

JETZT MIT WANDPLATTE
 $U = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

HEBEL HAND BUCH



 hebel

Hebel Handbuch Wirtschaftsbau

Vorwort

Seit über 70 Jahren produziert Hebel weiße, hochwärmedämmende Wand- und Dachbaustoffe aus Porenbeton – sowohl für den Wirtschaftsbau als auch für den Wohnbau. Der Qualitätsbaustoff geht zurück auf Josef Hebel, der den Gedanken hatte, rationeller, moderner und schneller zu bauen. Er eröffnete 1943 das erste Hebel Werk und legte mit dem Hebel Montagebauteil den Grundstein für eine Erfolgsgeschichte. Gerade in der Nachkriegszeit, als Ressourcen und Arbeitskräfte knapp waren, konnte sich die Idee, komplette Bauteile mit den wenigen vorhandenen Mitteln bereits im Werk zu produzieren und diese auf der Baustelle lediglich fertig zu montieren, etablieren. Bis heute gilt dieses Verfahren als fortschrittlich. Immer neue Innovationen folgten im Laufe der Jahre. Geschosshohe Wandtafeln, Massivdächer, Massivtreppen und sogar ganze modulare Bausysteme veränderten die Baubranche auf nachhaltige Weise.

Die Vielseitigkeit der Bauteile steigerte im Laufe der Jahre die Nachfrage. Gleichzeitig wuchs der Informationsbedarf und Planer und Anwender wünschten sich einen zeitgemäßen Kundenservice. Daher wurde vor gut 50 Jahren das Hebel Handbuch entwickelt. Mit seiner inhaltlichen Tiefe, die weit in bautechnologische und bauphysikalische Grundlagen hineinreicht, handelt es sich um ein umfassendes Nachschlagewerk, das viele nützliche Informationen liefert und somit die tägliche Arbeit erleichtert.

Manfred Streng

Vertriebsleitung
Xella Aircrete Systems GmbH

Wir freuen uns, Ihnen die nunmehr 15. Auflage des Hebel Handbuches zu präsentieren. Auf über 230 Seiten finden Sie alles zur Planung und zur Verarbeitung von Hebel Wand- und Dachbaustoffen aus Porenbeton.

Ganz besonders hervorzuheben sind unsere neuen, großformatigen Wandelemente, die eine Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,10 \text{ W/(mK)}$ und einen Wärmedurchgangskoeffizienten von bis zu $U = 0,26 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ besitzen. Mit ihnen ist es möglich, Bürogebäude oder Kopfbauten einschalig, monolithisch zu errichten und dabei die aktuellen Anforderungen der Energieeinsparverordnung voll zu erfüllen.

Das neue Produkt vereint alle Eigenschaften der bewährten Hebel Montagebauteile, besonders im Bereich Brandschutz ist der Baustoff führend. Porenbeton brennt nicht, raucht nicht und tropft nicht ab. Auch bei großer Hitze bilden sich keine Risse oder Fugen, Wände und Dächer bleiben gas- und rauchdicht. Diese Eigenschaften machen die Bauteile zu einer wirksamen Komponente im baulichen Brandschutz.

Nutzen Sie unsere Expertise und unser Know-How und überzeugen Sie sich selbst davon, dass die Marke Hebel für Qualität und technische Kompetenz steht!

Torsten Schinkel

Leiter Produktmanagement Hebel
Xella Deutschland GmbH

NEUHEIT!

Hebel Wandplatten mit $U = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



Entdecken Sie die neuen, großformatigen Hebel Wandplatten. Sie ermöglichen die Erstellung einschaliger, monolithischer und vollmassiver Gebäudehüllen von Büro- und Verwaltungsbauten sowie Hallen mit Kopfbauten, die zugleich energetisch hochwertig, luftdicht und wärmebrückenreduziert sind.

Verbesserte Wärmedämmeigenschaften

Mit einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,10 \text{ W}/(\text{mK})$ und einem Wärmedurchgangskoeffizienten von $U = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ bei einer Wanddicke von 36,5 cm hat Hebel die Wärmedämmeigenschaften von großformatigen Porenbetonelementen um rund 25 Prozent verbessert. Die aktuellen Anforderungen der EnEV an gewerblich genutzte Gebäude mit einer Innentemperatur ≥ 19 Grad Celsius werden vollumfänglich erfüllt. Somit können Wirt-





schaftsbauten in einschaliger Bauweise ohne zusätzliche Dämmmaßnahmen an der Außenwand errichtet werden. Neben einem optimalen Wärmeschutz – Sommer wie Winter – kann vollmassiver Porenbeton auch bei anderen wichtigen Eigenschaften wie Stabilität, Einbruchsicherheit, Raumklima, Schall- und Brandschutz überzeugen.

Bürogebäude und Hallen mit Kopfbauten – monolithisch, einschalig und wirtschaftlich

Bei modernen Wirtschaftsbauten spielen vor allem eine genaue Planung und zeitnahe Errichtung eine wichtige Rolle. Die neuen Hebel Wandplatten erfüllen die EnEV Anforderungen für Kopfbauten mühelos. Ein Wechsel des Baustoffs ist daher nicht notwendig – das spart Zeit und Geld. Dabei sind gestalterischen Freiheiten kaum Grenzen gesetzt. Porenbeton eignet sich problemlos zum Anbringen von Fassadenverkleidungen aller Art, zum Beispiel aus

Metall, Kunststoff oder Glas. Die Stahlskelett- oder Stahlbetonskelettkonstruktionen sowohl von Hallen samt Kopfbauten, als auch von Büro- und Verwaltungsgebäuden können mit den neuen Hebel Wandplatten wirtschaftlich und schnell geschlossen werden. Die Montage der speziell für den Wirtschaftsbau dimensionierten Elemente erfolgt nach bewährtem Industriestandard. Die Wandplatten können liegend oder stehend angeordnet und zwischen, vor oder hinter einer Tragwerkskonstruktion montiert werden. Bei einer charakteristischen Druckfestigkeit $f_{ck} = 3,5 \text{ MPa}$ nach DIN EN 12602 sind maximal zugelassene Wandhöhen ohne Zwischenabfangung von 20 m möglich.

Ohne aufwendige Folgearbeiten

Die Porenbeton Wandplatten werden im Außenbereich mit einer schlagregendichten und diffusionsoffenen Wetterschutzbeschichtung versehen, die zugleich der Fassadengestaltung dienen

kann. Ein Putz- oder Wärmedämmverbundsystem ist nicht notwendig. Im Innenbereich genügt ein einfacher Anstrich – ohne weitere Trockenbaumaßnahmen. Zusammenfassend betrachtet lässt sich mit bewährter Ausführungstechnik eine energetisch hochwertige, luftdichte und wärmebrückenoptimierte Gebäudehülle wirtschaftlich in nur einem Arbeitsgang errichten, die während der gesamten Betriebszeit dauerhaft werthaltig ist.

Beste bauphysikalische Eigenschaften

Da die neuen Hebel Wandplatten $\lambda=0,10 \text{ W/(mK)}$ monolithisch und einschalig verbaut werden, werden sämtliche aus dem Wohnungsbau bekannten bauphysikalischen Eigenschaften von Porenbeton vollumfänglich auf den Gewerbebau übertragen. Wärmespeicherung, Auskühlverhalten und Amplitudendämpfung

wirken sich günstig auf das Raumklima aus. So trägt der wärme- und feuchteregulierende Baustoff dazu bei, im Winter die Wärme im Gebäudeinnern zu halten und im Sommer für kühle Raumtemperaturen zu sorgen. In vielen Fällen kann sogar auf eine kostspielige und energieaufwendige Klimatisierungstechnik verzichtet werden. Dank eines hohen Schallabsorptionsgrads und einer guten Luftschalldämmung ist Porenbeton besonders gut für Gewerbebauten geeignet. Sowohl beim innerbetrieblichen Schallschutz, als auch beim Immissionsschutz der Umgebung können die Hebel Wandplatten überzeugen. Als mineralischer Baustoff gehört Porenbeton zur Baustoffklasse A1 (nicht brennbar). Mit Hebel Wandplatten können je nach Dimensionierung auch Brandwände und Komplextrennwände ausgeführt werden.

Auf den folgenden Seiten finden Sie einige Referenzobjekte, die die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von Hebel Montagebauteilen aufzeigen.



Sport- und Veranstaltungshalle, Göttingen

Die Vierfeld-Sporthalle wurde im Passivhausstandard errichtet. Durch eine flexible Bestuhlung stehen bis zu 3.400 Besucherplätze zur Verfügung. Dadurch kann die Halle auch für die Bundesligaspiele der Göttinger Basketballmannschaft genutzt werden. Die Gründe für die Verwendung von Hebel Bauteilen waren das gute Preis-Leistungsverhältnis, zeitliche und qualitative Vorteile sowie die planerische und gestalterische Flexibilität.



Forschungszentrum, Heidelberg

Das High-Tech-Gebäude mit Labors und Forschungseinrichtungen aus dem Gesundheitswesen wurde mit Außenwänden aus 300 mm dicken Hebel Wandplatten errichtet. Die Plattenlängen von 3,50 m bis 4,00 m sind so vorkonfektioniert, dass sie der jeweiligen Geschosshöhe entsprechen. Ihre Breite gibt das Raster der Fensteröffnungen vor. Die Fassade ist zum größten Teil mit einer Bekleidung aus Lochblech versehen, die direkt in den massiven Wänden aus Porenbeton verankert werden kann.



Logistikgebäude, Münster

Der Erweiterungsbau eines Lager- und Logistikzentrums für Möbel schließt direkt an die bestehende Lagerhalle an. Die nahezu quadratische, zweigeschossige Halle mit einer Bruttogrundfläche von ca. 9.200 m² wurde Sieger beim Deutschen Fassadenpreis 2010 in der Kategorie Industrie- und Gewerbebetrieb. Für die lebendige Gestaltung der Fassade wurden stehende Hebel-Wandplatten in unterschiedlichen Abmessungen mit verschiedenen abgetönten Beschichtungen versehen.



Produktionsgebäude, Bremen

Im Firmengebäude eines Kalenderherstellers sind auf 6.000 m² verschiedenste Abteilungen entsprechend dem innerbetrieblichen Fertigungsprozess angeordnet. Die Fassadengestaltung mit wandhohen Ziffern macht weithin sichtbar auf die Produkte des Unternehmens aufmerksam. Porenbeton bildet die ideale Grundlage für individuelle Fassaden in unterschiedlichen Farben und Strukturen. Zusätzlich bietet die Beschichtung einen wirkungsvollen Schutz vor Witterungseinflüssen.



Büro- und Verwaltungsgebäude, Unterföhring

Der Neubau zählt zu den modernsten Sendezentren Europas. Das Kernelement des vierstöckigen Gebäudes mit einer Bruttogeschossfläche von 7.500 m² bilden der Technikraum, die Sendeabwicklung sowie die Energieversorgung. Um diesen Kern herum gruppieren sich die Büroräume. Entscheidend für die Verwendung von Hebel Montagebauteilen war die hohe Brand- und Klimasicherheit sowie die schnelle Montage.



Logistikhalle, Gelsenkirchen

Der mit hochwärmedämmenden Montagebau-Elementen aus Hebel Porenbeton realisierte Neubau einer weiteren Logistikhalle mit 7.000 m² passt ins ökologische Konzept der Loxx Gruppe. Der mineralische Baustoff passt optimal zum umweltbewussten Image des Unternehmens. Hebel Porenbeton wird umweltschonend und ausschließlich aus natürlichen und mineralischen Rohstoffen hergestellt und garantiert mit seinen hochwärmedämmenden Eigenschaften einen guten Wärmeschutz.



