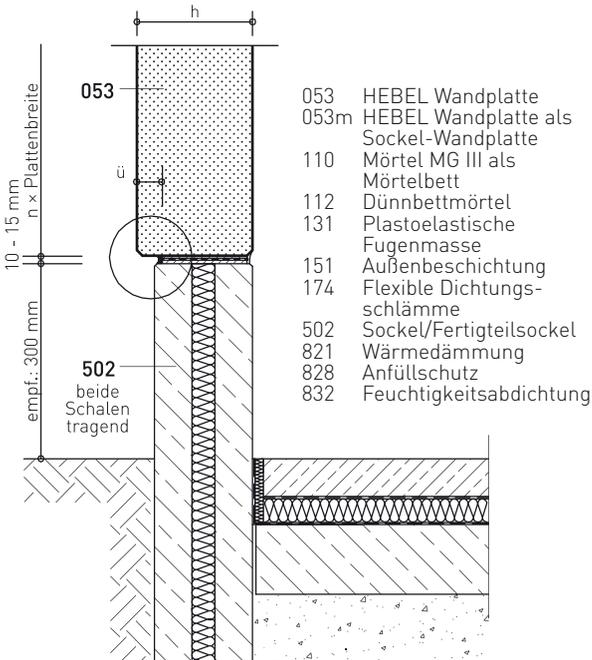
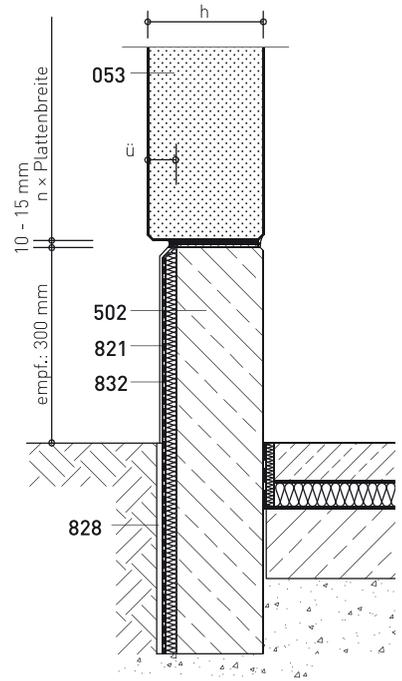
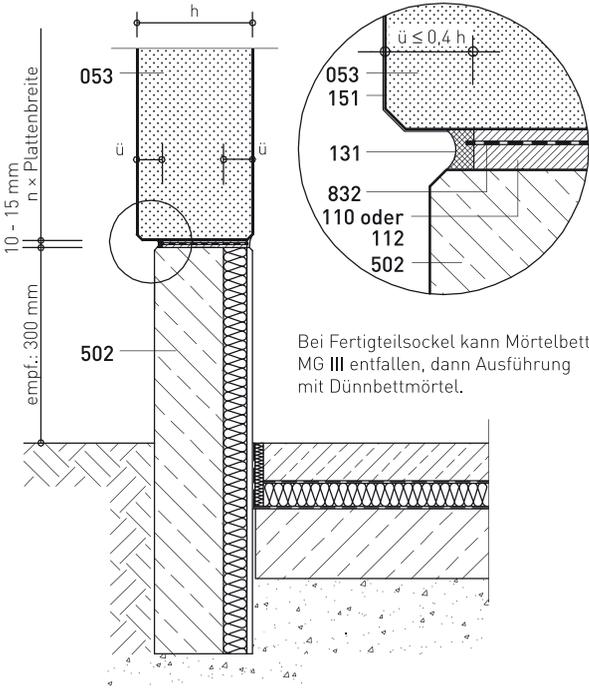
Mittelverankerung .....	Seite 211
Eckverankerung .....	Seite 212
Verankerung zwischen Stützen .....	Seite 213
Feuerschutztor .....	Seite 214

### Dachkonstruktionen

Mittelverankerung .....	Seite 215/216/217
Endverankerung .....	Seite 218

# Detail-Nr. 30060

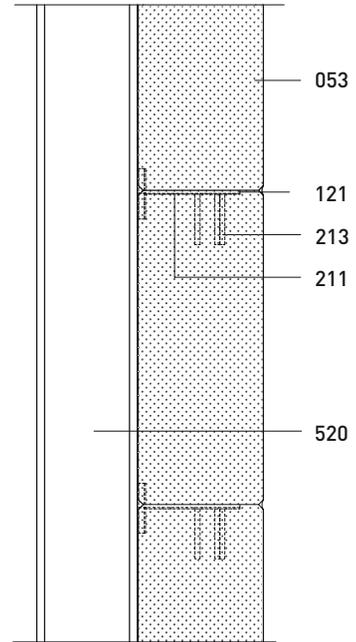
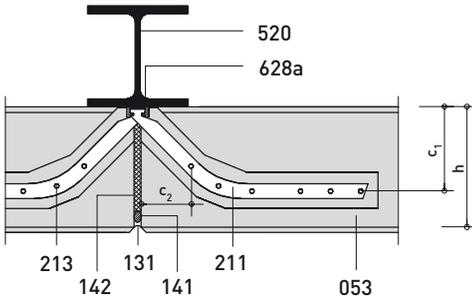
## HEBEL Wandplatten liegend bzw. stehend angeordnet Sockelausbildung an Stahl- bzw. Stahlbetonkonstruktion



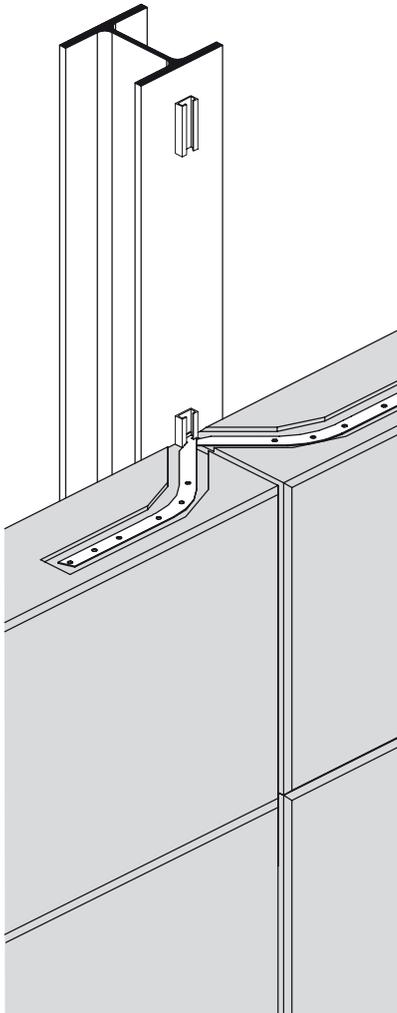
K

Detail-Nr. 310022

HEBEL Wandplatten liegend angeordnet  
Mittelverankerung an Stahlkonstruktion



K



Charakteristischer Widerstand  $V_{RK}$  [kN]  
je Verankerungslasche

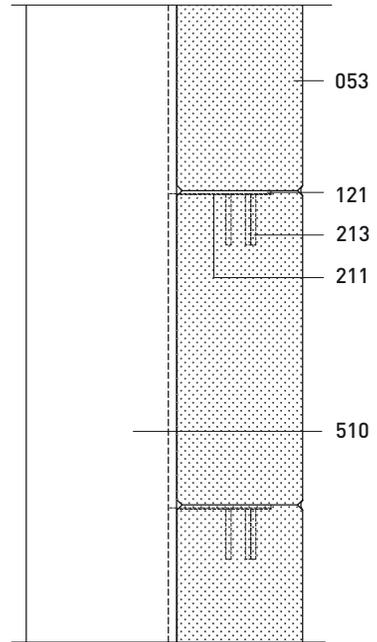
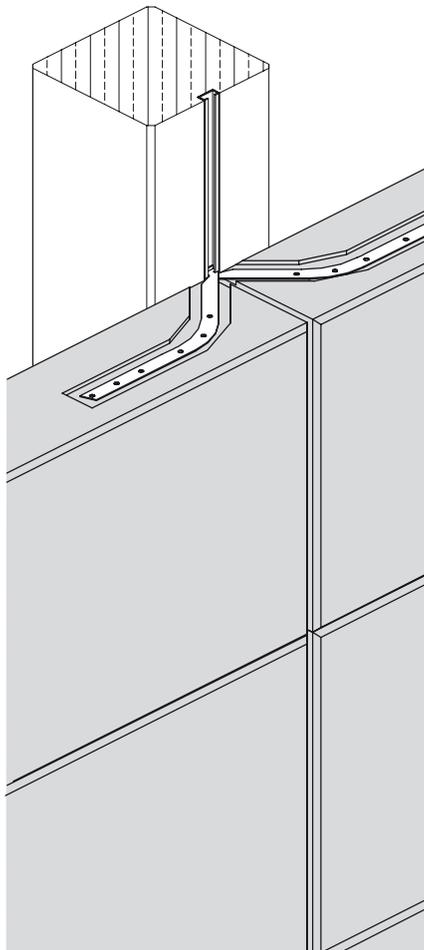
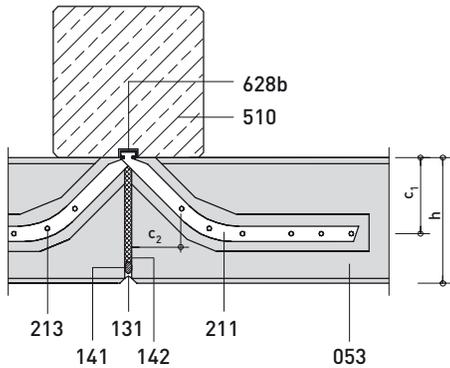
Verankerungs- typ	Plattendicke h	$c_1$ $c_2$	Ankerschiene 38/17	
			P 3,3	P 4,4
17	150	siehe Zulassung	-	-
	175		-	3,2
16	200		-	6,0
	250		6,0	6,0
	300		6,0	6,0
	365/375		6,0	6,0

- 053 HEBEL Wandplatte
- 121 Kleber und Fugenfüller
- 131 Plastoelastische Fugenmasse
- 141 PE-Rundschnur, offenporig,  
nicht wassersaugend
- 142 Mineralfaserplatte
- 211 Nagellasche, Ausführung gem. Zulassung  
Z-21.8-1857
- 213 Hülsen Nagel, Edelstahl
- 520 Stahlkonstruktion
- 628a Ankerschiene 38/17 G, Ausführung gemäß  
Zulassung der Ankerschienenhersteller,  
 $l = 100$  mm,  $a = 3$  mm, bauseitige  
Leistung

Detail-Nr. 320022

HEBEL Wandplatten liegend angeordnet

Mittelverankerung an Stahlbetonkonstruktion



K

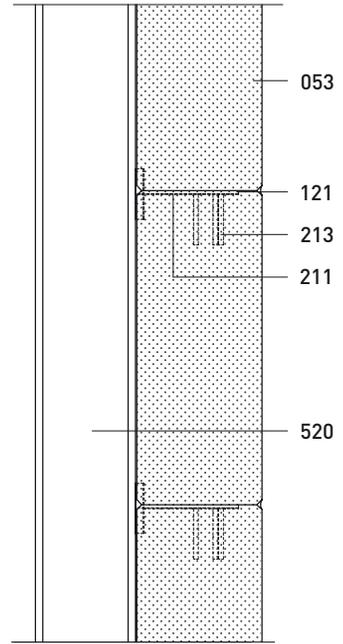
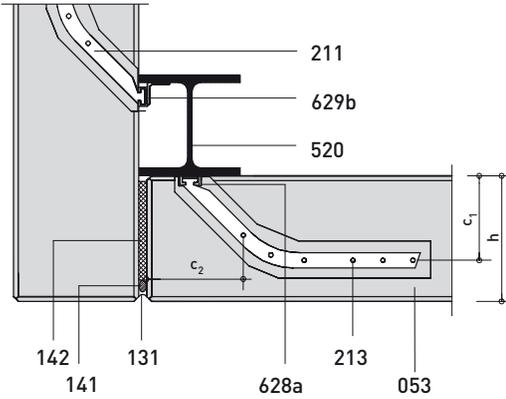
Charakteristischer Widerstand  $V_{RK}$  [kN]  
je Verankerungslasche

Verankerungs- typ	Plattendicke h	$c_1$ $c_2$	Ankerschiene 38/17	
			P 3,3	P 4,4
17	150	siehe Zulassung	-	-
	175		-	3,2
16	200		-	6,0
	250		6,0	6,0
	300		6,0	6,0
	365/375		6,0	6,0

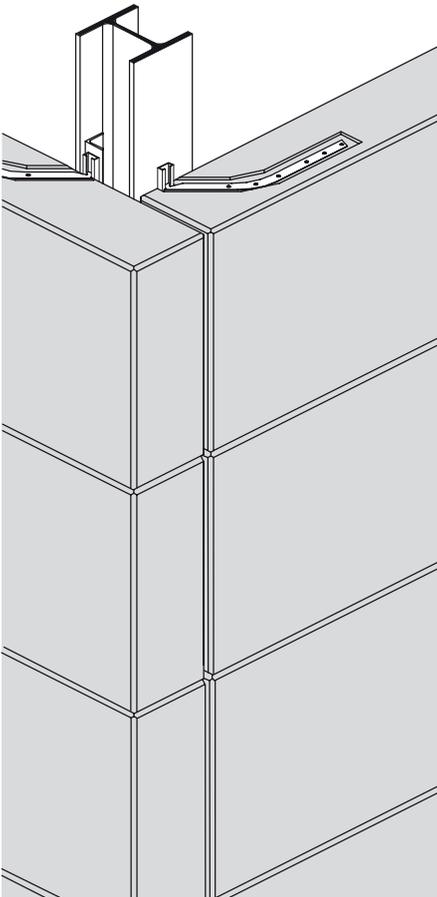
- 053 HEBEL Wandplatte
- 121 Kleber und Fugenfüller
- 131 Plastoelastische Fugenmasse
- 141 PE-Rundschnur, offenporig,  
nicht wassersaugend
- 142 Mineralfaserplatte
- 211 Nagellasche, Ausführung gem. Zulassung  
Z-21.8-1857
- 213 Hülse, Edelstahl
- 510 Stahlbetonkonstruktion
- 628b Ankerschiene 38/17, Ausführung gemäß  
Zulassung der Ankerschienenhersteller,  
durchlaufend oder in Stücken, bauseitige  
Leistung