Einkaufszentrum, Baunatal

Das 35.000 m² große Einkaufszentrum gehört zu den größten Nordhessens. Besonderer Wert wurde auf Barrierefreiheit, Nachhaltigkeit und Umweltschutz gelegt. Das Highlight des Centers ist die 3.000 m² große, geschwungene Glasfassade. Diese hängt vor stehend verlegten Hebel Wandplatten und kann mit verschiedenen Farben hinterleuchtet werden. Die klimaregulierenden Eigenschaften des Porenbeton schaffen eine stets angenehme Atmosphäre im Inneren – egal ob im Sommer oder Winter.



hebelHALLE als Werkstattgebäude

Die Basisausführung der hebelHALLEN mit 12 × 18 m bzw. 18 × 18 m Grundfläche kann beliebig um weitere Module im Rastermaß von 6 m ergänzt werden. Mit verschiedenen Dachformen und Öffnungen in der Fassade können die Hallen ihrem Verwendungszweck individuell angepasst werden. Damit sind sie die ideale, massive Lösung für Handel, Handwerk und Gewerbe, hier als Betriebsgebäude eines Zimmereibetriebes.

1. Hebel Porenbeton	1
2. Das Hebel Bausystem und seine Verarbeitung	2
3. Folgearbeiten	3
4. Statik	4
5. Bauphysik	5
6. Planung, Ausführung, Betrieb	6
Konstruktionsbeispiele	K
Anhang: Verarbeitungshinweise	V
Anhang: Normen und Zulassungen	N
Index	I

1. Hebel Porenbeton

1.1 Ein vielseitiger Baustoff	14
1.2 Herstellung	16
1.3 Qualitätssicherung	18
1.4 Umweltverträglichkeit	19
1.5 Wirtschaftlichkeit	20
1.5.1 Kostensparend bauen mit dem Hebel Bausystem	20
1.5.2 Dachplatten gehören zum System	22
1.5.3 Porenbeton kennt kaum Wärmebrücken	22
1.5.4 Glatte Bauteile für glatte Abschlüsse und dichte Übergänge	22

2. Das Hebel Bausystem und seine Verarbeitung

2.1 Das Hebel Bausystem	24
2.1.1 Ein umfassendes System	24
2.1.2 Verarbeitungsvorteile des Hebel Bausystems	26
2.2 Hebel Wandplatten	27
2.2.1 Produkt und Anwendung	27
2.2.2 Produkt-Kenndaten	28
2.2.3 Formate	29
2.2.4 Montage	30
2.3 Hebel Brandwandplatten	32
2.4 Hebel Komplextrennwandplatten	35
2.5 Hebel Dachplatten	36
2.5.1 Produkt und Anwendung	36
2.5.2 Produkt-Kenndaten	38
2.5.3 Formate	38
2.5.4 Montage	39
2.6 Hebel Deckenplatten	41
2.6.1 Produkt und Anwendung	41
2.6.2 Produkt-Kenndaten	41
2.6.3 Formate	42
2.6.4 Montage	42

3. Folgearbeiten

- 3.1 Wandabdichtungen** 46
- 3.2 Verfugungen** 46
 - 3.2.1 Kleber und Fugenfüller 46
 - 3.2.2 Elementkleber 47
 - 3.2.3 Plastoelastische Fugenmasse 48
 - 3.2.4 Horizontale Fugen zwischen Bauteilen 49
 - 3.2.5 Vertikale Fugen zwischen Bauteilen 49
 - 3.2.6 Konstruktiv bedingte Fugen zwischen Bauteilen 50
 - 3.2.7 Anschluss- und Bewegungsfugen 50
 - 3.2.8 Sonderfälle 50
- 3.3 Außenbeschichtung** 51
 - 3.3.1 Silikon-Außenbeschichtung 52
 - 3.3.2 Silikat-Außenbeschichtung 53
 - 3.3.3 Acryl-Außenbeschichtung 54
 - 3.3.4 Renovierung von Außenbeschichtungssystemen 55
- 3.4 Fassadenbekleidungen** 56
- 3.5 Dachabdichtung** 57
- 3.6 Innenbeschichtung** 58
- 3.7 Abgehängte Decken** 58
- 3.8 Befestigungen** 59
 - 3.8.1 Grundlagen 59
 - 3.8.2 Dübel mit Zulassung 59
 - 3.8.3 Befestigungsmittel ohne Zulassung 59
 - 3.8.4 Sonderfälle 60

4. Statik

4.1 Hebel Wandplatten	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
4.2 Hebel Brand- und Komplextrennwandplatten	79
4.3 Hebel Dachplatten	80
4.3.1 Materialkennwerte	80
4.3.2 Lastannahmen für Nutzlasten	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 Auswechslungen bei Hebel Dachplatten	91
4.3.9 Dachscheiben	91
4.4 Hebel Deckenplatten	94
4.4.1 Materialkennwerte	94
4.4.2 Bewehrung	94
4.4.3 Maximale Stützweiten	94
4.4.4 Auflager Hebel Deckenplatten	95
4.4.5 Aussparungen und Auswechslungen bei Hebel Deckenplatten	95
4.5 Verformungseigenschaften von Hebel Porenbeton	96
4.6 Teilsicherheitsbeiwerte	97

5. Bauphysik

5.1 Wärmeschutz	100
5.1.1 Wärmeleitfähigkeit λ	100
5.1.2 Wärmedurchlasswiderstand 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 ψ)	105
5.2 Energieeinsparverordnung	106
5.2.1 Die Energieeinsparverordnung (EnEV) 2014	106
5.2.2 Die Energieeinsparverordnung bei Nichtwohngebäuden	107
5.2.3 Nachweisverfahren für Nichtwohngebäude nach DIN V 18599	108
5.2.4 Energieausweis	117
5.2.5 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz	121
5.3 Raumklima	122
5.3.1 Sommerlicher Wärmeschutz	123
5.3.2 Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes von Nichtwohngebäuden nach DIN 4108-2	124
5.3.3 Einflussfaktoren auf den sommerlichen Wärmeschutz	130
5.3.4 Sommerliches Raumklima	132
5.4 Klimabedingter Feuchteschutz	136
5.4.1 Schlagregenschutz	136
5.4.2 Tauwasserschutz	136
5.4.3 Diffusionsverhalten	137
5.4.4 Wasseraufnahme	146
5.5 Brandschutz	147
5.5.1 Mit Porenbeton Brandsicherheit einbauen	147
5.5.2 Begriffe	148
5.5.3 Einstufung der Hebel Bauteile nach DIN 4102-4	151
5.5.4 Einstufung der Hebel Bauteile nach Prüfzeugnissen	152
5.6 Schallschutz	154
5.6.1 Allgemeines zur DIN 4109	154
5.6.2 Berechnung der Luftschalldämmung von trennenden einschaligen Bauteilen in Gebäuden	156
5.6.3 Schallschutz gegen Außenlärm	160
5.6.4 Außenbauteile	162
5.6.5 Dächer	165
5.6.6 Schallabsorption	165
5.6.7 Schallabstrahlung von Industriebauten	166

6. Planung, Ausführung, Betrieb

6.1 Planen im System	180
6.1.1 Erstellung von Hallenbauten im Achsraster	180
6.1.2 Tragkonstruktion Stahlbeton	184
6.1.3 Tragkonstruktion Brettschichtholz	182
6.1.4 Tragkonstruktion Stahl	183
6.1.5 Elementgerechte Planung mit Hebel Wandplatten	184
6.1.6 Modulare Planung mit Hebel Wandplatten	185
6.1.7 Modulkonzept hebelHALLE	189
6.2 Zeit- und kostenoptimiertes Bauen	191
6.2.1 Montagegerechte Anlieferung auf der Baustelle	191
6.2.2 Trockenmontage beschleunigt das Arbeitstempo enorm	191
6.2.3 Flexibilität für schnellen Baufortschritt und rasche Nutzung	191
6.3 Wirtschaftliche Nutzung	192
6.3.1 Bei einem 30-jährigen Lebenszyklus entfallen 75 % bis 80 % der Gesamtkosten auf die Gebäudenutzung	192
6.3.2 Bauphysikalische Vorteile – in der Summe ein Optimum	192
6.3.3 Humanisierung des Arbeitsplatzes fördert Leistungsbereitschaft	192
6.4 Einfache Instandhaltung, Umbau und Umnutzung	193
6.4.1 Nutzungsänderungen erfordern multifunktionale Gebäudehüllen	193
6.4.2 Anbau an bestehenden Hallen	193

Konstruktionsbeispiele

Wichtiger Hinweis zu den Konstruktionsbeispielen 196

Konstruktionsbeispiele

Wandkonstruktionen

Sockelausbildung	197
Mittelverankerung	198/199
Eckverankerung	200/201
Attika-Mittelverankerung	202/203
Attika-Eckverankerung	204/205
Verankerung zwischen Stützen	206
Auflagerkonsole	207/208

Brandwandkonstruktionen

Mittelverankerung	209
Eckverankerung	210
Verankerung zwischen Stützen	211
Feuerschutztor	212

Dachkonstruktionen

Aussparungen	213
Öffnungen in Hebel Dachplatten	214/215
Mittelverankerung	216/217/218
Endverankerung	219

Anhang: Verarbeitungshinweise 221

Anhang: Normen und Zulassungen 223

Index 225



Hebel Porenbeton

- 1.1 Ein vielseitiger Baustoff
- 1.2 Herstellung
- 1.3 Qualitätssicherung
- 1.4 Umweltverträglichkeit
- 1.5 Wirtschaftlichkeit

1.1 Ein vielseitiger Baustoff

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

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 bauphysikalischen 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.
- Hebel Porenbeton ist der ideale Baustoff für Brand- und Komplextrennwände.



Sichere Lagerung hoch entzündlicher Stoffe.

- 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.

- Mit unseren neuen Wandelementen, die eine Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,10 \text{ W/(mK)}$ besitzen, können alle Gebäude einschalig, monolithisch ausgeführt werden, die mit einer Rauminnentemperatur von $\geq 19 \text{ °C}$ nach EnEV 2014 beheizt werden.

Minimierte Wärmebrücken

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



Massive Bauweise mit luftdichten Anschlüssen.

Luftdichtheit

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

Hohe Wärmespeichereigenschaften

- Die hohe 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.



Angenehmes Arbeiten zu jeder Jahreszeit.

Guter Schallschutz

- Die guten Schallschutzeigenschaften von Porenbeton machen es möglich, dass Schallschutzanforderungen direkt und ohne Zusatzmaßnahmen erfüllt werden.



Porenbeton dämpft den Innenlärm.

Hohe Schallabsorption

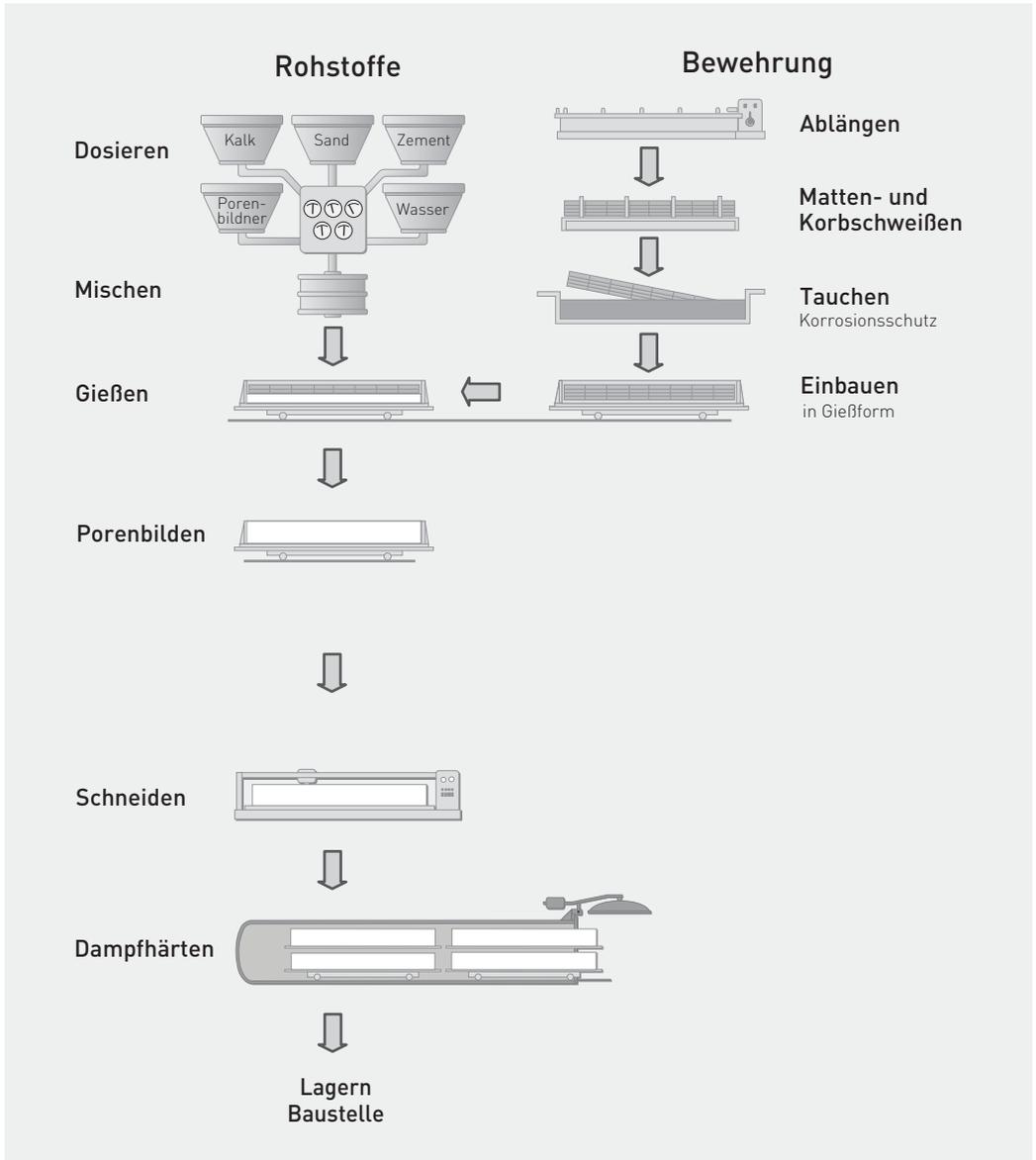
- Hebel Porenbeton besitzt aufgrund seiner Oberflächenstruktur im Vergleich zu vollkommen glatten und „schallharten“ Oberflächen eine 5 bis 10 mal höhere Schallabsorption. Dadurch eignet sich Porenbeton sehr gut zur Dämpfung des Innenlärms von Industriebauwerken.

1 1.2 Herstellung

Aus den natürlichen und mineralischen Grund- und Rohstoffen Quarzsand, Kalk, Wasser 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 und geprüfte Qualität der Produkte bei großer Maßgenauigkeit.

Herstellung von Hebel Bauteilen aus Porenbeton



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, EN-Normen und Zulassungen.

Um Porenbeton herzustellen, wird mehlfein 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 80% 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.

Nach dem Abbinden entstehen halb feste 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.

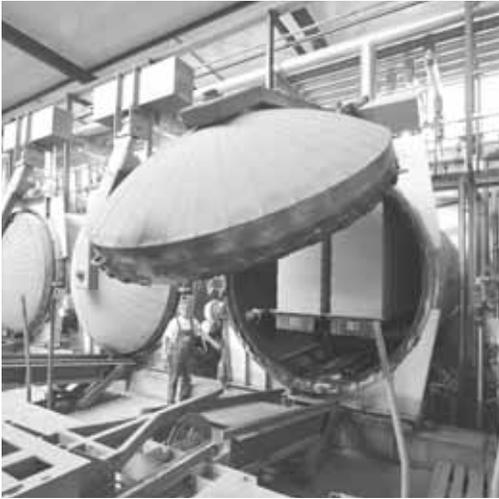


Fertig befüllte Gießform zu Beginn des Treibvorgangs.

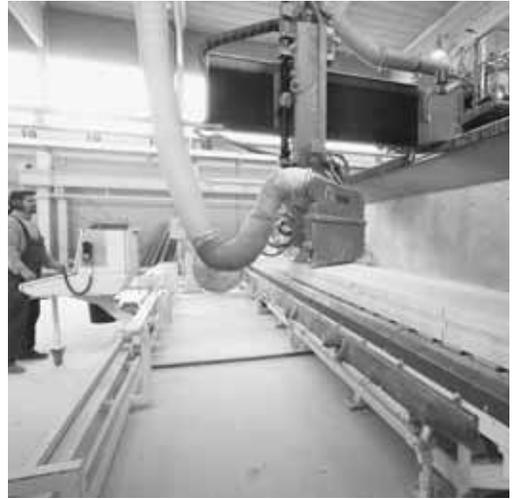


Schneiden und Profilieren der bis zu 8,3 m × 1,5 m × 0,75 m großen Blöcke.

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. Nach dem Erhärten ist der Herstellungsprozess abgeschlossen.



Aushärten in Autoklaven.



Weiterbearbeiten ausgehärteter Platten.

1.3 Qualitätssicherung

Seit Jahren betreiben die Hebel Porenbetonwerke eine Qualitätssicherung, die über die Anforderung zur Eigen- und Fremdüberwachung nach Norm hinausgeht. Sie unterliegt hohen

Standards. So ist es selbstverständlich, dass der Porenbeton dauerhaft und über den Gewährleistungszeitraum hinaus alle vereinbarten Eigenschaften behält.



1.4 Umweltverträglichkeit

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

- die Hauptrohstoffe reichlich vorhanden und leicht abbaubar sind, sodass keine Ressourcenknappheit entsteht.
- die Hauptrohstoffe aus der nahen 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 können.
- Porenbeton keine toxischen Stoffe enthält oder abgibt.
- Porenbeton auf Deponien der Klasse 1 entsorgt werden kann.
- Hebel 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 um ein Vielfaches.

Hebel Porenbeton verfügt über eine EPD nach ISO 14025. Diese EPD wurde nach den Richtlinien des Instituts Bauen und Umwelt e. V. (IBU) erstellt. Die Angaben und Anforderungen der 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.. Gültige Dokumente sind die EPD nach ISO 14025, die ebenfalls alle 3 Jahre überprüft und neu ausgestellt werden.

Die Hebel EPD kann im Internet entweder unter www.hebel.de oder auf der Website des IBU abgerufen werden.

1.5 Wirtschaftlichkeit

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.

1.5.1 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.

Mit den neuen Hebel Wandelementen mit $\lambda = 0,10 \text{ W}/(\text{mK})$ sind wirtschaftliche, einschalige, hochwärmedämmende Gebäude möglich. Die Wandelemente erreichen mit einer Dicke von 36,5 cm einen U-Wert von $0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Transparente, transluzente und opake Bauteile

Im Industrie- und Verwaltungsbau ist derzeit ein Trend in Richtung Glasfassade festzustellen. Es ist angenehm, in lichten, hellen Räumen



Bis zu 8,30 m lange Hebel Wandplatten für rationellen Montagebau.

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 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 CO₂-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 Papierverarbeitungsbetriebe benötigen konstante Luftfeuchtigkeit. In Bäckereien darf sich auf keinen Fall Kondenswasser niederschlagen. In Möbelhäusern soll empfind-

liche 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 Hebel oder im Internet unter 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 Hebel Porenbeton-Werke 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 (siehe 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 wurde bereits zertifiziert und erreichte mit dem DGNB-Zertifikat in Silber die zweithöchste Auszeichnung.

1.5.2 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 (siehe Kapitel 5.5).

1.5.3 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 deshalb bei Porenbeton nicht notwendig.

Im Berechnungsverfahren zur EnEV 2014 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. Mit einer genauen Wärmebrückenberechnung kann der Wert von $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ noch weiter reduziert werden.

1.5.4 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 oder Fensteröffnungen.



Hebel Dach- und Deckenplatten liegen nahezu fugenlos auf Porenbeton-Wänden.

Weitere Informationen zu Hebel Porenbeton finden Sie unter www.hebel.de.



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**

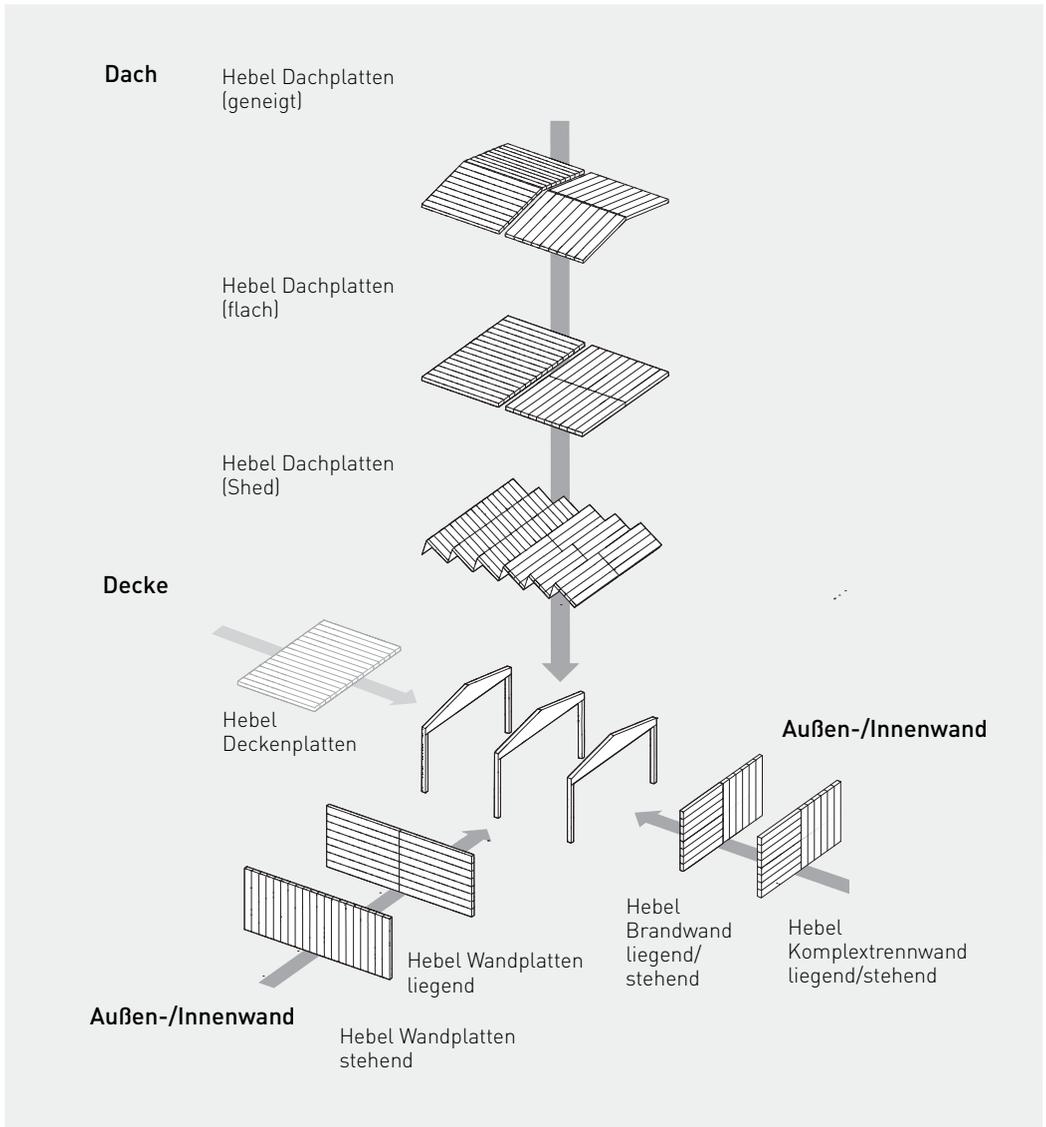
2.1 Das Hebel Bausystem

2.1.1 Ein umfassendes System

2 Für Roh- und Ausbau stellt Hebel 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 Hebel Angebotes 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:

- ausführliche Informationen zu Produkt und Anwendung im Internet unter www.hebel.de
- fundierte technische Unterlagen
- Konstruktionsbeispiele, die die Arbeit für Nachfolgewerke erleichtern
- Vorschläge für wirtschaftliches Planen
- Ausschreibungstexte
- Software zum energetischen Nachweis nach Energieeinsparverordnung
- anwendungstechnische Beratung
- branchenspezifische Dokumentationen

**Nehmen Sie per E-Mail Kontakt mit uns auf:
info@hebel.de**

Die Leistungen von Hebel

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

Hebel beliefert seine 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
- Bemessung, Lieferung und Montage von Stahlteilen für Haltekonstruktionen, Auswechselungen, Tür- und Torrahmen
- Verfübung 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 Aufmaß erforderlich
- Preissicherheit für die gesamte Hülle

Seit 2015 bietet Hebel mit hebelHALLE ein modulares Bausystem für Hallenbauten an. Auch hier übernehmen hebelHalle-Partner Planung und Ausführung der Bauten. Weitere Informationen hierzu unter www.hebel-halle.de



Rationell bauen mit großformatigen, modularen 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 geringere Lohnstunden und damit auch niedrigere Kosten.