Detail-Nr. 310212

HEBEL Wandplatten liegend angeordnet  
Eckverankerung an Stahlkonstruktion



K



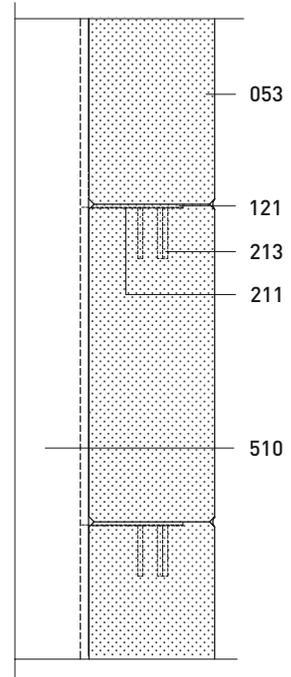
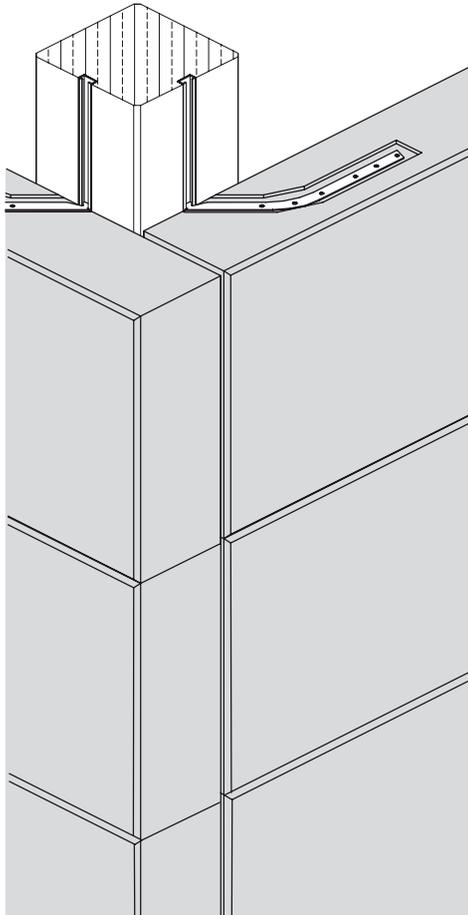
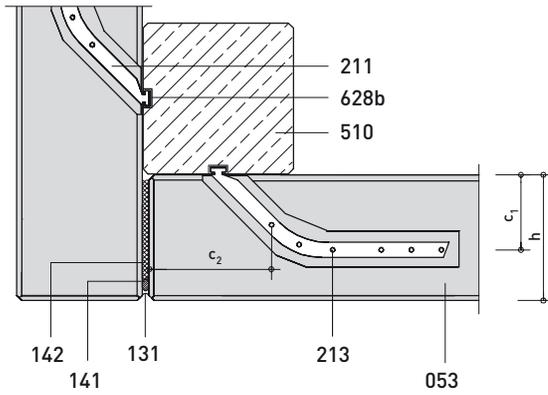
Charakteristischer Widerstand  $V_{RK}$  [kN]  
je Verankerungslasche

Verankerungs- typ	Plattendicke h	$c_1$ $c_2$	Ankerschiene 38/17	
			P 3,3	P 4,4
17	150	siehe Zulassung	-	-
	175		-	3,2
16	200		-	6,0
	250		6,0	6,0
	300		6,0	6,0
	365/375		6,0	6,0

- 053 HEBEL Wandplatte
- 121 Kleber und Fugenfüller
- 131 Plastoelastische Fugenmasse
- 141 PE-Rundschnur, offenporig,  
nicht wassersaugend
- 142 Mineralfaserplatte
- 211 Nagellasche, Ausführung gem. Zulassung  
Z-21.8-1857
- 213 Hülsen Nagel, Edelstahl
- 520 Stahlkonstruktion
- 628a Ankerschiene 38/17 G, Ausführung gemäß  
Zulassung der Ankerschienenhersteller,  
l = 100 mm, a = 3 mm, bauseitige Leistung
- 629b Winkel-Profil, Abmessungen nach  
stat. Berechnung, bauseitige Leistung

Detail-Nr. 320212

HEBEL Wandplatten liegend angeordnet  
Eckverankerung an Stahlbetonkonstruktion



Charakteristischer Widerstand  $V_{RK}$  [kN]  
je Verankerungslasche

Verankerungs- typ	Plattendicke h	$c_1$ $c_2$	Ankerschiene 38/17	
			P 3,3	P 4,4
17	150	siehe Zulassung	-	-
	175		-	3,2
16	200		-	6,0
	250		6,0	6,0
	300		6,0	6,0
	365/375		6,0	6,0

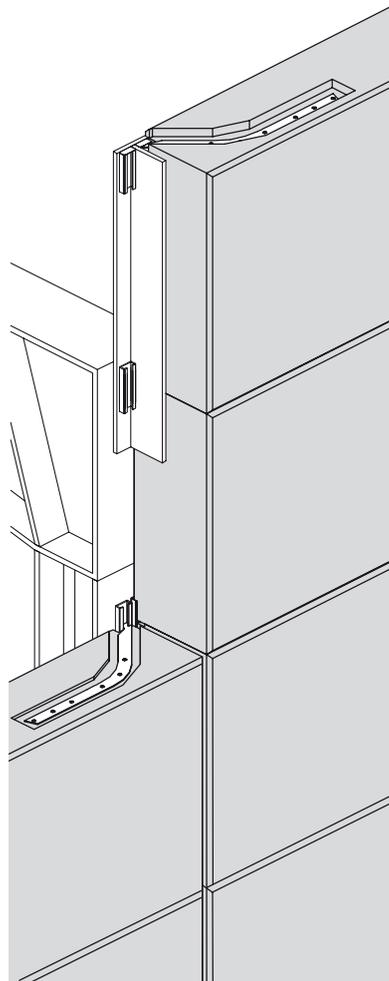
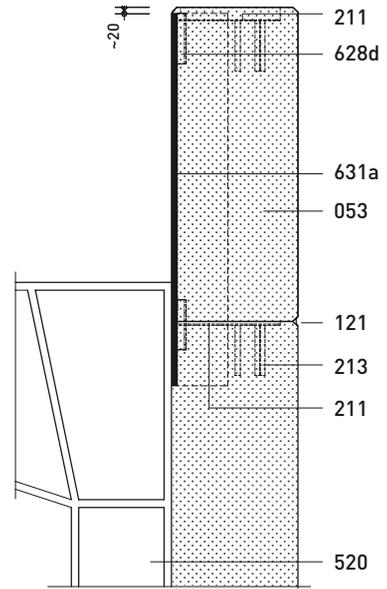
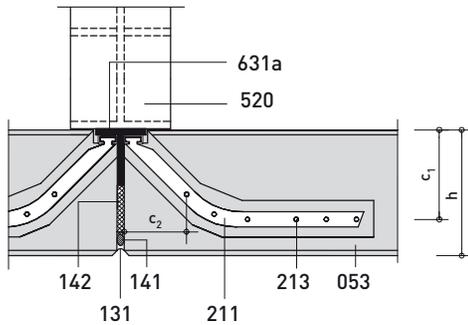
- 053 HEBEL Wandplatte
- 121 Kleber und Fugenfüller
- 131 Plastoelastische Fugenmasse
- 141 PE-Rundschnur, offenporig,  
nicht wassersaugend
- 142 Mineralfaserplatte
- 211 Nagellasche, Ausführung gem. Zulassung  
Z-21.8-1857
- 213 Hülse, Edelstahl
- 510 Stahlbetonkonstruktion
- 628b Ankerschiene 38/17, Ausführung gemäß Zulassung  
der Ankerschienenhersteller, durchlaufend  
oder in Stücken, bauseitige Leistung

K

Detail-Nr. 310422

HEBEL Wandplatten liegend angeordnet

Attika-Mittelverankerung an Stahlkonstruktion



Charakteristischer Widerstand  $V_{Rk}$  [kN]  
je Verankerungslasche

Verankerungs- typ	Plattendicke h	$c_1$ $c_2$	Ankerschiene 38/17	
			P 3,3	P 4,4
17	150	siehe Zulassung	-	-
	175		-	3,2
16	200		-	6,0
	250		6,0	6,0
	300		6,0	6,0
	365/375		6,0	6,0

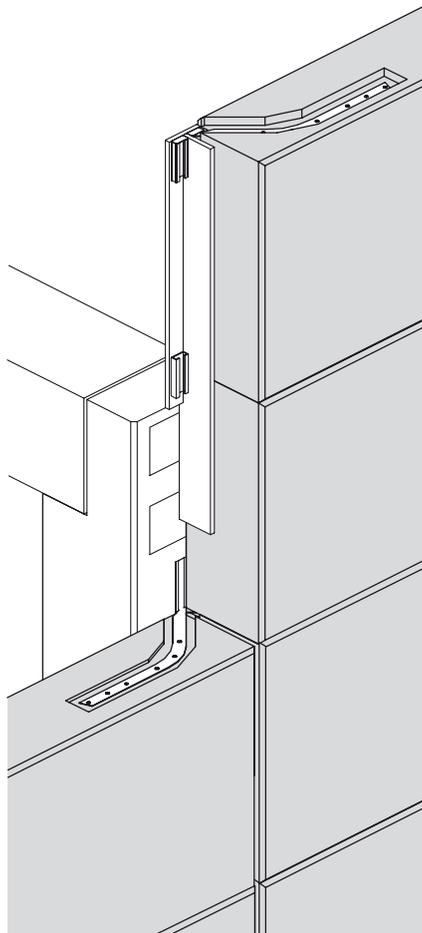
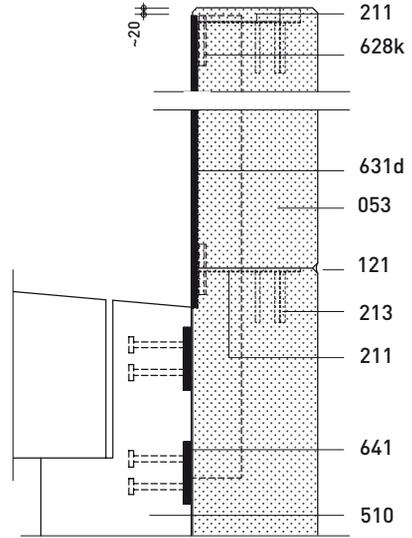
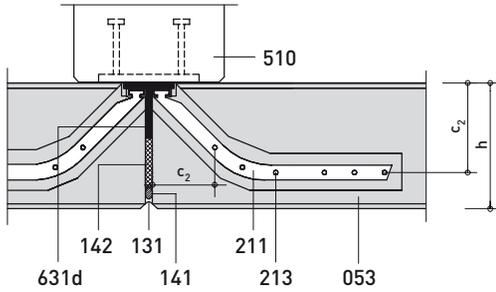
- 053 Hebel Wandplatte
- 121 Kleber und Fugenfüller
- 131 Plastoelastische Fugenmasse
- 141 PE-Rundschnur, offenporig, nicht wassersaugend
- 142 Mineralfaserplatte
- 211 Nagellasche, Ausführung gem. Zulassung Z-21.8-1857
- 213 Hülsen Nagel, Edelstahl
- 520 Stahlkonstruktion
- 628d Ankerschiene 38/17 G, Ausführung gemäß Zulassung der Ankerschienenhersteller,  $l = 100 \text{ mm}$ ,  $a = 3 \text{ mm}$ , oberste Ankerschiene zuschweißen, bauseitige Leistung
- 631a\* T-Profil aus geschweißten Flachstählen, Abmessungen und Schweißnähte nach stat. Berechnung, bauseitige Leistung