Leicht und wirtschaftlich zu transportieren

Die Hebel Montagebauteile werden entsprechend der Montagereihenfolge in sinnvollen Transporteinheiten zusammengefasst. Das günstige Verhältnis von Gewicht und Transporteinheit erlaubt es, die Transportkapazitäten voll zu nutzen.

Maßgenau und rationell zu verarbeiten

Alle Porenbeton-Bauteile werden mit höchster Maßgenauigkeit hergestellt. Das ermöglicht saubere und präzise Konstruktionen mit ebenen Bauteiloberflächen und ergibt für Sie ein zusätzliches Einsparpotential für die Folgegewerke.

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 (siehe 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 bieten 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 EN 1991-1-4 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 der auf-

gelagerten Wandelemente 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.

Mit den neuen Wandplatten, die eine Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,10 \text{ W/(mK)}$ besitzen, erfüllt Hebel die aktuellen EnEV Anforderungen im vollen Umfang. Sie erreichen mit einer Dicke von 36,5 cm einen U-Wert von $0,26 \text{ W(m}^2\text{K)}$. Mit den Wandplatten wird eine einschalige, monolithische Bauweise und somit eine effiziente und wirtschaftliche Errichtung von Büro- und Verwaltungsgebäuden oder Kopfbauten ermöglicht.

Brandverhalten von Porenbeton

Das Brandverhalten von Bauteilen wird durch die Feuerwiderstandsdauer (in Minuten) beschrieben. Die Einstufung erfolgt in Feuerwiderstandsklassen, z. B. F 90 oder EI 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 zu den Baustoffklassen und Klassifizierungen befindet sich in DIN 4102-2 und DIN EN 13501-1.

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.



Brandsichere Außenwände aus Porenbeton.

2.2.2 Produkt-Kenndaten

Produkt-Kenndaten Hebel Wandplatten

Druckfestigkeitsklasse	P 3,3/AAC 3,5	P 3,3/AAC 3,5	P 4,4/AAC 4,5	Dimension
Charakteristische Druckfestigkeit f_{ck}	3,3/3,5	3,3/3,5	4,4/4,5	MPa
Rohdichteklasse	0,40/400	0,50/500	0,55/550	
Rohdichte max.	400	500	550	kg/m ³
Wärmeleitfähigkeit λ	0,10	0,13	0,14	W/(mK)
Rechenwert für Eigenlasten einschließlich Bewehrung	5,2	6,2	6,7	kN/m ³
Elastizitätsmodul E_{cm}	1.250	1.750	2.000	MPa
Wärmedehnzahl α_T	8	8	8	10 ⁻⁶ · K ⁻¹
Schwindmaß $\epsilon_{cs,ref}$	< 0,2	< 0,2	< 0,2	mm/m

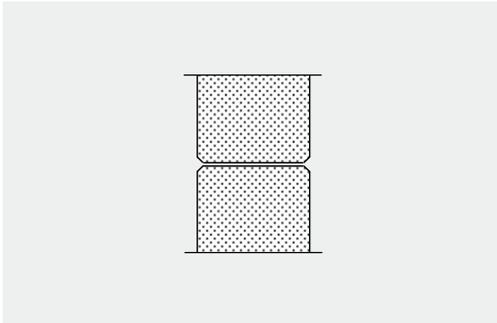
2.2.3 Formate

Standard-Lieferprogramm Hebel Wandplatten

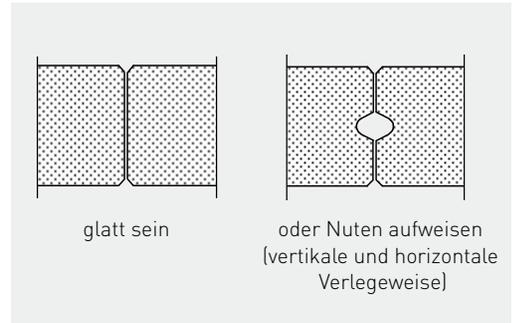
Druckfestigkeits-/Rohdichteklasse	Breite b [mm]	Dicke h [mm]	Länge l [mm]
P3,3-0,40/AAC 3,5-400	600/625/750	300 365	Standard 6.000
P 3,3-0,50/AAC 3,5-500	600/625/750	250 300 365	Standard 6.000
P 4,4-0,55/AAC 4,5-550	600/625/750	150 175 200 250 300 365	Standard 6.000

In Abhängigkeit von der Belastung und Dicke sind maximale Längen bis **8.300 mm** möglich.

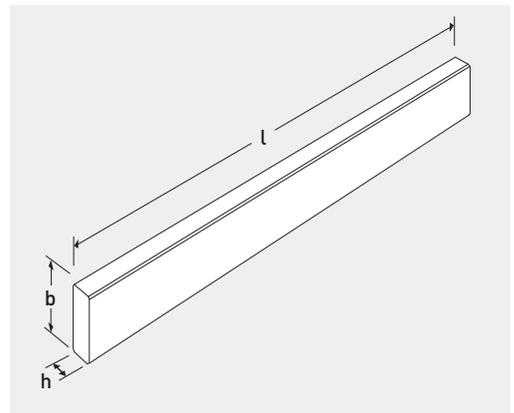
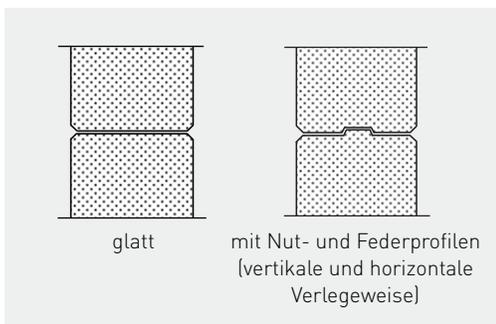
Die Längskanten der Hebel Wandplatten sind werkseitig gefast.



Stirnseiten von Hebel Wandplatten können:



Die Längsseiten der Hebel Wandplatten können folgendermaßen 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 (siehe Kapitel 3.1).

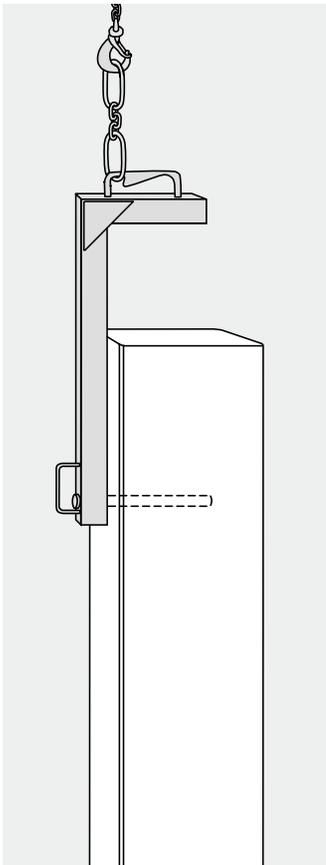
Die unterste Hebel Wandplatte bzw. der Wandplattenfuß ist waagrecht und fluchtgerecht in ein Zementmörtelbett aus Mörtel der Mörtelgruppe III bzw. M10 zu versetzen.

Bei Fertigteilsockeln kann das Mörtelbett aufgrund der hohen Fertigungsgenauigkeit entfallen.

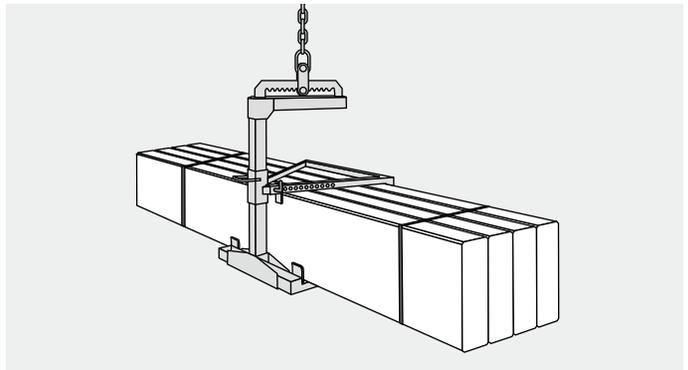
Die Wandplatten sind mit den Befestigungsmitteln, wie sie in der Montagezeichnung angegeben sind, örtlich einzupassen.

Hebel Wandplatten dürfen nur in den vom 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.

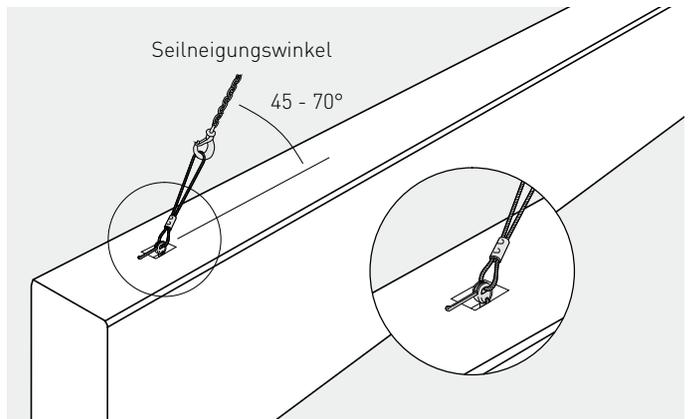
An Bauteilen dürfen keine Stemmarbeiten vorgenommen werden. Das Fräsen, Sägen oder Bohren eines einzelnen Durchbruchs rechtwinklig zur Bauteilebene bis zu einem Durchmesser



Montagedorn.



Abladebügel mit Niederhalter.



Transportanker mit eingehängter Ringkupplung (Seilneigung beachten).

$d \leq 1/3 \cdot b$ ist zulässig, wenn für den verbleibenden Querschnitt die Tragfähigkeit nachgewiesen ist. Wird der Durchbruch 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 des Zulassungsbescheides 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 Trockenrohichte über $1,5 \text{ kg/dm}^3$. Sie entsprechen in ihrer Druckfestigkeit der Mörtelgruppe III bzw. M10.
- Kunstharzmörtel (Dispensionsklebemörtel) sind in Normen für diesen Verwendungszweck nicht definiert. Es sind deshalb von Hebel 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 1053-1 bzw. M10 nach DIN EN 998-2 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. 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 einem Prüfzeugnis der MPA Braunschweig über eine Feuerwiderstandsdauer von 360 Minuten, die die Feuerwiderstandsanforderungen der Brandschutznormen weit übertrifft.

Bei einschaliger Ausführung müssen Brandwände aus Hebel Wandplatten in Druckfestigkeitsklasse-/Rohdichteklasse-Kombination

P4,4-0,55/AAC 4,5-550 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 der Hebel Konstruktionsbeispiele nach der Zulassung bzw. nach DIN 4102-4 auszuführen. Alle Beispiele sind im Internet unter www.hebel.de im Downloadbereich erhältlich.