\* mit Korrosionsschutz nach DIN 18 800 Teil 1

Detail-Nr. 320422

HEBEL Wandplatten liegend angeordnet

Attika-Mittelverankerung an Stahlbetonkonstruktion



Charakteristischer Widerstand  $V_{Rk}$  [kN]  
je Verankerungslasche

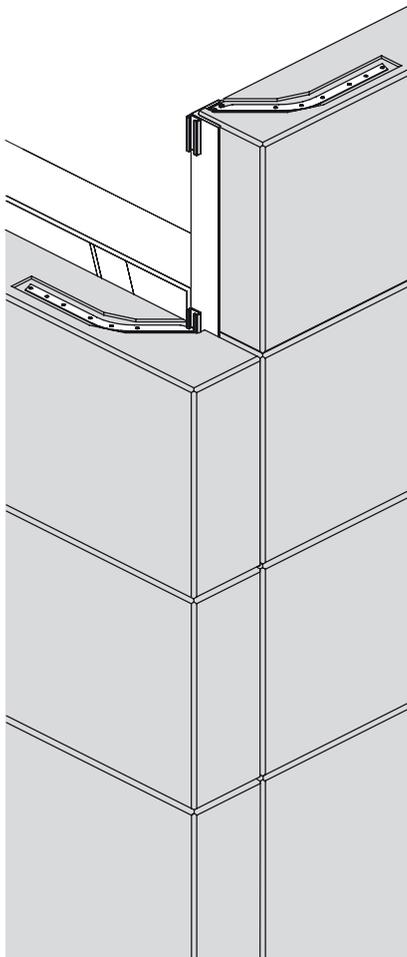
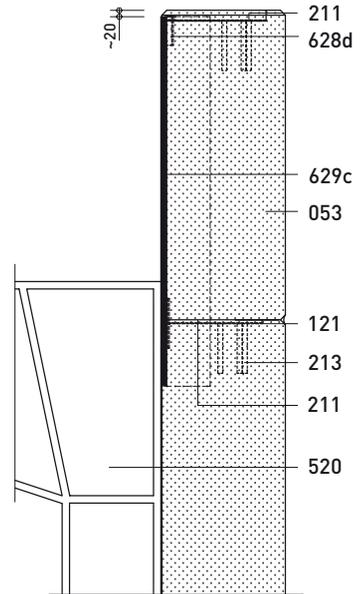
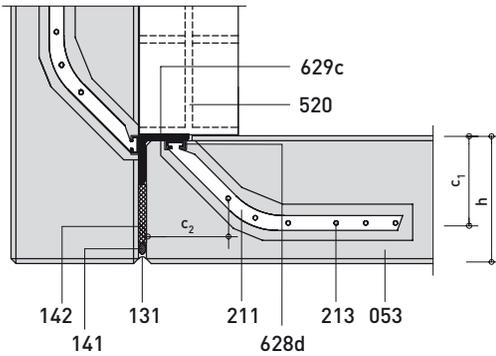
Verankerungs- typ	Plattendicke h	$c_1$ $c_2$	Ankerschiene 38/17	
			P 3,3	P 4,4
17	150	siehe Zulassung	-	-
	175		-	3,2
16	200		-	6,0
	250		6,0	6,0
	300		6,0	6,0
	365/375		6,0	6,0

- 053 Hebel Wandplatte
- 121 Kleber und Fugenfüller
- 131 Plastoelastische Fugenmasse
- 141 PE-Rundschnur, offenporig, nicht wassersaugend
- 142 Mineralfaserplatte
- 211 Nagellasche, Ausführung gem. Zulassung Z-21.8-1857
- 213 Hülsen Nagel, Edelstahl
- 510 Stahlbetonkonstruktion
- 628k Ankerschiene 38/17 G, Ausführung gemäß Zulassung der Ankerschienenhersteller,  $l = 100 \text{ mm}$ ,  $a = 3 \text{ mm}$ , oberste Ankerschiene zuschweißen
- 631d\* T-Profil, aus geschweißten Flachstähen, Abmessungen und Schweißnähte nach stat. Berechnung
- 641 Ankerplatte, Abmessungen nach stat. Berechnung, bauseitige Leistung

\* mit Korrosionsschutz nach DIN 18 800 Teil 1

K

Detail-Nr. 310612  
 HEBEL Wandplatten liegend angeordnet  
 Attika-Eckverankerung an Stahlkonstruktion



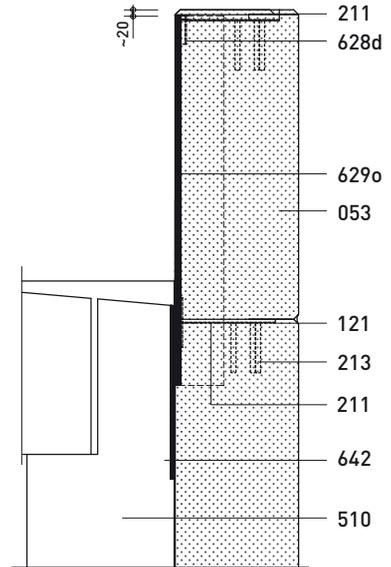
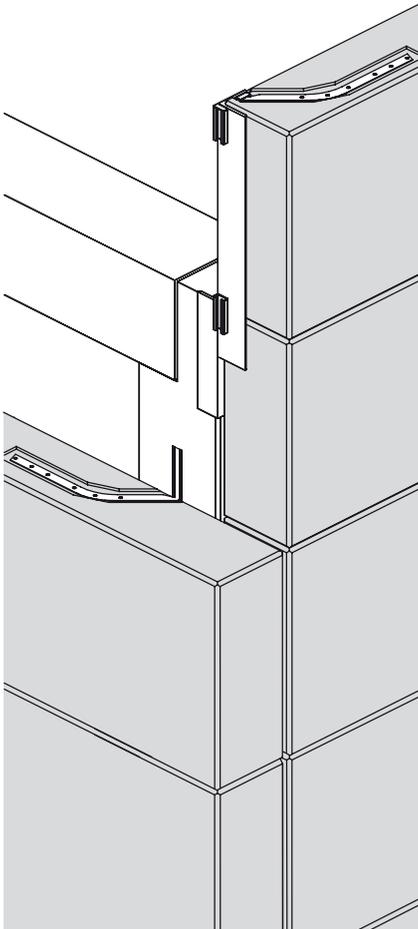
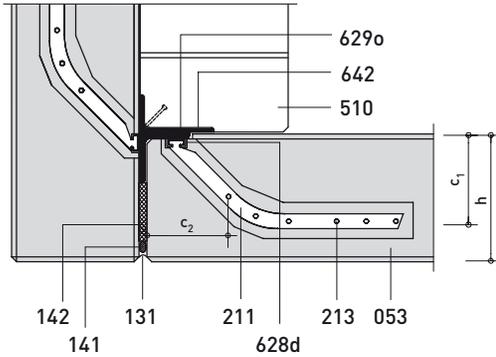
Charakteristischer Widerstand  $V_{RK}$  [kN]  
 je Verankerungslasche

Verankerungs- typ	Plattendicke h	$c_1$ $c_2$	Ankerschiene 38/17	
			P 3,3	P 4,4
17	150	siehe Zulassung	-	-
	175		-	3,2
16	200		-	6,0
	250		6,0	6,0
	300		6,0	6,0
	365/375		6,0	6,0

- 053 HEBEL Wandplatte
- 121 Kleber und Fugenfüller
- 131 Plastoelastische Fugenmasse
- 141 PE-Rundschnur, offenporig,  
nicht wassersaugend
- 142 Mineralfaserplatte
- 211 Nagellasche, Ausführung gem. Zulassung  
Z-21.8-1857
- 213 Hülsen Nagel, Edelstahl
- 520 Stahlkonstruktion
- 628d Ankerschiene 38/17 G, Ausführung gemäß  
Zulassung der Ankerschienenhersteller,  
l = 100 mm, a = 3 mm, oberste Ankerschiene  
zuschweißen, bauseitige Leistung
- 629c\* Winkel-Profil, Abmessungen und Schweißnähte  
nach stat. Berechnung, bauseitige Leistung

\* mit Korrosionsschutz nach DIN 18 800

Detail-Nr. 320612  
 HEBEL Wandplatten liegend angeordnet  
 Attika-Eckverankerung an Stahlbetonkonstruktion



Charakteristischer Widerstand  $V_{RK}$  [kN]  
 je Verankerungslasche

Verankerungs- typ	Plattendicke h	$c_1$ $c_2$	Ankerschiene 38/17	
			P 3,3	P 4,4
17	150	siehe Zulassung	-	-
	175		-	3,2
16	200		-	6,0
	250		6,0	6,0
	300		6,0	6,0
	365/375		6,0	6,0

- 053 HEBEL Wandplatte
- 121 Kleber und Fugenfüller
- 131 Plastoelastische Fugenmasse
- 141 PE-Rundschnur, offenporig,  
nicht wassersaugend
- 142 Mineralfaserplatte
- 211 Nagellasche, Ausführung gem. Zulassung  
Z-21.8-1857
- 213 Hülseinnagel, Edelstahl
- 510 Stahlbetonkonstruktion
- 628d Ankerschiene 38/17 G, Ausführung gemäß  
Zulassung der Ankerschienenhersteller,  
l = 100 mm, a = 3 mm, oberste Ankerschiene  
zuschweißen, bauseitige Leistung
- 629o\* Winkel-Profil, Abmessungen und Schweißnähte  
nach stat. Berechnung
- 642 Ankerwinkel, Abmessungen nach stat. Berech-  
nung, bauseitige Leistung

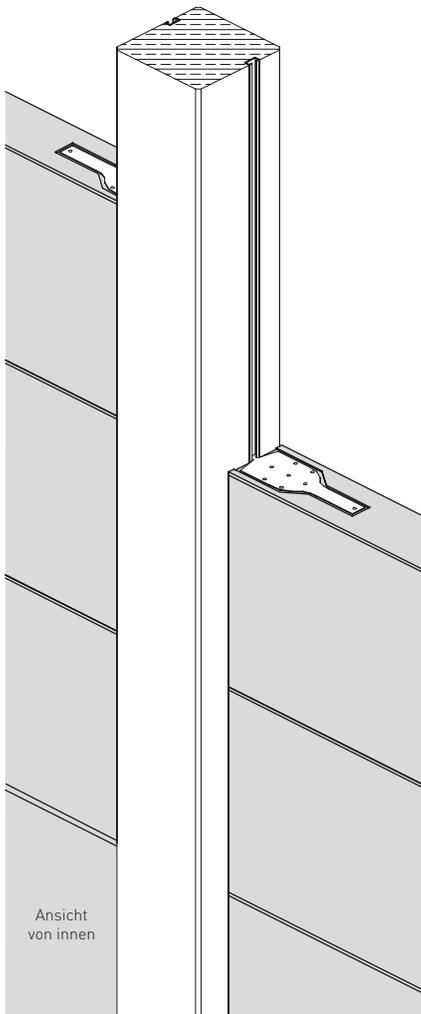
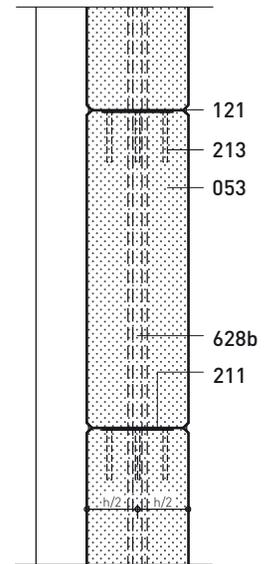
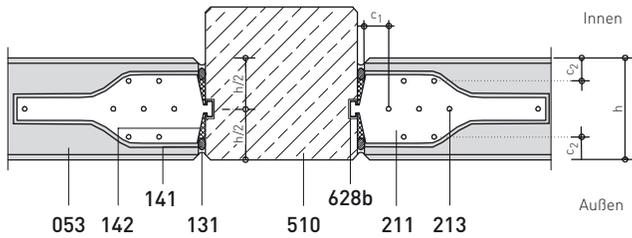
\* mit Korrosionsschutz nach DIN 18 800

K

Detail-Nr. 32601

HEBEL Wandplatten liegend angeordnet

Verankerung zwischen Stahlbetonkonstruktion



K

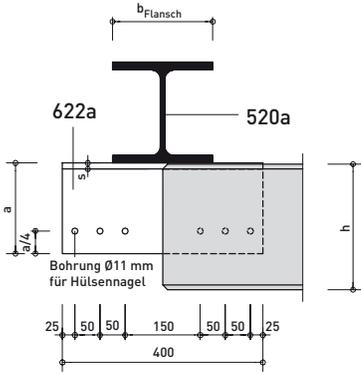
Charakteristischer Widerstand  $V_{RK}$  [kN]  
je Verankerungslasche

Verankerungstyp	Plattendicke h	c <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	Ankerschiene 38/17
			P 4,4
12	200	siehe Zulassung	4,5
	250		4,5
	300		4,5
	365/375		4,5

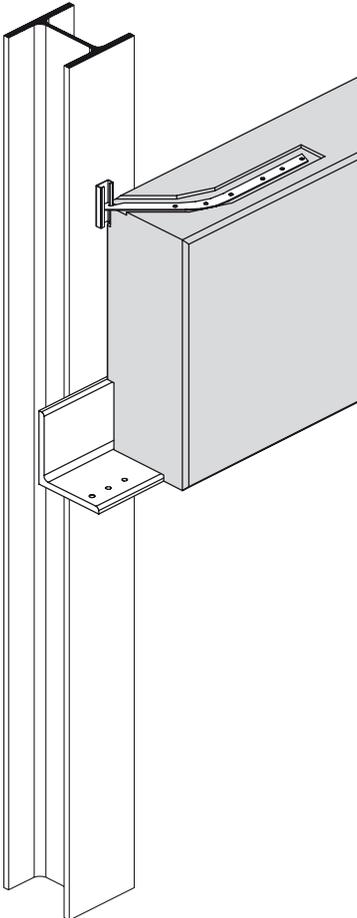
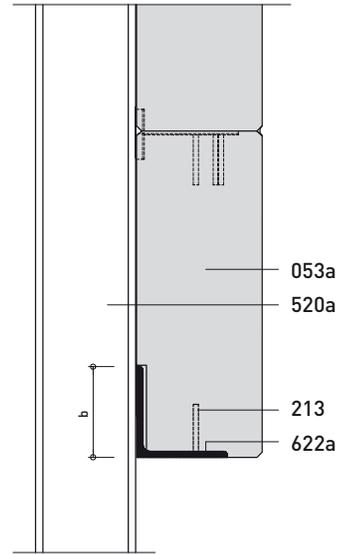
- 053 HEBEL Wandplatte
- 121 Kleber und Fugenfüller
- 131 Plastoelastische Fugenmasse
- 141 PE-Rundschnur, offenporig, nicht wassersaugend
- 142 Mineralfaserplatte
- 211 Nagellasche, Ausführung gem. Zulassung Z-21.8-1857
- 213 Hülse, Edelstahl
- 510 Stahlbetonkonstruktion
- 628b Ankerschiene 38/17, Ausführung gemäß Zulassung der Ankerschienenhersteller, durchlaufend oder in Stücken, bauseitige Leistung

## Detail-Nr. 311222

### HEBEL Wandplatten liegend angeordnet Auflagerkonsole an Stahlkonstruktion



Maße in mm.



Plattendicke h	empf. Mindest-Stützenprofil	Abmessungen der Konsolen			
		a	b	s	l
150	IPE 200	100	65	11	400
175	HE-B 100	130	65	12	400
200	HE-B 120	130	65	12	400
250	HE-B 160	180	180	16	400
300	HE-B 200	250	250	20	400

Auflast nach statischer Berechnung

Für Plattendicke  $h = 365/375$  mm erfolgt die Konsol-  
ausbildung wie in Detail 321222

053a HEBEL Wandplatte als Sturz-Wandplatte

213 Hülseinnagel, Edelstahl

520a Stahlkonstruktion,  
Mindestabmessung lt. Tabelle

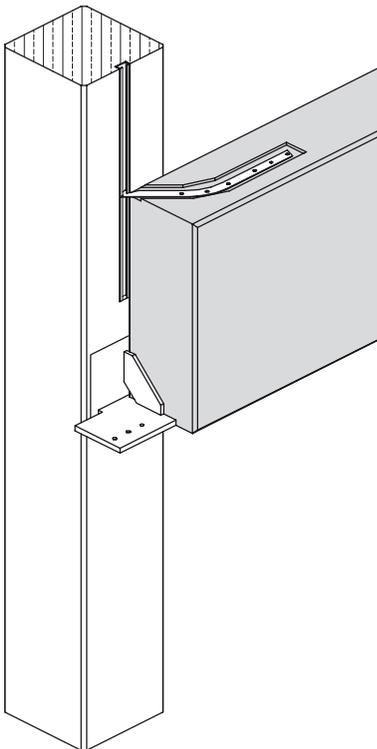
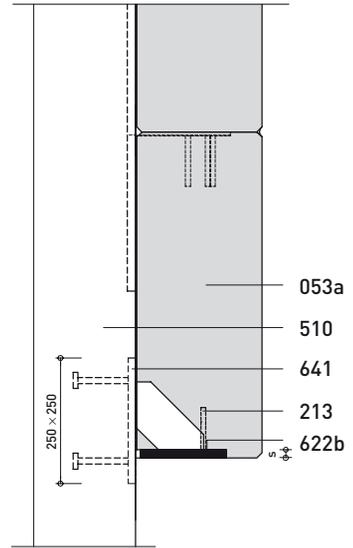
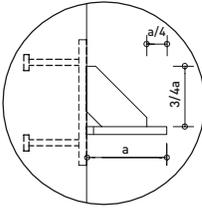
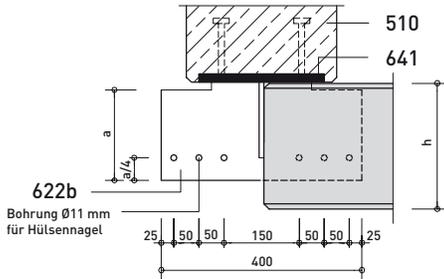
622a\* Auflagerkonsole, Schweißnaht  $a = 4$  mm  
umlaufend, bauseitige Leistung

\* mit Korrosionsschutz nach DIN 18800-1

K

Detail-Nr. 321222

HEBEL Wandplatten liegend angeordnet  
Auflagerkonsole an Stahlbetonkonstruktion



Plattendicke h	Abmessungen der Fußplatte			
	a	x	s	l
150	100	x	10	400
175	130	x	12	400
200	130	x	12	400
250	180	x	15	400
300	250	x	15	400
365/375	300	x	18	400

Auflasten nach statischer Berechnung

053a HEBEL Wandplatte als Sturz-Wandplatte

213 Hülseinnagel, Edelstahl

510 Stahlbetonkonstruktion

622b\* Auflagerkonsole, Fußplatte lt. Tabelle,  
Schweißnaht  $a = 4$  mm umlaufend

641 Ankerplatte,  $250 \times 250$  mm, Dicke nach stat.  
Berechnung, bauseitige Leistung

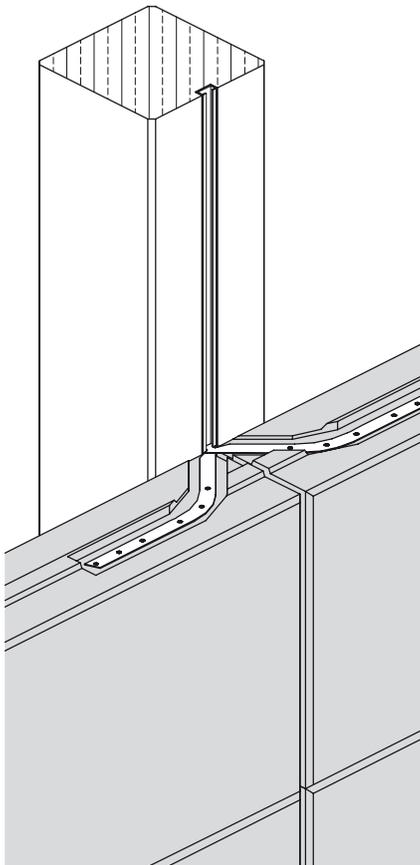
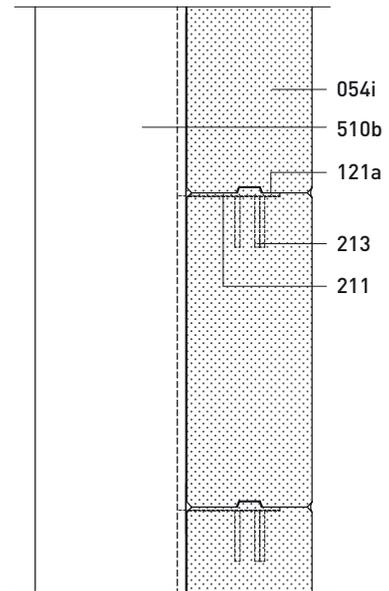
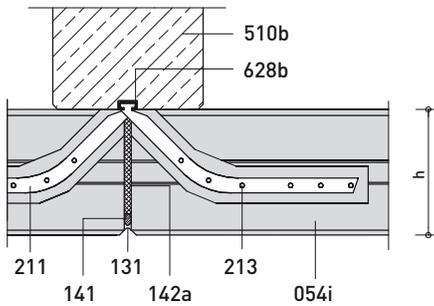
\* mit Korrosionsschutz nach DIN 18800-1

Detail-Nr. 325012

Brand- und Komplextrennwand

HEBEL Brand- oder Komplextrennwandplatten liegend angeordnet

Mittelverankerung an Stahlbetonkonstruktion



Mindestdicke von Brandwänden bzw. Komplextrennwänden

Druckfestigkeitsklasse	Rohdichteklasse	Plattendicke h [mm]	
		Brandwände	Komplextrennwände
P 4,4	0,55	≥ 175	≥ 250

- 054i HEBEL Brand- oder Komplextrennwandplatte mit Nut und Feder
- 121a Kleber und Fugenfüller, Aufstandsfläche vollflächig verklebt
- 131 Plastoelastische Fugenmasse
- 141 PE-Rundschnur, offenporig, nicht wassersaugend
- 142a Mineralfaserplatte, Baustoffklasse A nach DIN EN 13162,  $\rho \geq 30 \text{ kg/m}^3$ , Schmelzpunkt  $\geq 1.000 \text{ °C}$
- 211 Nagellasche, Ausführung gem. Zulassung Z-21.8-1857
- 213 Hülse, Edelstahl
- 510b Stahlbetonkonstruktion, F 90 (bei Brandwänden) oder F 180 (bei Komplextrennwänden) nach DIN 4102-4 erforderlich
- 628b Ankerschiene 38/17, Ausführung gemäß Zulassung der Ankerschienehersteller, durchlaufend oder in Stücken, bauseitige Leistung

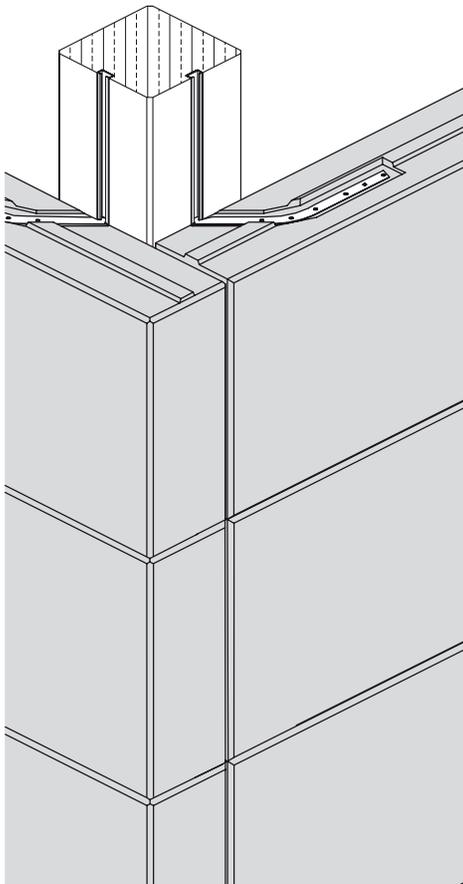
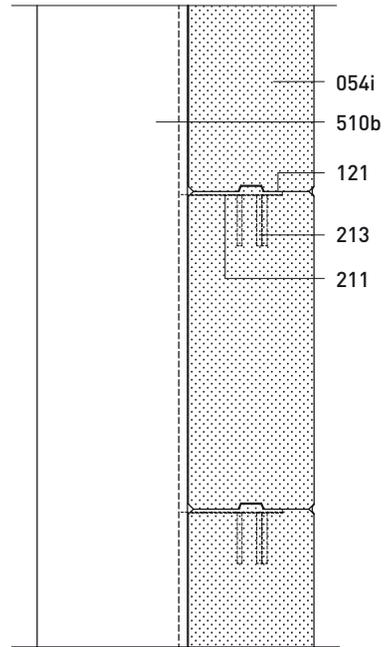
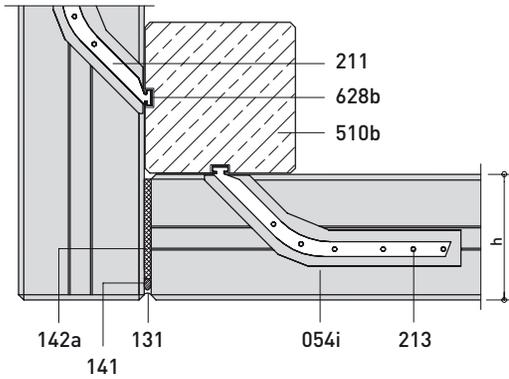
K

Detail-Nr. 325162

Brand- und Komplextrennwand

HEBEL Brand- oder Komplextrennwandplatten liegend angeordnet

Eckverankerung an Stahlbetonkonstruktion



Mindestdicke von Brandwänden bzw. Komplextrennwänden

Druckfestigkeitsklasse	Rohdichteklasse	Plattendicke h [mm]	
		Brandwände	Komplextrennwände
P 4,4	0,55	≥ 175	≥ 250

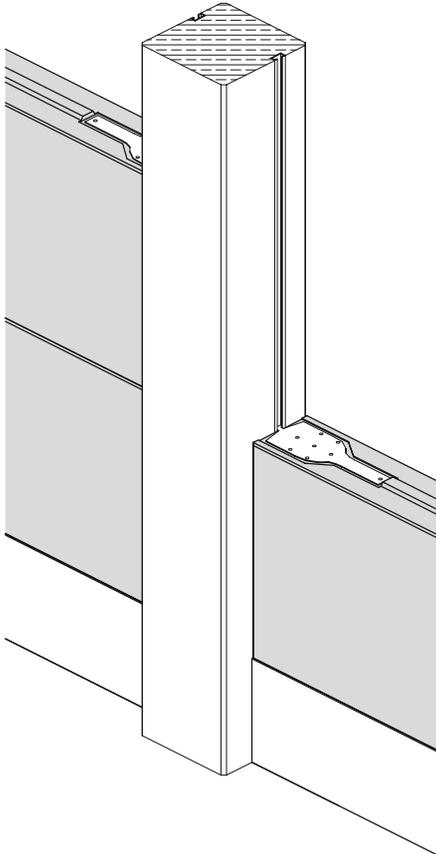
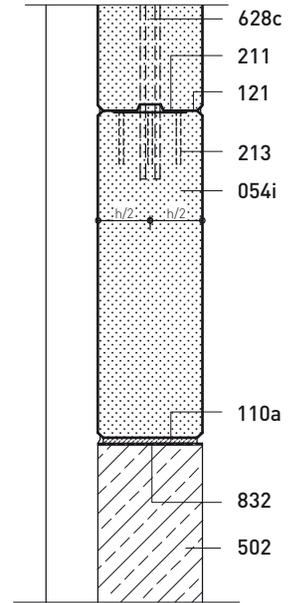
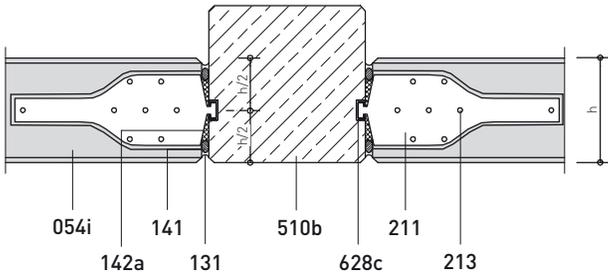
- 054i HEBEL Brand- oder Komplextrennwandplatte mit Nut und Feder
- 121 Kleber und Fugenfüller
- 131 Plastoelastische Fugenmasse
- 141 PE-Rundschnur, offenporig, nicht wassersaugend
- 142a Mineralfaserplatte, Baustoffklasse A nach DIN EN 13162,  $\rho \geq 30 \text{ kg/m}^3$ , Schmelzpunkt  $\geq 1.000 \text{ °C}$
- 211 Nagellasse, Ausführung gem. Zulassung Z-21.8-1857
- 213 Hülsennagel, Edelstahl
- 510b Stahlbetonkonstruktion, F 90 (bei Brandwänden) oder F 180 (bei Komplextrennwänden) nach DIN 4102-4 erforderlich
- 628b Ankerschiene 38/17, Ausführung gemäß Zulassung der Ankerschienenhersteller, durchlaufend oder in Stücken, bauseitige Leistung