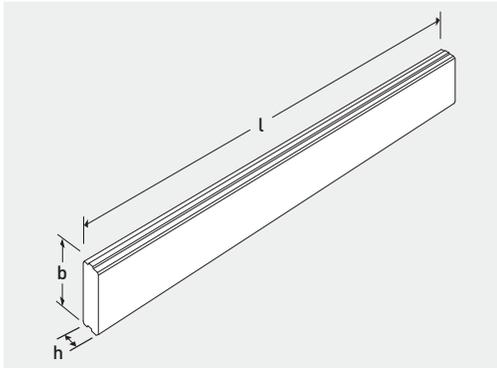
Eine Verbindung der Brandwandplatten untereinander mit Nut-und-Feder-Profilierung der Längsseiten ist immer erforderlich. Die Verbindung der Platten untereinander ist nach Prüfzeugnissen bzw. DIN 4102 mit Dünnbettmörtel oder mit Kunstharzmörtel (Dispersionsklebemörtel) zulässig.

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



Sicherheit durch Hebel Brandwände im IKEA Zentrallager Salzgitter.

Standard-Lieferprogramm Hebel Brandwandplatten



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

* Minstdicke

In Abhängigkeit von der Belastung und Dicke sind maximale Längen von **8.300 mm** möglich.

2

Brandwände aus liegend oder stehend angeordneten Hebel Brandwandplatten Minstdicken und Ausführungen nach Prüfzeugnissen der MPA Braunschweig

Brandwände aus nicht tragenden Wandplatten mit Feuerwiderstandsdauer F 90 bis F 360*	Minstdicke h [mm]	Mindestachs- abstand u** [mm]
Stoßbelastung nach 90 Minuten		
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
Stoßbelastung nach 120 Minuten		
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	30

* anschließende Bauteile müssen die gleiche Feuerwiderstandsklasse besitzen

** Achsabstand 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 Steinfestigkeitsklasse $\geq 12/MG \geq II$ bzw. Mörtelklasse M5.

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 m x 2,50 m, Bezeichnung der Tür T 30-1 (feuerhemmend) T 90-1 (feuerbeständig).
- Zweiflügelige Türen für Öffnungen bis 3,0 m x 3,0 m, Bezeichnung der Tür T 30-2 (feuerhemmend) T 90-2 (feuerbeständig).

Nähere Einzelheiten sind den Unterlagen der Türenhersteller zu entnehmen.

Erforderliche Wanddicken von Hebel Wandplatten bei Einbau von Feuerschutztüren

2

	Mindestdicke für [mm]	
	F 90-A	Brandwand
Druckfestigkeitsklasse \geq P 4,4/AAC 4,5	150	175

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 Öffnungen in Brandwänden gilt die max. Öffnungsgröße von 1 m^2 .

Verglasungssysteme dürfen bei Porenbeton-Montagebauteilen der Druckfestigkeitsklasse P 4,4/AAC 4,5 und Wanddicke $\geq 175 \text{ mm}$ eingebaut werden.

Nähere Einzelheiten sind den Unterlagen der Hersteller zu entnehmen.



Brandwand aus Hebel Brandwandplatten.

2.4 Hebel Komplextrennwandplatten

Komplextrennwände aus Porenbeton 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 und haben die Druckfestigkeitsklasse-/Rohdichteklasse-Kombination P 4,4-0,55/AAC 4,5-550.

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, die von der MPA Braunschweig durchgeführt wurden und in Prüfzeugnissen dokumentiert sind.

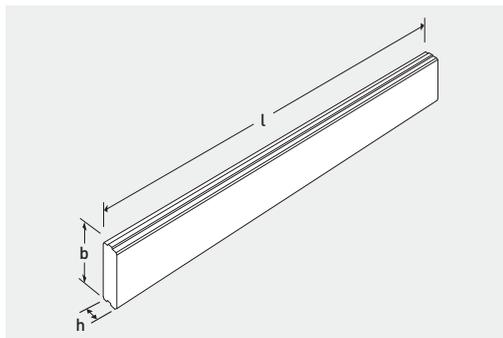


Hebel Komplextrennwände im IKEA Zentrallager Salzgitter.

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]	Dicke h [mm]	Länge l [mm]
625/750	250 300	Standard 6.000

In Abhängigkeit von der Belastung und Dicke sind maximale Längen von **8.000 mm** möglich.

Komplextrennwände aus liegend oder stehend angeordneten Hebel Komplextrennwandplatten, Mindestdicken und Ausführungen nach Prüfzeugnissen der MPA Braunschweig

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

* anschließende Bauteile müssen die gleiche Feuerwiderstandsklasse erfüllen

** Achsabstand 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 und 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 die 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.

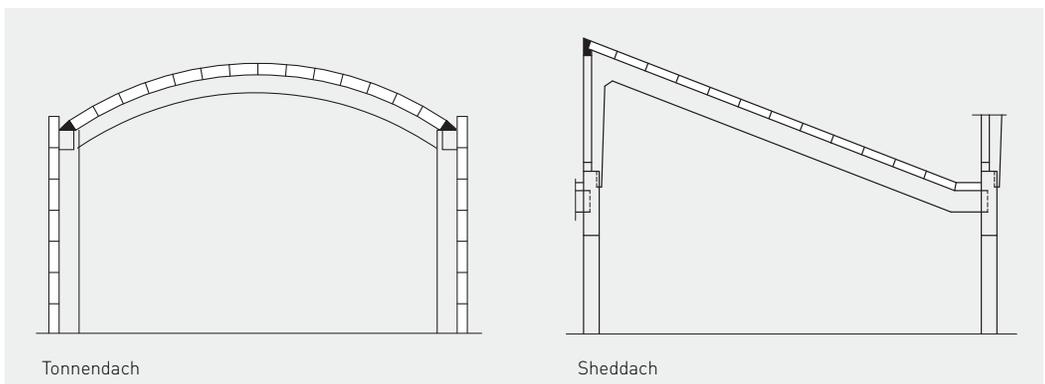
Sie entsprechen in Normalausführung der Feuerwiderstandsklasse F 90, bei größerer Betondeckung der Bewehrung sogar F 180.

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

Massive Dächer

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

Die Dachkonstruktion erreicht eine nahezu gleich 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. Besonders die Schallabsorption ist deutlich besser als bei schallharten Oberflächen (siehe Kapitel 5.6.5).

Hebel Flachdächer

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

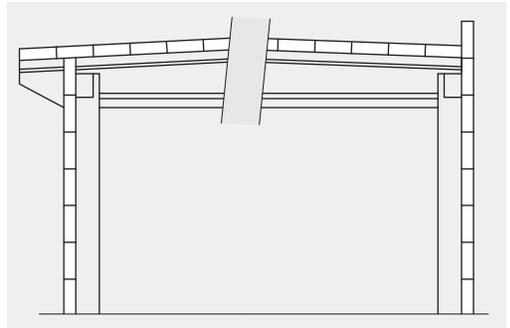
Planung

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

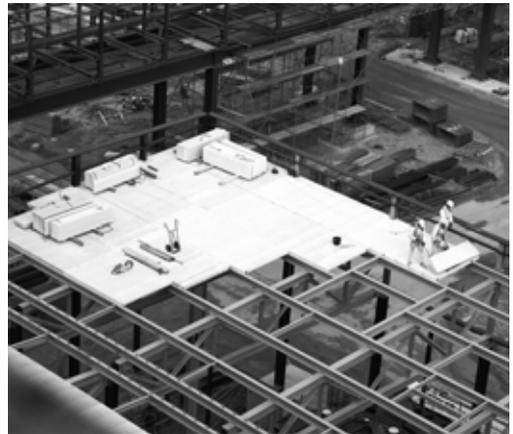
Für einen verbesserten Wärme- und Schallschutz kann es sinnvoll sein, die statisch erforderlichen Mindestdicken zu erhöhen (siehe Kapitel 4.3.5).

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

Zur Vorplanung und überschlägigen Dimensionierung können Angaben aus der Tabelle in Kapitel 4.3.5 entnommen werden. Für Planung und Konstruktion stellt Hebel neben diesem Handbuch weiteres Informationsmaterial zur Verfügung. Dies ist erhältlich im Bereich Wirtschaftsbau unter www.hebel.de.



Flach geneigtes Dach.



Hebel Dachplatten als massives Dach im Wirtschaftsbau.



Innenansicht eines Hebel Daches.



Flachdach aus Hebel Dachplatten.



Halbrundes Sheddach aus Hebel Dachplatten.

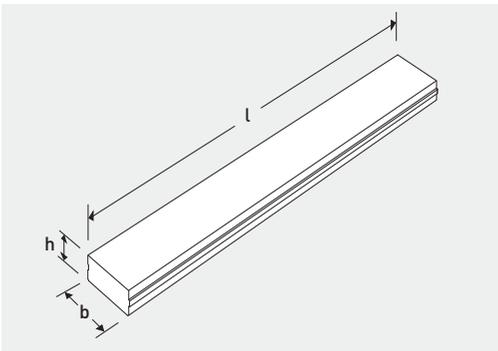
2.5.2 Produkt-Kenndaten

Produkt-Kenndaten Hebel Dachplatten

Druckfestigkeitsklasse	P 4,4/AAC 4,5	Dimension
Charakteristische Druckfestigkeit f_{ck}	4,4/4,5	MPa
Rohdichteklasse	0,55/550	
Rohdichte max.	550	kg/m ³
Wärmeleitfähigkeit λ	0,14	W/(mK)
Rechenwert für Eigenlasten einschließlich Bewehrung und Fugenverguss	6,7	kN/m ³
Elastizitätsmodul E_{cm}	2.000	MPa
Wärmedehnzahl α_T	8	10 ⁻⁶ · K ⁻¹
Schwindmaß $\epsilon_{cs,ref}$	< 0,2	mm/m

2.5.3 Formate

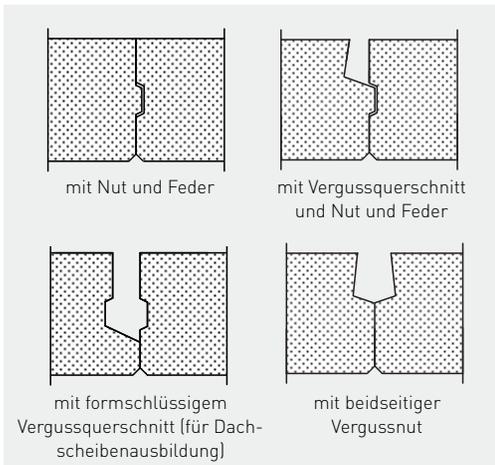
Standard-Lieferprogramm Hebel Dachplatten



Breite b [mm]	Dicke h [mm]	Länge l [mm]
600/625/750	150	Standard 6.000
	175	
	200	
	250	
	300	

In Abhängigkeit von der Belastung und Dicke sind Plattenlängen bis zu 8.300 mm und statische Stützweiten bis zu 7.500 mm möglich.

Die Längsseiten der Hebel Dachplatten können folgendermaßen ausgestattet sein:



Die Plattenlängskanten sind gefast oder ungefast lieferbar. Bitte geben Sie dies bei Bestellung an.

2.5.4 Montage

Bei der Montage von Hebel Dachplatten sind die Angaben der Lieferwerke, die Materiallisten und die Verlegepläne zu beachten. Die Platten sind bei Transport, Lagerung und Verarbeitung sorgfältig zu behandeln.