Detail-Nr. 32552

Brand- und Komplextrenwand

HEBEL Brand- oder Komplextrenwandplatten liegend angeordnet

Verankerung zwischen Stahlbetonkonstruktion



Mindestdicke von Brandwänden bzw. Komplextrenwänden

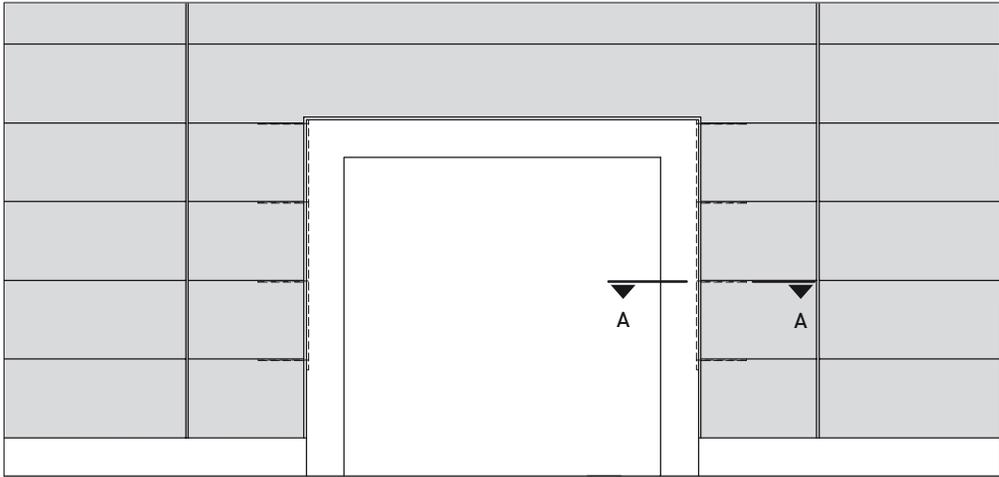
Druckfestigkeitsklasse	Rohdichteklasse	Plattendicke h [mm]	
		Brandwände	Komplextrenwände
P 4,4	0,55	≥ 175	≥ 250

- 054i HEBEL Brand- oder Komplextrenwandplatte mit Nut und Feder
- 110a Mörtel MG III als Mörtelbett,  $d \sim 10$  mm
- 121 Kleber und Fugenfüller
- 131 Plastoelastische Fugenmasse
- 141 PE-Rundschnur, offenporig, nicht wassersaugend
- 142a Mineralfaserplatte, Baustoffklasse A nach DIN EN 13162,  $\rho \geq 30$  kg/m<sup>3</sup>, Schmelzpunkt  $\geq 1.000$  °C
- 211 Nagellasche, Ausführung gem. Zulassung Z-21.8-1857
- 213 Hülse, Edelstahl
- 502 Sockel/Fertigteilssockel
- 510b Stahlbetonkonstruktion, F 90 (bei Brandwänden) oder F 180 (bei Komplextrenwänden) nach DIN 4102-4 erforderlich
- 628c Ankerschiene 38/17, Ausführung gemäß Zulassung der Ankerschienenhersteller, durchlaufend oder in Stücken, bauseitige Leistung
- 832 Feuchtigkeitsabdichtung

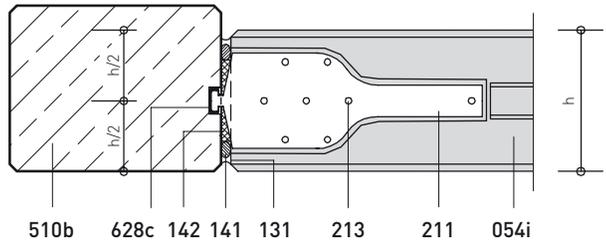
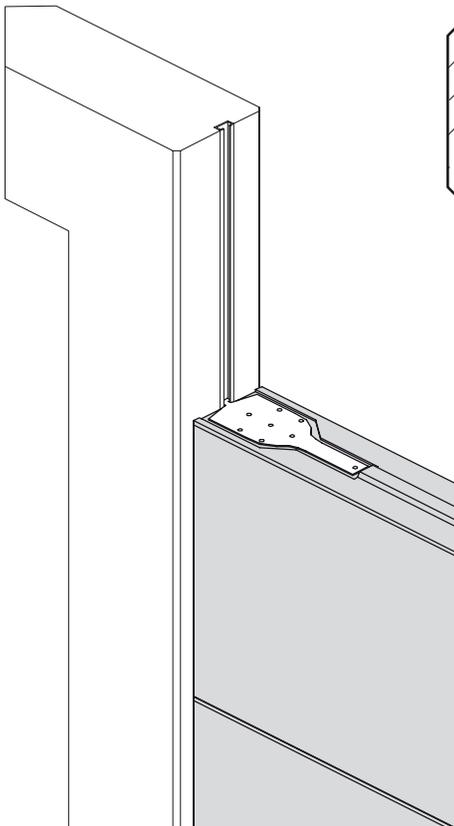
Detail-Nr. 32095

HEBEL Brand- oder Komplextrennwandplatten liegend angeordnet

Torrahmen für Feuerschutztor in Brand- und Komplextrennwänden



SCHNITT A - A



Mindestdicke von Brandwänden bzw. Komplextrennwänden

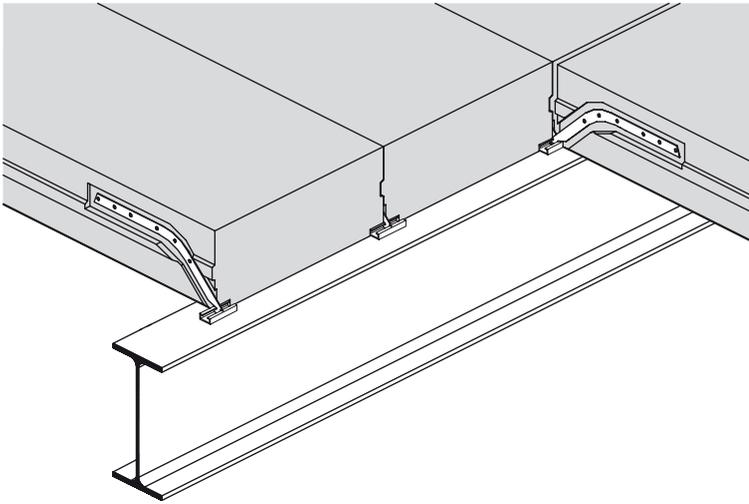
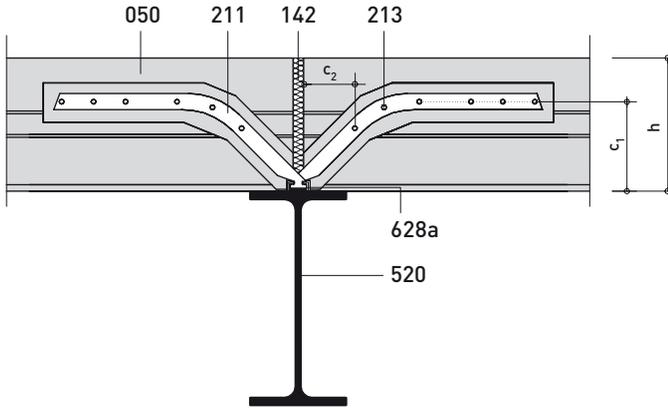
Druckfestigkeitsklasse	Rohdichteklasse	Plattendicke h [mm]	
		Brandwände	Komplextrennwände
P 4,4	0,55	≥ 175	≥ 250

- 054i HEBEL Brand- oder Komplextrennwandplatte mit Nut und Feder
- 131 Plastoelastische Fugenmasse
- 141 PE-Rundschnur, offenporig, nicht wassersaugend
- 142 Mineralfaserplatte
- 211 Nagellasche, Ausführung gemäß Zulassung Z-21.8-1857
- 213 Hülsen Nagel, Edelstahl
- 510b Stahlbetonkonstruktion, F 90 (bei Brandwänden) oder F 180 (bei Komplextrennwänden) nach DIN 4102-4 erforderlich
- 628c Ankerschiene 38/17, Ausführung gemäß Zulassung der Ankerschienenhersteller, durchlaufend oder in Stücken, bauseitige Leistung

Detail-Nr. 110022

HEBEL Dachplatten mit Nut und Feder

Mittelverankerung auf Stahlkonstruktion



K

Auf diese Verankerung kann im Hinblick auf die Windlasten objektgebunden im Mittelbereich der Dachfläche verzichtet werden. Definition Rand- und Eckbereich siehe DIN 1055-4

- 050 HEBEL Dachplatte mit Nut und Feder
- 142 Mineralfaserplatte
- 211 Nagellasche, Ausführung gem. Zulassung Z-21.8-1857
- 213 Hülsennagel, Edelstahl
- 520 Stahlkonstruktion
- 628a Ankerschiene 38/17 G, Ausführung gemäß Zulassung der Ankerschienenhersteller, l = 100 mm, a = 3 mm, bauseitige Leistung

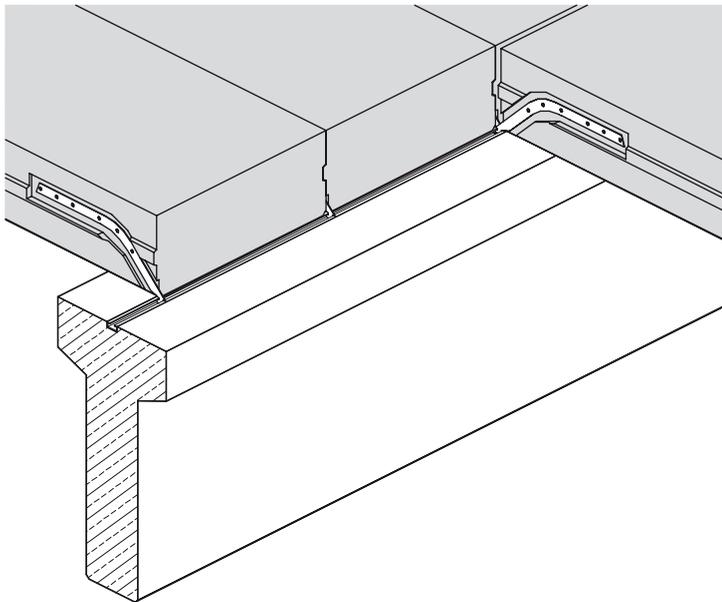
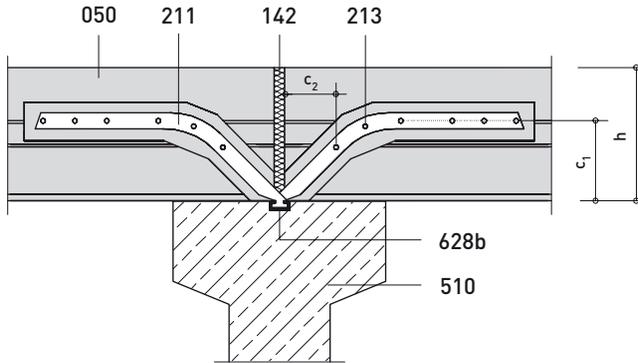
Charakteristischer Widerstand  $V_{RK}$  [kN] je Verankerungslasche

Verankerungstyp	Plattendicke h	c <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	Ankerschiene 38/17
			P 4,4
17	150	siehe Zulassung	-
	175		3,2
16	200		6,0
	250		6,0
	300		6,0