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 Durchbruchs recht-

winklig zur Bauteilebene bis zu einem Durchmesser $d \leq 1/3 \cdot b$ ist zulässig, wenn für den verbleibenden Querschnitt die Tragfähigkeit nachgewiesen ist. Wird der Durchbruch 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 können auf Stahlbeton-, Stahl- und Holzkonstruktionen aufgelegt werden. Die Auflager müssen genügend breit und eben sein (siehe zu Mindestauflager Kapitel 4.3.6). Die Dachplatten müssen mit dem 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 von Bindern oder Pfetten 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 Dachvorsprungs 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 den Montageort transportiert. Nach jedem Einlegen einer Platte wird diese dicht an die bereits verlegte herangezogen.

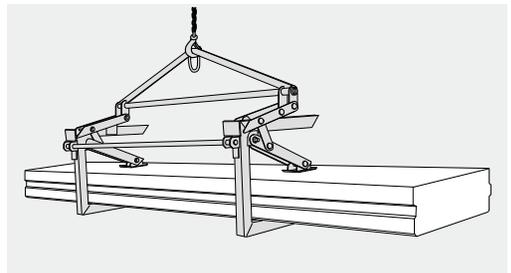
Ihr geringes Gewicht verleiht Hebel Dachplatten nicht nur in der Statik Vorteile, sondern auch in der Montage. Bei sehr hohen Gebäuden wie Kraftwerksanlagen können beispielsweise ganze Plattenpakete auf einmal mit dem Kran auf die Dachfläche gehoben und dort vereinzelt werden. Das senkt Kranhubzeiten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

Dachplatten mit formschlüssigem Vergussprofil, die zur Ausbildung einer Dachscheibe verwendet werden, werden mit der Verlegezange montiert (siehe Kapitel 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 Querfugen sind von Rückständen aller Art zu säubern. Anschließend wird die nach Verlegeplan erforderlichen Fugen- und Ringankerbewehrung eingelegt und mit feinkörnigem Beton vergossen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Fugenbewehrung vollständig mit Mörtel ummantelt wird (bei Dachscheibenausbildung Abstandshalter für die Bewehrung verwenden). Bei Verwendung von Platten mit Nut und Feder entfällt der Mörtelverguss. Für den Einbau ist die DIN 4223 bzw. die DIN EN 12602 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 Mineralschaumplatten oder anderen diffusionsoffenen Dämmschichten wird der Einbau einer Dampfbremse mit der äquivalenten Luftschichtdicke $s_d \geq 100 \text{ m}$ zwischen Dachplatten und Wärmedämmung empfohlen, bei Metalldacheindeckungen ist sie generell erforderlich.



Verlegebügel mit Niederhalter.



Verlegen von Hebel Dachplatten mit Verlegebügel.

2.6 Hebel Deckenplatten

2.6.1 Produkt und Anwendung

Hebel Deckenplatten sind einbaufertige Montagebauteile für Decken im Kommunal- und Wirtschaftsbau. 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 Wärme- oder Schallschutz und eine höhere Feuerbeständigkeit kann es sinnvoll sein, die statisch erforderlichen Mindestdicken zu erhöhen (siehe Kapitel 4.4.3).

Zur Vorplanung und überschlägigen Dimensionierung können Angaben aus der Tabelle in Kapitel 4.4.3 entnommen werden. Für Planung und Konstruktion stellt Hebel neben diesem Handbuch weiteres Informationsmaterial zur Verfügung. Dies ist erhältlich im Bereich Wirtschaftsbau unter www.hebel.de.

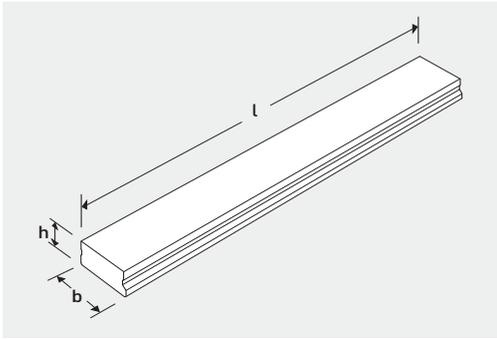
2.6.2 Produkt-Kenndaten

Produkt-Kenndaten Hebel Deckenplatten

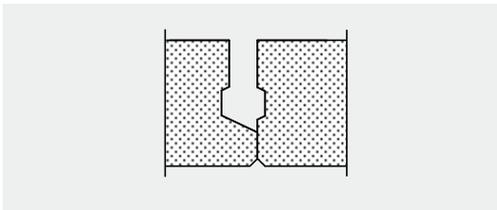
Druckfestigkeitsklasse	P 4,4/AAC 4,5	Dimension
Charakteristische Druckfestigkeit f_{ck}	4,4/4,5	MPa
Rohdichteklasse	0,55/550	
Rohdichte max.	550	kg/m ³
Wärmeleitfähigkeit λ	0,14	W/(mK)
Rechenwert für Eigenlasten einschließlich Bewehrung und Fugenverguss	6,7	kN/m ³
Elastizitätsmodul E_{cm}	2.000	MPa
Wärmedehnzahl α_T	8	10 ⁻⁶ · K ⁻¹
Schwindmaß $\epsilon_{cs,ref}$	< 0,2	mm/m

2.6.3 Formate

Standard-Lieferprogramm Hebel Deckenplatten



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



Breite b [mm]	Dicke h [mm]	Standardlänge l [mm]
600/625/750	200	5.000
	250	6.000
	300	6.000

Siehe auch Tabelle in Kapitel 4.4.3

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



Hebel Deckenplatten auf Stahl-Unterkonstruktion.

2.6.4 Montage

Hebel Deckenplatten lassen sich einfach verlegen. Lediglich Fugen- und Ringankerquerschnitte sind zu bewehren und mit Beton zu vergießen. 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 Durchbruchs rechtwinklig zur Bauteilebene bis zu einem Durchmesser $d \leq 1/3 \cdot b$ ist zulässig, wenn für den verbleibenden Querschnitt die Tragfähigkeit nachgewiesen ist. Wird ein Durchbruch außerhalb des Werks hergestellt, gilt der vorhergehende Absatz sinngemäß.

Materialgerechte Behandlung

Hebel Deckenplatten sind bei Transport, Lagerung und Montage sorgfältig zu behandeln, 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.

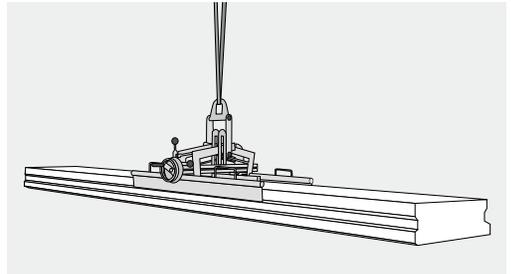
Die Verlegung erfolgt nahezu trocken. Die liegend angelieferten Hebel Deckenplatten werden einzeln mit Kran und Verlegezange aus dem Paket in die endgültige Position verlegt.

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.

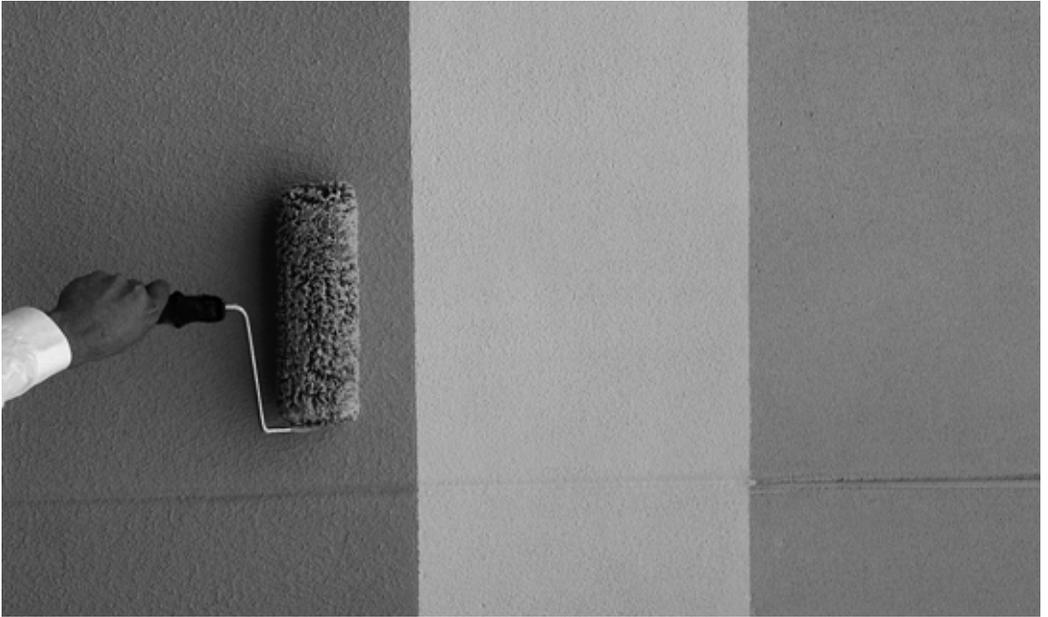


Hebel Deckenplatten mit eingelegter Fugen- und Ringankerbewehrung.

Vor dem Betonverguss werden die Fugen und Ringankerquerschnitte vorgehässt und dann mit feinkörnigem Beton mindestens der Betongüte C 12/15 ausgefüllt und verdichtet. 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 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 der DIN 18195 sowie dem ibh-Merkblatt „Bauwerksabdichtungen mit zementgebundenen starren und flexiblen Dichtungsschlämmen“ entsprechen. Zementgebundene Schlämme 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 aggressivem Wasser, kann auch ein anderer Fugenaufbau notwendig werden. In solchen Fällen ist mit unserem Hebel Vertrieb 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

Als Kleber und Fugenfüller (z. B. von Alsecco; Produkt: KLEFU) kann ein Dispersions-Klebe-
mörtel zum Verkleben von Wandplatten im Bereich der Lagerfugen, sowie zum Auskehlen der angefasten Plattenfugen verwendet werden.

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 ³

Untergrund-Vorbehandlung

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

Verarbeitung

a) Verklebung:

Kleber und Fugenfüller sind 30 mm von der Plattenkante zurückversetzt in einer

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

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

Nach etwa 4 bis 24 Stunden ist diese Fugendichtungsmasse ausreichend durchgehärtet.



Verklebung von Hebel Wandplatten mit Kleber und Fugenfüller.



Verfugung der Lagerfuge von Hebel Wandplatten mit Kleber und Fugenfüller.

Zu beachten ist: Die Verfugungsmasse kann im frischen Zustand durch Regen ausgewaschen werden.

Die Reinigung der Werkzeuge erfolgt mit Wasser.

3.2.2 Elementkleber

Produkt und Anwendung

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

Er ist wetterbeständig, haftfest und schwindarm. 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 der Elementkleber nicht verwendet werden.
- Lagerung in original verschlossener Verpackung, Haltbarkeit 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. $1,7\text{ g/cm}^3$

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

Die plastoelastische Fugenmasse (z. B. von 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.

Die plastoelastische Fugenmasse ist frühregenfest, lösemittelfrei und überstreichbar. Das Material besitzt überwiegend elastische Eigenschaften. Die Farbe ist altweiß.

Hinweise:

- Nicht geeignet zur Abdichtung gegen stehendes oder drückendes Wasser.
- 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, Aufbewahrung 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 ³

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-

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

Verarbeitung

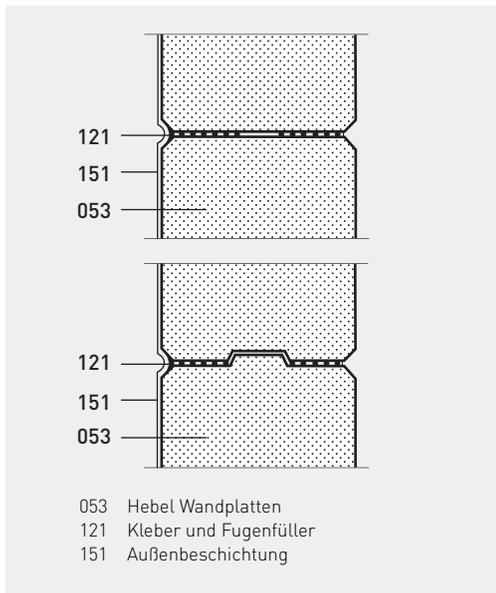
Die plastoelastische Fugenmasse wird aus der Kunststoffpuppe in die vorbereitete Fuge eingespritzt und mit einem feuchten Pinsel abgeglättet. Es ist darauf zu achten, dass nur die Fugen, nicht aber die abgeschrägten Fasen mit Fugendichtstoff verfüllt werden.

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.



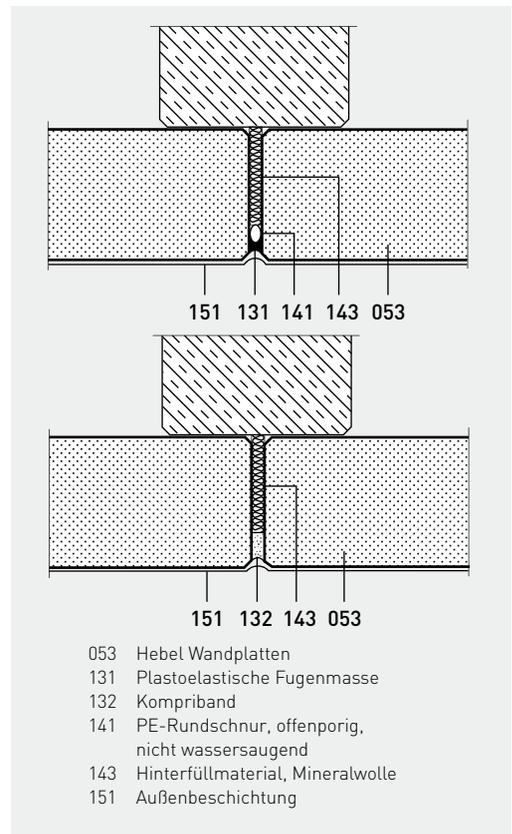
Horizontale Fugen zwischen Bauteilen – Vertikalschnitte.

- 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

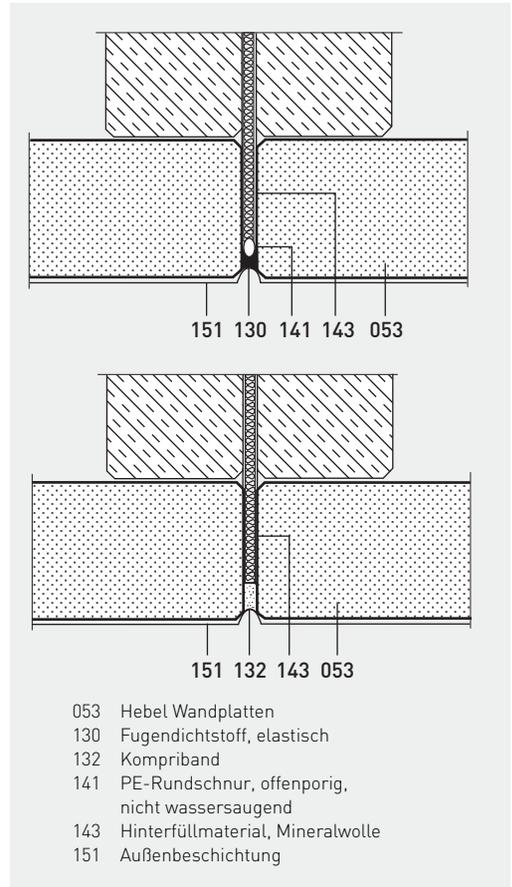
Hierunter fallen horizontale Fugen im Bereich von Abfangkonsolen, von Farbsprünge, bei Wechseln der Befestigungsart, sowie vertikale Fugen im Raster der Unterkonstruktion im Bereich von stehenden Hebel Wandplatten. Diese Fugen sind mit plastoelastischer Fugenmasse auszuführen.

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 ≤ 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 Luftfeuchtigkeiten, ist eine objektbedingte Rücksprache mit Hebel zu nehmen.

Im Bereich der Anwendungsfälle in den Kapiteln 3.2.4 b), 3.2.5 a), 3.2.6, 3.2.7 und der oben genannten Sonderfälle 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 Baustoffe an den Gebäudeaußenseiten durch Nachbehandlung vor Witterungseinflüssen geschützt werden. Vielfach ist auch aus optischen Gründen eine Oberflächenbehandlung gewünscht bzw. erforderlich.

Hebel Wandplatten werden i. d. R. 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 malertechnische Behandlung durchzuführen.

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

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 Anforderungen wie Haftfestigkeit, Lichtbeständigkeit, Wetterbeständigkeit, vor allem wasserabweisend sein, trotzdem aber in hohem Maße dampfdurchlässig. Das Feuchtigkeitsabgabevermögen 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 $w \leq 0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$ 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. Der Zahlenwert des Produktes darf einen Wert von $0,2 \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{h}^{0,5})$ nicht überschreiten.

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 werden.

Mit Abstand hat eine 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 der Verarbeitung und Trocknung dürfen Temperaturen von + 5 °C nicht unterschritten werden.
- Der Feuchtegehalt des Porenbetons muss unter 20 Masseprozent liegen.
- Mindestauftragsmenge 1,8 kg/m².

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 der 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 müssen auch bei Hebel Wänden Farben mit Hellbezugswert > 14 (Farbskala: schwarz = 0, weiß = 100) verwendet werden.

3.3.1 Silikon-Außenbeschichtung

Produkt und Anwendung

Die Silikonharzdispersionsbeschichtung (z. B. Alsecco Alseccopor Quattro oder Brillux Silikon-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 in zwei Arbeitsgängen 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 (z. B. Alsecco, Alsecco-cryl-Spachtel), wobei die Vertikalfugen (Bewegungsfugen) nicht überspachtelt werden. Anschließend einlagiger Auftrag von einer Silikon-Außenbeschichtung.
- Flächige, einlagige Spachtelung mit gebrauchsfertigem Acryl-Spachtel (z. B. Brillux Putzfüller für Porenbeton 978). Anschließend einlagiger Auftrag von weißer Silikon-Außenbeschichtung (z. B. Brillux 450). 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.

Die Silikat-Außenbeschichtung geht eine innige Verbindung mit dem Porenbeton ein, die den Porenbeton-Untergrund verfestigt. Für die Gestaltung der Oberfläche gibt es neben der Standardausführung eine Auswahl an Gestaltungstechniken, z. B. Lasur, Marmorierung, Schwamm-, Wickel- und Sprengeltechniken. Durch die Verwendung von Fugenmaterialien auf Dispersionsbasis ist nur der Standardfarbton weiß zu empfehlen.

Grundierung

- Bei der Erstbeschichtung eines Neubaus ist keine Grundierung erforderlich.
- Bei längerfristig unbehandelt bewitterten Flächen ist objektgebunden zu entscheiden, ob mit Spezial-Fixativ (z. B. von 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.

Der Beschichtungsaufbau erfolgt in zwei Arbeitsgängen:

- Grundbeschichtung mit Dispersionssilikatfarbe, verdünnt (z. B. von Keimfarben; Produkt: Keim Porosil Farbe, verdünnt mit Spezial-Fixativ)
- Schlussbeschichtung mit Dispersionssilikatfarbe, unverdünnt

Beschichtung mit strukturierter Oberfläche

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

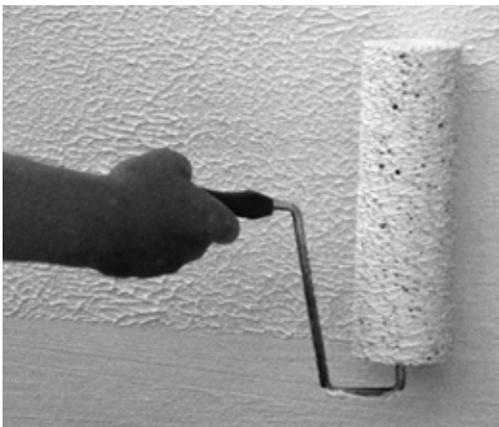
Diese Variante gilt als Standardbeschichtung auf Hebel Montagebauteilen und erfüllt die technischen Erfordernisse für Porenbeton-Beschichtungen in ausgezeichnete Weise.

Beschichtungsaufbau in weiß:

- Grundbeschichtung mit Silikat-Strukturbeschichtung, verdünnt (z. B. von Keimfarben; Produkt: Keim Porosil Strukturbeschichtung, verdünnt mit Spezial-Fixativ). Mit geeigneter Rolle aufbringen.
- Schlussbeschichtung mit Silikat-Strukturbeschichtung. Unverdünnt rollen und gleichmäßig strukturieren.

Beschichtungsaufbau im Farbton:

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



Strukturieren der Beschichtung mit der Rolle.

Beschichtung mit glatter Oberfläche

Optisch anspruchsvolle, glatte Oberflächen werden mit folgendem Beschichtungsaufbau erreicht.

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

3.3.3 Acryl-Außenbeschichtung

Produkt und Anwendung

Die Acryl-Außenbeschichtung (z. B. von Alsecco; Produkt: Alseccocryl M oder Alseccocryl G) ist eine lösemittelfreie wasserabweisende Kunstharzdispersionsbeschichtung, geeignet als Wetterschutz für Hebel Wandplatten.

Die 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 (z. B. von 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 ausgezeichneter Weise.

Beschichtungsaufbau:

- Die erste Beschichtung mit ca. 20 % Wasser verdünnt durch Streichen, Spritzen oder Rollen vornehmen.
- Die zweite Beschichtung mit max. 5 % Wasser verdünnt durch Streichen, Spritzen oder Rollen ausführen. Dabei die Oberfläche durch Abwalzen mit grober Neoprenschaumrolle strukturieren.
- Vor der Strukturierung die Fasen bzw. Fugen bei Hebel Montagebauteilen mit einem Flachpinsel nachziehen.

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 (z. B. von Alsecco; Produkt: Alseccocryl-Spachtel). Vertikalfugen (Bewegungsfugen) nicht überspachteln.
- 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.

Beschichtungen haben keinen Einfluss auf die Eigenschaften des neuen Produkts mit $\lambda = 0,10$ und können auch hierfür verwendet werden.

Weitere Informationen zum Thema Beschichtungen erhalten Sie bei dem für Sie zuständigen Hebel Ansprechpartner.

3.4 Fassadenbekleidungen

Die vorgehängte hinterlüftete Fassade (VHF) ist im europäischen Industrie- und Bürobau eine weit verbreitete Art der Gebäudehülle, die durch eine Luftschicht zwischen dem gedämmten Gebäude und der Wetterhaut gekennzeichnet ist. Diese Luftschicht sorgt für eine ständige Hinterlüftung der Außenhaut und trennt sie im Hinblick auf Feuchte und Wärme von der, ggf. gedämmten, Tragstruktur. Diese Fassadenart kann im Winter vor Feuchteausfall in kritischen Bereichen schützen – beispielsweise durch Schneeanhäufungen.

Der Systemaufbau der VHF

Vorgehängte hinterlüftete Fassaden sind in der DIN 18516 bauaufsichtlich geregelt. Zu ihren wesentlichen Bestandteilen gehören Außenhaut, Luftschicht, ggf. Dämmebene und Tragstruktur. Die Dämmebene ist bei Hebel Porenbeton-Elementen, je nach energetischer Anforderung, nicht immer erforderlich, kann aber zu einer Erhöhung der energetischen Qualität des Gebäudes beitragen.

Die Außenhaut

Die Außenhaut kann aus verschiedenen Materialien bestehen, wie beispielsweise

- Hochdruckschichtstoffplatten
- Metallblechen und Sandwichmaterialien
- Kunststoffen
- Faserzementplatten
- Mineralischen Plattenwerkstoffen
- Natursteinplatten und Klinkerriemchen

Die Außenhaut ist immer auch die Wetterschutzschicht und weist Schlagregen und Feuchteintrag ab.