Detail-Nr. 120022

HEBEL Dachplatten mit Nut und Feder

Mittelverankerung auf Stahlbetonkonstruktion



K

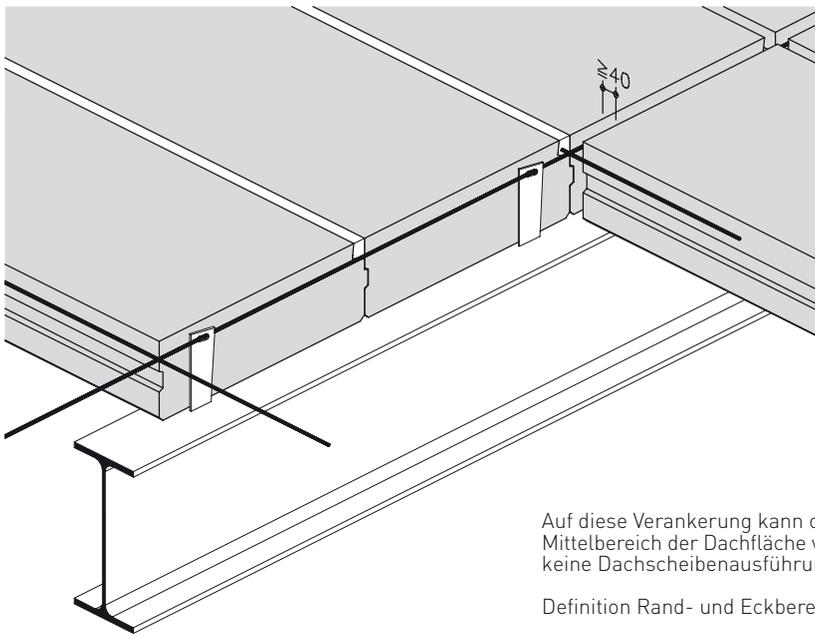
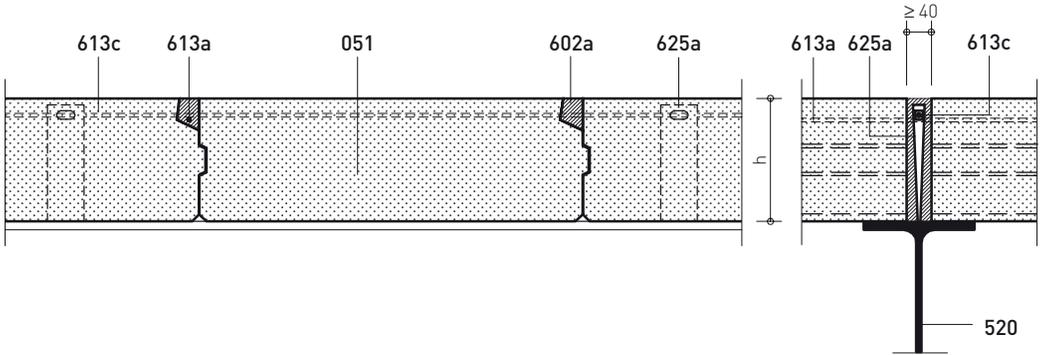
Auf diese Verankerung kann im Hinblick auf die Windlasten objektgebunden im Mittelbereich der Dachfläche verzichtet werden.  
Definition Rand- und Eckbereich siehe DIN 1055-4

- 050 HEBEL Dachplatte mit Nut und Feder
- 142 Mineralfaserplatte
- 211 Nagellasche, Ausführung gem. Zulassung Z-21.8-1857
- 213 Hülsennagel, Edelstahl
- 510 Stahlbetonkonstruktion
- 628b Ankerschiene 38/17, Ausführung gemäß Zulassung der Ankerschienenhersteller, durchlaufend oder in Stücken, bauseitige Leistung

Charakteristischer Widerstand  $V_{RK}$  [kN]  
je Verankerungslasche

Verankerungstyp	Plattendicke h	$c_1$ $c_2$	Ankerschiene 38/17
			P 4,4
17	150	siehe Zulassung	-
	175		3,2
16	200		6,0
	250		6,0
	300	6,0	

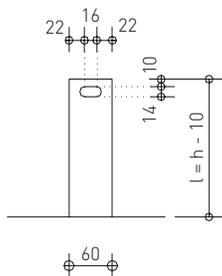
Detail-Nr. 11010  
 HEBEL Dachplatten  
 Mittelverankerung auf Stahlkonstruktion



K

Auf diese Verankerung kann objektgebunden im Mittelbereich der Dachfläche verzichtet werden, sofern keine Dachscheibenausführung gewünscht wird.

Definition Rand- und Eckbereich siehe DIN 1055-4.



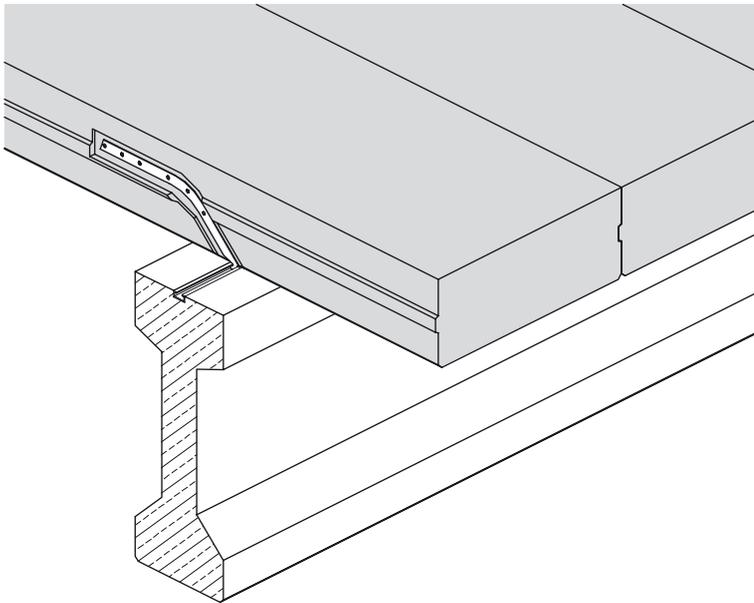
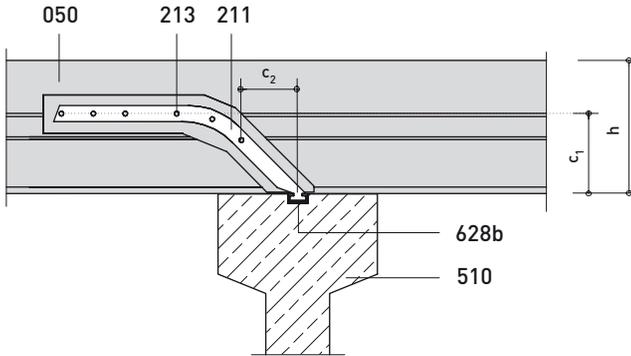
Maße in mm.

- 051 HEBEL Dachplatten
- 520 Stahlkonstruktion
- 602a Verfüllung Mörtel MG III, DIN 1053
- 613a Abhubsicherung BSt 500 S, Ø 6 mm/l 1.000 mm, als Steckstab
- 613c Abhubsicherung BSt 500 S, Ø 6 mm/l, als durchlaufende Fugenbewehrung
- 625a Halblech 60 × 5 × (h - 10), Abstand = 1000 mm, bauseitige Leistung

Detail-Nr. 120612

HEBEL Dachplatten mit Nut und Feder

Endverankerung auf Stahlbetonkonstruktion, mit Ortgangüberstand



K

- 050 HEBEL Dachplatte mit Nut und Feder
- 211 Nagellasche, Ausführung gem. Zulassung  
Z-21.8-1857
- 213 Hülsen Nagel, Edelstahl
- 510 Stahlbetonkonstruktion
- 628b Ankerschiene 38/17, Ausführung gemäß Zulassung der Ankerschienenhersteller, durchlaufend oder in Stücken, bauseitige Leistung

Charakteristischer Widerstand  $V_{RK}$  [kN]  
je Verankerungslasche

Verankerungstyp	Plattendicke h	$c_1$ $c_2$	Ankerschiene 38/17
			P 4,4
17	150	siehe Zulassung	-
	175		3,2
16	200	siehe Zulassung	6,0
	250		6,0
	300		6,0

# Allgemeine Verarbeitungshinweise für HEBEL Produkte

## Geltungsbereiche

Für die Verarbeitung von HEBEL Produkten sind die VOB Teil B und C, die geltenden DIN-Normen und Zulassungsbescheide, die Unfallverhütungs-Vorschriften, die Merkblätter der Berufsgenossenschaft, unsere Leistungsbeschreibung sowie die Montagezeichnungen und Verlegepläne mit den dazugehörigen Details zu beachten.

## Bauvoraussetzungen

Voraussetzungen für eine fachgerechte und wirtschaftliche Montage sind beispielsweise:

### Tragkonstruktion

Die Fertigstellung der Tragkonstruktion muss ebenso gewährleistet sein wie Maßgenauigkeit, Sockelhöhen, Achsmaße, Höhenmaße, Höhenlage der Konsolen und der Stützenfluchten.

### Baustellenvorklärung

Eine gute Arbeitsvorbereitung auf der Baustelle ist die beste Voraussetzung für einen schnellen und rationellen Baufortgang. HEBEL Bauteile werden verarbeitungsgerecht angeliefert.

Die Befahrbarkeit der Baustelle von allen Außen-seiten des Gebäudes, der Zufahrtswege sowie der Lager- und Verarbeitungsplätze mit 40-t-LKW und Autokran muss gewährleistet sein.

Die Bodenverhältnisse müssen so beschaffen sein, dass die Baustelle bei jeder Witterung gut befahrbar und ohne Behinderung erreichbar ist.

Bei HEBEL Montagebauteilen können durch die Zusammenfassung der Platten zu Paketen maximale Transportgewichte von 4 t pro Plattenpaket auftreten. Für die Ermittlung der Paketgewichte sind für P 3,3-0,50 790 kg/m<sup>3</sup> und für P 4,4 840 kg/m<sup>3</sup> anzusetzen.

Fragen der Gerüststellung sind zwischen den Vertragspartnern rechtzeitig abzustimmen. Strom (380 V/32 A) und Wasser sind bauseits zur Verfügung zu stellen.

### Anmerkung zu Maßangaben

Bei den in diesem Handbuch angegebenen Abmessungen handelt es sich um Bauteilabmessungen, wie sie auch in DIN-Normen und Zulassungen genannt sind. Davon abweichend können in anderen Unterlagen auch Systemmaße (Baurichtmaße) genannt sein.

## Vorbereitung der Verarbeitung

Bei der Montage von HEBEL Dach-, Decken- und Wandplatten müssen die Angaben der Lieferwerke, Materiallisten und die Verlegepläne beachtet werden. Ist die Tragfähigkeit einer Platte durch starke Beschädigung vermindert, so darf diese weder ausgebessert noch verlegt werden.

Bei Transport, Lagerung und Montage von HEBEL Bauteilen sind die entsprechenden Sicherheitshinweise zu beachten, die bei Xella Aircrete Systems angefordert oder im Internet unter [www.hebel.de](http://www.hebel.de) abgerufen werden können.

### Ausbesserungen vorschriftsmäßig und sauber ausführen

Eventuelle Transport- oder Montagebeschädigungen, welche die statischen Eigenschaften der Platte nicht beeinträchtigen, sind – möglichst vor dem Verlegen – nach vorherigem Anfeuchten der Schadstelle mit Porenbeton-Füllmörtel auszubessern.

Wenn durch Beschädigung die Bewehrung sichtbar geworden ist und auch der Rostschutz beschädigt wurde, ist mit dem vom Lieferwerk empfohlenen Rostschutzmittel nachzubessern. Nach Trocknung kann ausgebessert werden.

### Winterbaumaßnahmen beachten

HEBEL Dach- und Deckenplatten sind gemäß VOB, Teil B, § 4/5 als bauseitige Leistung vom Auftraggeber vor Eis und Schnee zu schützen.

Für das Abtauen von Schnee und Eis darf kein Salz verwendet werden; evtl. Gasbrenner einsetzen. Ausbesserungsarbeiten sind während der Frostperiode zu vermeiden.

## Schutzmaßnahmen

### Unfallschutz beachten

- Binder nicht einseitig belasten!
- Bestehende Montageverbände nicht entfernen!
- Unfallverhütungsvorschriften der Bauberufsgenossenschaft beachten!
- Von den Bauüberwachungsbehörden verlangte Sicherheitsgerüste sowie alle übrigen Sicherheitsmaßnahmen berücksichtigen!
- Unter schwebenden Lasten und unter einem in Montage befindlichen Dach- und Deckenabschnitt muss jeder Personenverkehr unterbunden werden!

### Gesundheitsschutz

Bei der Montage von HEBEL Bauteilen und bei den Folgearbeiten kommen Ergänzungswerkstoffe zum Einsatz. Da diese Produkte Zement und/oder Kalk enthalten können, sind Schutzmaßnahmen gemäß Gefahrstoffverordnung erforderlich.

Gleiches gilt für andere Stoffe wie Beschichtungen oder Grundierungen, wobei auch die eventuelle Feuergefährlichkeit zu beachten ist.

### Schutz von Bauteilen

Bei besonders aggressiven Umweltbedingungen (siehe DIN 1045 Tabelle 10, Zeilen 3 und 4) müssen die Porenbeton-Montagebauteile durch geeignete Maßnahmen, die auch die Fugenbereiche erfassen müssen, zusätzlich geschützt werden.

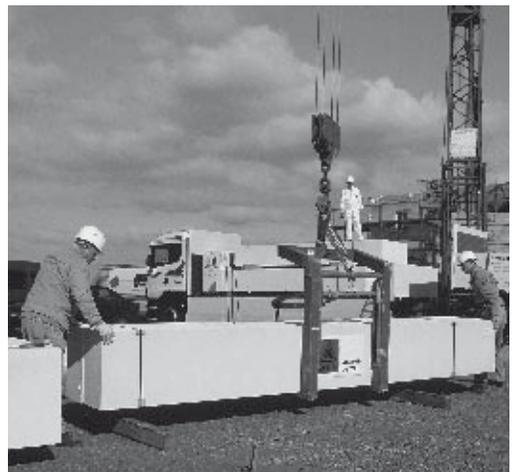
Die Schutzmaßnahmen sind auf die Art der Einwirkungen abzustimmen (z. B. Beschichtung bei erhöhter CO<sub>2</sub>-Konzentration).

## Materialtransport

### Transport zur Baustelle

Die Verpackungseinheiten sind so gewählt, dass sich eine optimale Auslastung der Transportkapazitäten ergibt. Damit kann pro LKW wesentlich mehr Material transportiert werden, als dies bei anderen, schwereren Baustoffen der Fall ist.

Die Anzahl der Transportfahrten, die nötig ist, um die Baustelle zu beliefern, wird erheblich reduziert, damit sinkt auch die Verkehrs- und Umweltbelastung.



Just-in time: Lieferung nach Baufortschritt.

# Normen und Zulassungen für Bauteile aus HEBEL

## Porenbeton

Bauteile, Baukonstruktionen und bauliche Anlagen sind aufgrund der Länderbauordnungen so zu errichten, zu ändern und zu unterhalten, dass Leben und Gesundheit nicht gefährdet werden. Es sind dabei die allgemeinen und anerkannten Regeln der Bautechnik zu beachten, insbesondere die technischen Baubestimmungen.

### Vorbemerkung

Zur Umsetzung der 1988 beschlossenen europäischen Bauproduktenrichtlinie wurde das Bauproduktengesetz (BauPG) erlassen.

Bezugsdokumente der hinsichtlich des BauPG überarbeiteten neuen Landesbauordnungen bezüglich der Verwendbarkeit von Bauprodukten sind die Bauregellisten A, B und Liste C.

Die Bauregelliste A gilt für Bauprodukte und Bauarten im Sinne der Landesbauordnungen (z. B. bauaufsichtlich eingeführte Normen und Zulassungen). Die Bauregelliste B gilt für Bauprodukte mit CE-Konformitätszeichen. In Liste C sind Produkte mit untergeordneten bauordnungsrechtlichen Anforderungen aufgeführt.

Die Herstellung, Bemessung und Anwendung von HEBEL Bauteilen muss mit den nachstehend genannten, in der Bauregelliste A Teil 1 des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBT) bekannt gemachten technischen Regeln oder mit den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen bzw. Prüfzeugnissen oder mit einer Zustimmung im Einzelfall übereinstimmen.

Zur Bestätigung dieser geforderten Übereinstimmungsnachweise tragen alle HEBEL Bauteile das Übereinstimmungszeichen – Ü-Zeichen.

Die Normen der VOB, Teil C, sind stets zu beachten. Porenbeton wird in älteren Normen noch als „Gasbeton“ bezeichnet.

DIN-Vorschriften		
DIN	488	Betonstahl
DIN	1045	Beton und Stahlbeton
DIN	1053	Mauerwerk
DIN	1055	Lastannahmen für Bauten
DIN	1363	Feuerwiderstandsprüfungen
DIN	4102	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
DIN	4108	Wärmeschutz im Hochbau
DIN	4109	Schallschutz im Hochbau
DIN	4223	Bewehrte Dach- und Deckenplatten aus dampfgehärtetem Gas- und Schaumbeton
DIN V	4701	Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen
DIN EN ISO	6946	Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchlasskoeffizient
DIN EN ISO	10211	Wärmebrücken im Hochbau
DIN EN	13162	Wärmedämmstoffe für Gebäude
DIN EN ISO	13370	Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Wärmeübertragung über das Erdreich
DIN	13501	Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten
DIN EN ISO	13786	Wärmetechnisches Verhalten von Bauteilen
DIN EN	13829	Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden
DIN ISO	14025	Umweltkennzeichnungen und Deklarationen
DIN	18195	Bauwerksabdichtung
DIN	18550	Putz, Baustoffe und Ausführung
DIN V	18599	Energetische Bewertung von Gebäuden
DIN	18800	Stahlbauten
DIN	18801	Stahlhochbau Bemessung, Konstruktion, Herstellung
DIN	55928	Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge

N

Folgende Zulassungsbescheide für Montagebauteile aus Porenbeton der Marke HEBEL stehen im Internet zum Download unter [www.hebel.de](http://www.hebel.de) zur Verfügung:

Zulassungsbescheide Verankerung	
Z-2.1-10.3.1	Nagellaschenverbindung (Zuglaschen mit Hülsennägeln) zur punktförmigen Befestigung von bewehrten Wandplatten und Dachplatten aus dampfgehärtetem Porenbeton der Festigkeitsklassen 3,3 und 4,4
Z-2.1-14.1	KREMO-Ankerbleche zur punktförmigen Befestigung von bewehrten Wandplatten aus dampfgehärtetem Porenbeton der Festigkeitsklassen 3,3 und 4,4
Z-2.1-14.2	H&L-Ankerbleche zur punktförmigen Befestigung von bewehrten Wandplatten aus dampfgehärtetem Porenbeton der Festigkeitsklassen 3,3 und 4,4
Z-2.1-38	Verankerungsmittel für Porenbeton-Montagebauteile
Z-21.8-1857	Xella Nagellaschen (Typ 12 und Typ 16) zur Verankerung von Porenbetonmontagebauteilen

Für Ergänzungsprodukte liegen, soweit erforderlich, weitere Zulassungen, Bescheide, Prüfzeugnisse und Übereinstimmungszertifikate vor.

Das „W“ der HEBEL Bauteile steht für „wärmedämmtechnisch fremdüberwacht“: Durch eine verschärfte Form der Qualitätsüberwachung wird eine niedrigere Wärmeleitfähigkeit gesichert als in DIN 4108-4: 2004-07 angegeben. Diese bessere Wärmedämmung wird durch die Zulassungsbescheide bzw. durch Veröffentlichung im Bundesanzeiger bescheinigt.

## Index

Zum Gebrauch:

Der besseren Übersichtlichkeit wegen werden in diesem Index Produktnamen vereinfachend ohne den Markennamen „HEBEL“ genannt, z. B.:

Dachplatten	34
statt	
HEBEL Dachplatten	34

## A

Abdichtung: siehe Feuchtigkeitsabdichtung  
Abfangkonsolen: siehe Konsolen  
Abhängehaken 56  
Abladebügel 28  
Achismaße 183  
Acryl-Außenbeschichtung 52 f  
Acryl-Spachtel 53  
Anker: siehe Dübel  
Ankerbolzen 74  
Ankerschienen 72 ff  
Anlagentechnik 114  
Anlieferung 24  
Anschlussfugen: siehe Fugen  
Arbeitsplatzbedingungen 195  
Arbeitsvorbereitung 219  
A-Schalldruckpegel 172 ff  
Auflager  
  Dachplatten 37, 90  
  Deckenplatten 95 f  
Auflagerkonsolen: siehe Konsolen  
Auflast  
  Wandplatten 69  
Ausbesserungen 219  
Auskragungen  
  Dachplatten 35, 91  
Aus Kühlverhalten 120  
Ausschreibungen 23  
Außenbeschichtung 49 ff  
  Renovierung 53  
  Wandplatten 49 ff  
Außendruckbeiwert 66  
Außenlärm 159 ff  
Außenlärmpegel  
  maßgeblicher 159 f  
  zulässiger 166  
Außenwand 22  
  Wandplatten 25  
Aussparungen: siehe Öffnungen  
Autoklaven 16

## B

Bauphysik 99 ff  
Bauproduktengesetz 221  
Bauregelliste 221

Bau-Schalldämm-Maß 156  
Baustellenvorklärung 219  
Baustoffklasse 25, 147 ff  
Baustoffklasse nach DIN 4102 26  
Bausystem 21 ff  
  Gebäude im Wirtschaftsbau 22  
Befestigungen 57 ff  
Behaglichkeit 120  
Bekleidungen: siehe Fassadenbekleidungen  
Bemessung  
  Brandwandplatten 79  
  Dachplatten 80 ff  
  Deckenplatten 94 ff  
  Komplextrennwandplatten 79  
  Wandplatten 62 ff  
Beratung 23  
Beschichtung 49 ff  
Betondachsteine 55  
Betonverguss  
  Deckenplatten 41  
Bewegungsfugen: siehe Fugen  
Bewehrung 15  
  Dachplatten 80  
  Dachscheiben 91  
  Deckenplatten 94  
  Wandplatten 62  
Biegemoment  
  Dachscheiben 91  
Blocklasten  
  Wandplatten 69  
Blower-Door-Test 111  
Bohrungen  
  Dachplatten 37  
  Deckenplatten 40  
  Wandplatten 28  
Brandschutz: siehe Brandsicherheit  
Brandschutzverglasungen 32, 150  
Brandsicherheit 14, 146  
  Brandwandplatten 30  
  Dachplatten 34, 152  
  Einstufung der HEBEL Bauteile 150  
  Klassifizierung 150  
  Komplextrennwandplatten 33  
  Wände 151  
Brandsicherheitsdach 149  
Brandsicherheitswände 26  
Brandverhalten von Baustoffen 147 f

Brandwände 30 ff, 149 ff  
Brandwandplatten 30, 79  
Brüstungshöhe 188  
Brüstungswandplatten 71

## C

Calciumhydroxid 17  
Calcium-Silikat-Hydrat 17

## D

Dachdeckung 38  
Dächer 22, 34 ff  
  Abdichtung 55  
  belüftet 55  
  Dachdeckung 55  
  Dachhaut 55  
  Formen 34  
  nicht belüftet 55  
Dachplatten 34 ff  
Dachscheiben 37, 91  
  Bemessung 92  
  Bewehrung 91  
  Typen 91  
Dampfdruck-Ausgleichsschicht  
  Dach 55  
Dampfhärtung 17  
Decken 22, 39  
  abgehängt 56  
Deckenplatten 39 ff  
Deckenplatten-Verlegezange 41  
Deponierung 18  
Dichtheitsprüfung 111  
Dienstleistungen 23  
Diffusionsdiagramme 141 ff  
Diffusionsnachweis 139  
Diffusionsverhalten  
  Beschichtung 49  
  Porenbeton-Bauteile 14, 136  
DIN-Vorschriften 221  
Dispersions-Klebemörtel 44 ff  
Dispersionssilikatbeschichtung 51  
Drahtabhängiger 56  
Druckbogen-Zugband-System 91 f

Druckfestigkeit, charakteristische  
  Dachplatten 36, 80  
  Deckenplatten 39, 94  
  Wandplatten 26, 62  
Druck- und Schubkraftübertragung  
  Dachscheiben 92  
Dübel 57 ff  
Dübelhersteller 58  
Dünnbettmörtel 29

## E

Eigenlast  
  Brandwandplatten 79  
  Dachplatten 80  
  Deckenplatten 94  
  Komplextrennwandplatten 79  
  Wandplatten 62  
Eignungsprüfung I 155  
Eignungsprüfung III 155  
Elastizitätsmodul 62  
Elementierung 189  
Elementkleber 45  
Energieausweis 116  
Energiebedarf 108  
Energieeffizienz 106  
Energieeinsparverordnung 106 ff  
  Anforderungen 107 f  
Energiesparen 100, 120  
EPD 18  
Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz 119

## F

Farbgestaltung  
  Außenbeschichtung 50  
Fassadenbekleidungen 54  
Fensterpfeiler 188  
Feuchtegehalt 135 f  
Feuchteschutz 135  
Feuchtigkeitsabdichtung 44  
  Wände  
    horizontal 28, 44  
Feuchtigkeitsausfall 135  
Feuchtigkeitsschutz 44  
Feuerschutz: siehe Brandsicherheit

Feuerschutztüren 31 f, 150  
Feuerwiderstandsdauer 25, 147, 151  
Feuerwiderstandsfähigkeit 148  
Feuerwiderstandsklasse 25 f, 148 f  
Flachdach: siehe Dächer  
Flächenlasten  
    Brandwandplatten 79  
    Komplextrennwandplatten 79  
    Wandplatten 62  
Fluglärm 161  
Folgearbeiten 24, 43 ff  
Formate  
    Brandwandplatten 31  
    Dachplatten 36  
    Deckenplatten 40  
    Komplextrennwandplatten 33  
    Wandplatten 27  
Fugen 44 ff  
    Anschlussfugen 48  
    Bewegungsfugen 48  
    Fugentiefe 47  
    horizontal 47 f  
        Wandplatten, liegend 47  
        Wandplatten, stehend 47  
    Kleber und Fugenfüller 45  
    konstruktiv bedingt 48  
    Längsfugen 45  
    vertikal 47 f  
        Wandplatten, liegend 47  
        Wandplatten, stehend 47  
Fugengewehrung  
    Deckenplatten 41  
Fugendichtungsmasse  
    elastoplastisch 47  
    plastoelastisch 46  
    Materialbedarf 46  
Fugenverguss  
    Deckenplatten 41  
Füllmörtel 219

## G

Gebäudeheizung 100  
Gebäudezonierung 109  
Gebrauchstauglichkeit 98

## Geräte

Abladebügel 28  
Montagedorn 28  
Verlegebügel 38  
Verlegezange 38, 41  
Gesamtenergieeffizienz 116  
Geschwindigkeitsdruck 63  
Gesundheitsschutz 220  
Gewährleistung 17  
Gewerbe- und Industrielärm 161  
Gewindebolzen 58  
Grundgeräuschpegel 154  
Grundierung 51  
Güteüberwachung 17

## H

Haltekonstruktionen 75 ff  
Halteteile  
    Wandplatten 72 ff  
HEBEL Bausystem 21 ff  
HEBEL Bauteile 21 ff  
Heizkosten 121  
Herstellung von Porenbeton 15 ff

## I

Immisionsrichtwerte für Anlagengeräusche 167  
Innenausbau 24  
Innenbeschichtung 56  
Innengeräuschpegel 166 f  
Innenwand 22  
Instandhaltung 196

## J

Jahres-Primärenergiebedarf 107

## K

Kiesschüttung 55  
Kippaussteifung 37  
Kleber und Fugenfüller 44 ff  
Klimaanlagen 121

Komplextrennwände 33, 149 ff  
Komplextrennwandplatten 33  
    Stoßbelastung 79  
Kondensationszonen 136  
Konsolen 75 ff  
    aus Flachstahl 75  
    aus Winkelstahl 76  
    Tragfähigkeit 75  
Konstruktionsdetails 197 ff  
Körperschall 156  
Korrosionsschutz  
    Ankerschienen 78  
    Plattenbewehrung 17  
    Verankerungen und Haltekonstruktionen 77  
Kriechzahl 97  
Kunstharz-Dispensionsbeschichtung 52  
Kunststoff-Dachbahnen 55

## L

Labor-Schalldämm-Maß, bewertetes 156  
Längsfugen 45  
Längsseiten  
    Wandplatten 27  
Lastannahmen  
    Dachplatten 80  
    Wandplatten 63  
Lastfälle  
    Wandplatten 69  
Lautheit 153  
Leistungen  
    Vertriebspartner 23  
    Xella 23  
Luftdichtheit 14, 112, 182  
    Prüfung 111  
Luftschall 156  
Luftschichtdicke, diffusionsäquivalente 136  
    Beschichtung 49

## M

Masse, flächenbezogene 157  
Massivbaustoff 14  
Materialkennwerte  
    Brandwandplatten 79  
    Dachplatten 80  
    Deckenplatten 94  
    Komplextrennwandplatten 79  
    Wandplatten 62  
Materialtransport 220  
Metallabdeckungen 55  
Metallfassaden 54  
Modularität 189  
Montage: siehe Verarbeitung  
Montagebeschädigungen 219  
Montagedorn 28  
Mörtelbett  
    Wandplatten 28

## N

Nachhallzeit 167 f  
Nachhaltigkeit 18, 181  
Nägels 57  
Nagel-Anker 57  
Nagellasche  
    Endverankerung 73  
    Mittelverankerung 73  
    Verankerung zwischen Stützen 73  
Normen 221  
Norm-Trittschallpegel, einzuhaltender 157  
Nuten: siehe Profilierung  
Nut-und-Feder-Profilierung: siehe Profilierung  
Nutzenergie 109  
Nutzung 195  
Nutzungsänderungen 196

## O

- Oberflächenbehandlung
  - Wandplatten
    - außen 49 ff
    - innen 56
- Oberflächentemperatur 120
- Öffnungen
  - in Dachplatten 91
  - in Deckenplatten 95
  - in Wänden 187
  - in Wandplatten 28
- Öko-Label 19

## P

- PE-Rundschnur 47
- Phasenverschiebung 129 ff
- Planung 23, 183
  - Dachplatten 35, 181
  - Deckenplatten 39, 40
  - Wandplatten 187 ff
- Plattenlastfälle
  - Wandplatten 69
- Poren 17
- Porenbeton-Nägel 57
- Porenbildner 16
- Primärenergiebedarf 107, 114
- Primärenergieverbrauch
  - Herstellung 18
- Produktion: siehe Herstellung
- Produkt-Kenndaten
  - Brandwandplatten 79
  - Dachplatten 36
  - Deckenplatten 39
  - Elementkleber 45
  - Kleber und Fugenfüller 44
  - Komplextrennwandplatten 79
  - plastoelastische Fugenmasse 46
  - Wandplatten 26
- Produktpalette 22
- Produktqualität 17
- Profilieren 16
- Profilierung
  - Dachplatten 35, 37
  - Deckenplatten 40
  - Wandplatten 27

## Q

- Qualitätssicherung 17
- Quarzsand 15
- Querdehnungszahl
  - Wandplatten 62
- Querkräfte, zulässige
  - Wandplatten 72

## R

- Randlasten
  - Wandplatten 69
- Rasterplanung 183
- Raumklima 14, 120 ff, 195
- Raumlufttemperatur 120
- Recycling 18
- Referenzgebäude 108
- Regeln der Bautechnik 221
- Regenschutz 135
- Relaxation 97
- Ringanker
  - Deckenplatten 41
- Ringkupplung 28
- Rohdichte
  - Brandwandplatten 79
  - Dachplatten 80
  - Deckenplatten 94
  - Komplextrennwandplatten 79
  - Wandplatten 62
- Rohstoffe 15, 18

## S

- Sägen
  - Dachplatten 37
  - Deckenplatten 40
  - Wandplatten 28
- Schadstoffe 16
- Schadstoffemissionen
  - Herstellung 18
- Schallabsorption 15, 165 ff
  - Schallabsorptionsfläche, äquivalente 168
  - Schallabsorptionsgrad 168
- Schallabstrahlung 166 ff
- Schallausbreitung 168

- Schalldämm-Maß
  - bewertetes 155 ff
  - Korrekturwerte 158 ff
  - erforderliches resultierendes
    - Anforderungen 159
    - Außenwände 161
- Schalldämm-Maße von HEBEL Porenbeton-Bauteilen
  - Dächer 165
  - Wände
    - einschalig 155, 162
    - Wände mit vorgehängter Fassade 163
- Schalldruckpegel 156
- Schallpegel 153 f, 167
  - Abnahme 168
  - Minderung 167
  - Verlauf 167
- Schallquelle 154
- Schallschutz 15, 153 ff
  - Außenwände 161
  - Dächer 165
  - Nachweisführung 155
  - Prüfungen 155
- Schallschutzanforderungen 153, 159
  - Außenwände 162
- Schallschutznachweise
  - Außenwände 159 ff
- Scheibenbelastung 69
- Scheibenlastfälle
  - Wandplatten 69
- Schienenverkehrslärm 161
- Schlagregenschutz 44, 135
- Schlankheit
  - Wandplatten 71
- Schneelasten 85 ff
- Schneiden der Bauteile 16
- Schrauben 58
- Schubspannung
  - Dachplatten 80
  - Deckenplatten 94
  - Wandplatten 62
  - Brandwandplatten 79
  - Komplextrennwandplatten 79
- Schutz gegen Außenlärm 159
- Schwinden 97
- Service 23
- Sheddach 34
- Sicherheitsmaßnahmen 220
- Silikat-Außenbeschichtung 51
- Silikon-Außenbeschichtung 50
- Sonneneintragskennwert 123 f
- Spachtelung
  - Acryl-Außenbeschichtung 53
  - Silikat-Außenbeschichtung 52
  - Silikon-Außenbeschichtung 51
- Spannungsrelaxation 97
- Standard-Lieferprogramm
  - Brandwandplatten 31
  - Dachplatten 36
  - Deckenplatten 40
  - Komplextrennwandplatten 33
  - Wandplatten 27
- Statik 61 ff
  - Brandwandplatten 79
  - Dachplatten 80 ff
  - Deckenplatten 94 ff
  - Komplextrennwandplatten 79
  - Wandplatten 62 ff
- Stirnut-Verankerung 74
- Stoßfugen: siehe Fugen
- Straßenverkehrslärm 160
- Strukturierung
  - Acryl-Außenbeschichtung 53
  - Silikat-Außenbeschichtung 51
  - Silikon-Außenbeschichtung 50 f
- Sturzwandplatten 25
- Stützweiten, maximale
  - Dachplatten 89
  - Deckenplatten 94

## T

- Tauwasserbildung 135 ff
  - HEBEL Dachplatten 140
  - HEBEL Wandplatten 142
  - Wassermasse 137 ff
- Tauwasserschutz 135
- Teilsicherheitsbeiwerte 98
- Temperaturamplitudenverhältnis 130 ff
- Temperaturdämpfung 14, 130, 146
- Temperaturschwankungen 129 f
- Tobermorit 17
- Tonnendach 34

Transmissionswärmeverlust 103  
Transport 24, 220  
Transportanker 28  
Transportbeschädigungen 219  
Transportlastfall  
  Wandplatten 70  
Trittschall 155 ff

## U

Übereinstimmungsnachweise 221  
Umbau 196  
Umnutzung 196  
Umweltproduktdeklaration 18  
Unfallschutz 219 f  
Unterdecken, leichte 56  
Untergrund-Vorbehandlung  
  Acryl-Außenbeschichtung 52  
  Elementkleber 46  
  Kleber und Fugenfüller 44  
  plastoelastische Fugenmasse 46  
  Silikat-Außenbeschichtung 51  
  Silikon-Außenbeschichtung 50  
Unterhaltskosten 195  
Unternehmen 3  
U-Wert: siehe Wärmedurchgangskoeffizient  
U-Wert, mittlerer 106, 110

## V

Verankerung: siehe auch Konstruktionsdetails  
  Alu-Deckschienen 74  
  Ankerbolzen 74  
  Ankerschienen 72  
  charakteristischer Widerstand 73 f  
  Korrosionsschutz 77  
  Nagellasche 73  
  Nageltechnik 73  
  Verankerungstypen 73 f  
  Wandplatten 72 ff  
    Eckverankerung 73  
    Mittelverankerung 73  
    Schraubverbindungen 74  
    Verankerungsmittel 72  
  Winkel 74

Verankerungsmittel 72 f  
Verarbeitung 21, 24, 194 f  
  Acryl-Außenbeschichtung 52  
  Dachplatten 34  
  Deckenplatten 40  
  Elementkleber 46  
  Kleber und Fugenfüller 44  
  plastoelastische Fugenmasse 47  
  Silikat-Außenbeschichtung 51  
  Silikon-Außenbeschichtung 50  
  Wandplatten 28  
Verarbeitungshinweise 219  
Verformung bei Hitzeeinfluss 146  
Verformungsverhalten 97  
Verfugung: siehe Fugen  
Verkehrslasten  
  Dachplatten 80  
Verklebung  
  Längsfugen von HEBEL Wandplatten 45  
Verlegebügel  
  für Dachplatten 38  
Verlegen: siehe Verarbeitung  
Verlegezange  
  für Dach- und Deckenplatten 38, 41  
Vertriebspartner 23  
Vorhangfassaden 54

## W

Wandabdichtungen: siehe Feuchtigkeitsabdichtung  
Wandplatten 25 ff  
  Abmessungen, empfohlene  
    liegend angeordnet 69  
    stehend angeordnet 71  
  als Brüstungswandplatten 71  
  als Sturzwandplatten 71  
  Befestigung 72  
  Belastung 69  
  Bemessung 62 ff  
  Planung 187 ff  
Wärmebrücken 14, 105, 111, 181  
Wärmebrückenkatalog 105  
Wärmedämmung 14, 100  
Wärmedehnungskoeffizient 97

Wärmedehnzahl 26, 36, 39  
Wärmedurchgangskoeffizient 103  
  Dachplatten 104  
  Decken 104  
  Montagebauteile 104  
  Wandplatten 104  
Wärmedurchgangskoeffizient, mittlerer 107,  
  110  
Wärmedurchgangswiderstand 103  
Wärmedurchlasswiderstand 101  
  Luftschichten 102  
  Montagebauteile 104  
Wärmeeindringkoeffizient 127  
Wärmekapazität  
  spezifische 127  
Wärmeleitfähigkeit 100  
  HEBEL Porenbeton 101  
Wärmeschutz  
  sommerlicher 113 ff  
    Nachweis 122  
    Simulationsrechnung 132  
  winterlicher 100 ff  
    Nachweis 108  
Wärmespeicherfähigkeit 113, 127  
Wärmespeicherung 14  
Wärme, spezifische 128  
Wärmeübergangswiderstand 102  
Wasseraufnahmekoeffizient  
  Baustoff 145  
  Beschichtung 49  
Wasserdampfdiffusionswiderstand 136, 139  
Wasserdampf-Durchlässigkeit  
  Beschichtung 49  
Wasserdampfsättigungsdruck 139  
Wasserdampfteildruck 139  
Wassereindringzahl  
  Beschichtung 49  
Wasserverkehrslärm 161  
Wetterschutz 52  
Widerstand, charakteristischer  
  von Verankerungen 73, 74  
Winddichtheit: siehe Luftdichtheit  
Winddruck 65  
Windgeschwindigkeit 63

Windlast  
  Dachplatten 80  
  Wandplatten 63 ff  
Winterbaumaßnahmen 220  
  Deckenplatten 41  
Wirtschaftlichkeit 179 ff  
Wirtschaftsbau-Bausystem 22  
Witterungsschutz  
  Dächer 55  
  Montagebauteile 49  
W-Überwachung 222

## Z

Zonierung 109  
Zugdehnung 97 ff  
Zulassungsbescheide 221  
Zusatzdämmung  
  Dach 55  
Zwischenstützenverankerung 72 f



# Impressum

## Herausgeber:

Xella Aircrete Systems GmbH  
Dr.-Hammacher-Straße 49  
47119 Duisburg

## Technische Bearbeitung:

Edgar Hang, Dipl.-Ing.; Xella Aircrete Systems GmbH  
Michael Protz, Dipl.-Ing.; Xella Aircrete Systems GmbH  
Torsten Schoch, Dipl.-Ing.; Xella Technologie- und Forschungsgesellschaft mbH

## Redaktion:

Franz Kuhagen, Dipl.-Wirtsch.-Ing.; Xella Aircrete Systems GmbH  
Peter Gräf; Gräf und Team GmbH

## Beiträge:

Dr. rer. nat. H. D. Gruschka;  
DR. GRUSCHKA Ingenieurgesellschaft mbH  
Beratende Ingenieure VBI, Bensheim

## Literatur/Quellen:

DIN-Normen  
Zulassungsbescheide  
Prüfzeugnisse  
Berichtshefte des Bundesverbandes Porenbeton  
Untersuchung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik · IBP, Stuttgart

## Realisation:

Gräf und Team GmbH  
Hiltenspergerstraße 11  
80798 München

## Druck:

MPS, München

# Bildnachweis

Seite 54, rechts oben  
LKH Kunststoffwerk GmbH & Co. KG, Haiger

Weitere Fotos:  
HEBEL Bilddatenbank  
Bundesverband Porenbeton



Xella Aircrete Systems in Deutschland.