Die Tragstruktur

Die Außenhaut ist auf einer Unterkonstruktion befestigt. Diese besteht meist aus Grund- und Konterlattung und ist an den Hebel Porenbeton-Wandplatten befestigt. Holz- und Metallkonstruktionen sind die wesentlichen Materialien für die Unterkonstruktion.

An den Verankerungsteilen, z. B. an den Holz-, Stahl- oder Aluminiumprofilen, werden dann die für die Fassadenbekleidung notwendigen Teile und danach die Fassadenaußenhautelemente befestigt. Grundsätzlich sind die Einbau- und Befestigungsvorschriften der Hersteller zu beachten.

Mit vorgehängten Fassaden können zahlreiche Werkstoffe verwendet und gestalterische Akzente gesetzt werden. Die Gestaltung kann sich farblich und durch Kombination unterschiedlicher Oberflächenmaterialien der Gebäudearchitektur anpassen und erlaubt so, die Konstruktion individueller Fassaden.



Fassadenelemente aus Composit-Werkstoff auf Porenbeton.



Metallbekleidung auf Porenbeton (Trapezprofilierung).

3.5 Dachabdichtung

Flachdächer werden generell mit einer flächigen, homogenen, membranartigen Dachabdichtung ausgeführt, die vollflächig auf einen durchgehenden Untergrund verlegt wird. Flachdächer sind in beliebigen Formen und Neigungen möglich. Zudem erfolgt eine Unterscheidung nach nicht-belüfteten Dächern (Warmdach) und belüfteten Dächern (Kaltdach), 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 funktionsfähig bleibt. Außerdem muss die Dachhaut widerstandsfähig gegen Flugfeuer und strahlende Wärme sein. Eine Sicherung gegen Abheben durch Windsogkräfte ist generell 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 Dachabdichtungstoffe entscheidend. Bei der Verwendung von Bitumen- oder Kunststoffdichtungsbahnen wird zwischen Auflast (z. B. Kiesschüttung), Verklebung und mechanischer Befestigung unterschieden.

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

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

Auf den Einbau von Schleppstreifen über den stirnseitigen Plattenstoßfugen ist zu achten. Die Ausführung eines Voranstriches auf der Dachplattenoberseite zur Staubbindung und zur Verbesserung der Haftfähigkeit der Klebemittel ist bei einem verklebten Aufbau ratsam.

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

Zusatzdämmung

Flachdächer bzw. Warmdachkonstruktionen sind vielfach wegen der Dachhaut nach außen verhältnismäßig diffusionsdicht. Dennoch bleiben auch diese Konstruktionen diffusions-technisch trocken. Bei Verwendung einer Zwischendämmung aus Multipor oder anderen diffusionsoffenen Dämmschichten wird der Einbau einer Dampfbremse mit $s_d \geq 100$ m zwischen Dachplatten und Wärmedämmung empfohlen, bei Metaldacheindeckungen 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 Hebel zu halten.

3

Darüber hinaus können Einflüsse aus der Raumluft oder die über die Expositionsklasse XC1 hinausgehende Einwirkungen gemäß DIN EN 206-1 (z. B. aggressive Dämpfe) eine besondere Oberflächenbehandlung erforderlich machen.

Bei Feuchträumen oder Räumen mit aggressiver Raumluft über die Expositionsklasse XC1 hinausgehende Einwirkungen gemäß DIN EN 206-1 sind vor dem Aufbringen

der entsprechenden Anstriche oder Beschichtungen alle Plattenfugen und alle Anschlussfugen mit geeigneten Fugenmassen zu schließen. Durch diese Verfürgung 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. Die Anwendungsrichtlinien der Beschichtungs- oder Anstrichhersteller sind zu beachten. Für eine ausreichende Durchlüftung und gegebenenfalls erforderliche 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 der 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 gewährleisten.

Ohne diese Randabstände entstehen im Zwischenraum unkontrollierbare physikalische Verhältnisse, die zu Schäden führen können (Verfärbungen 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.

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 Drahtabhänger 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 zugelasener Dübel von unten an den Hebel Dach- bzw. Deckenplatten befestigt werden. Die Zulassungen für die zu wählenden Dübel sind zu beachten. Selbstverständlich ist hierbei eine handwerklich einwandfreie Ausführung 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 auch geeignete Befestigungsmittel ohne Zulassung verwendet werden.

3.8.2 Dübel mit Zulassung

Die europäischen oder 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 bzw. PP entspricht. Im Zuge der europäischen Harmonisierung der Normen wird für Porenbeton das Kürzel AAC (autoclaved aerated concrete) verwendet.

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 der Anwendungsempfehlungen der jeweiligen Hersteller erfolgen, die auch Einbaubedingungen zu zulässigen Lasten angeben.

Porenbeton-Nägeln

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

Die Nägel werden handwerksgerecht wechselseitig schräg in den Untergrund eingetrieben.

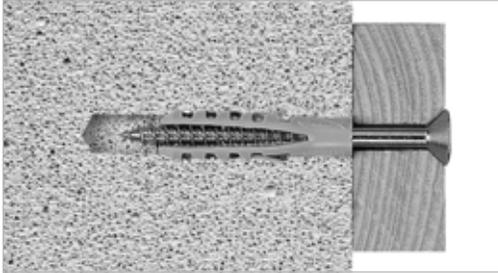


Porenbeton-Vierkantnägel.

Dübel ohne Zulassung

Als Befestigungsmittel sind nahezu alle handelsüblichen Dübeltypen geeignet. Neben Kunststoff-Standarddübeln können auch die von verschiedenen Herstellern angebotenen Porenbeton-Dübel eingesetzt werden.

Dübellöcher in Hebel Porenbeton sollten nicht gebohrt werden. Wesentlich besser ist es, die Löcher mit einem dem Dübeldurchmesser entsprechenden Dorn, notfalls mit dem Schaft eines Stahlbohrers, einzuschlagen, wodurch das Dübelloch zusätzlich verfestigt wird.



Standard-Kunststoffdübel in Porenbeton.

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 werden aufgesteckt und die Aufbohrung mit Gegenmutter anschließend zugeputzt.

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.

Weitere Informationen zu geeigneten Dübeln und Befestigungsmitteln erhalten Sie bei den jeweiligen Herstellern und unter Download & Service auf www.hebel.de im Bereich Wirtschaftsbau.



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 Hebel Wandplatten erfolgt nach DIN 4223 Teil 1-5. Zukünftig erfolgt die Bemessung nach DIN 12602 und den nationalen

Anwendungsdokumenten DIN 4223, Teil 101-103. Die genaue Einführungstermin stand bei Redaktionsschluss dieses Buches noch nicht fest.

4.1.1 Materialkennwerte

Hebel Wandplatten

Druckfestigkeitsklasse	P 3,3/AAC 3,5	P 3,3/AAC 3,5	P 4,4/AAC 4,5	Dimension
Charakteristische Druckfestigkeit f_{ck}	3,3/3,5	3,3/3,5	4,4/4,5	MPa
Rohdichteklasse	0,4/400	0,50/500	0,55/550	
Rohdichte max.	400	500	550	kg/m ³
Wärmeleitfähigkeit λ	0,10	0,13	0,14	W/(mK)
Rechenwert für Eigenlasten einschließlich Bewehrung	5,2	6,2	6,7	kN/m ³
Elastizitätsmodul E_{cm}	1.250	1.750	2.000	MPa
Grundwert der aufnehmbaren Schubspannung τ_{Rd}	0,067	0,067	0,078	MPa

Bewehrung

Hebel Wandplatten sind mit korrosionsgeschützten, punktgeschweißten Betonstahlmatten bewehrt, hergestellt aus Bewehrungsstäben der Betonstahlsorte B500A+G gem. DIN 488-1.

klasse F 360 bzw. EI 360 nach Prüfzeugnis der MPA Braunschweig.

Elastizitätsmodul:

$$E_{cm} = 5 \cdot (Q - 150) \quad [\text{MPa}]$$

$$Q = \text{Trockenrohddichte} \quad [\text{kg/m}^3]$$

Hebel Wandplatten immer F 360 bzw. EI 360

In der Standardausführung entsprechen Hebel Wandplatten ab 175 mm der Feuerwiderstands-

Querdehnungszahl:

$$\nu = 0,2$$

Flächenlasten

Druckfestigkeits-/ Rohdichteklasse	Rechenwert der Eigenlasten	Dicke [mm]	Flächenlast [kN/m ²]
P 3,3-0,40/AAC 3,5-400	5,2 kN/m ³	300	1,56
		365	1,90
P 3,3-0,50/AAC 3,5-500	6,2 kN/m ³	150	0,93
		175	1,09
		200	1,24
		250	1,55
		300	1,86
		365	2,26
P 4,4-0,55/AAC 4,5-550	6,7 kN/m ³	150	1,00
		175	1,17
		200	1,34
		250	1,68
		300	2,01
		365	2,45

4.1.2 Lastannahmen für Windbeanspruchung

Windlastannahmen für Bauten und Bauteile sind in DIN EN 1991-1-4 geregelt.

Anwendungsbereich

Die DIN EN 1991-1-4 liefert Regeln zur Bestimmung der Einwirkungen aus natürlichem Wind auf für die Bemessung von Gebäuden und ingenieurtechnischen Anlagen betrachteten Last-einzugsflächen. Sie dient zur Bestimmung der charakteristischen Windlasten auf Bauwerke an Land, deren Bauteile und Anbauten. Der dazugehörige deutsche Nationale Anhang (NA) darf aufgrund des in Deutschland gültigen Windprofils für Bauwerke bis zu einer Höhe von 300 m angewendet werden. 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 der DIN EN 1991-1-4/NA sind Grundwerte der Basiswindgeschwindigkeiten $v_{b,0}$ und zugehörige Geschwindigkeitsdrücke $q_{b,0}$ angegeben.

Der für die Bestimmung der Windlasten erforderliche Böengeschwindigkeitsdruck wird aus dem Geschwindigkeitsdruck $q_{b,0}$ und einem höhen- und geländeabhängigen „Böenfaktor“ ermittelt. Die Geschwindigkeitsdrücke gelten für ebenes Gelände, bei exponiertem Gebäudestandort kann eine Erhöhung nach DIN EN 1991-1-4 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 $v_{b,0}$ und Geschwindigkeitsdruck $q_{b,0}$

Windzone	$v_{b,0}$ [m/s]	$q_{b,0}$ [kN/m ²]
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 EN 1991-1-4/NA.

Höhenabhängiger Böengeschwindigkeitsdruck im Regelfall

Der höhenabhängige Böengeschwindigkeitsdruck $q_p(z)$ für Bauwerke wird nach DIN EN 1991-1-4/NA 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)

$$q_p(z) = 1,5 \alpha q_b \quad \text{für } z \leq 7 \text{ m}$$

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

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

Inseln der Nordsee (Geländekategorie I)

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

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

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

$$q_p(z) = 1,8 \cdot q_b \quad \text{für } z \leq 4 \text{ m}$$

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

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

$q_p(z)$ = höhenabhängiger Böengeschwindigkeitsdruck
 q_b = Mittlerer Geschwindigkeitsdruck in Abhängigkeit von der Windzone
 z = Höhe über Grund- bzw. Bezugshöhe z_e oder z_i in m

Vereinfachte Böengeschwindigkeitsdrücke für Bauwerke bis 25 m Höhe

Bei Bauwerken bis 25 m Höhe darf der Böengeschwindigkeitsdruck vereinfacht nach DIN EN 1991-1-4/NA 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:

Außendruck w_e in kN/m^2

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

c_{pe} = Aerodynamischer Beiwert für den Außendruck
 z_e = Bezugshöhe
 p_{ze} = Geschwindigkeitsdruck für die Bezugshöhe

Innendruck w_i in kN/m^2

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

c_{pi} = Aerodynamischer Beiwert für den Innendruck
 z_i = Bezugshöhe
 p_{ze} = Geschwindigkeitsdruck für die Bezugshöhe

Laut DIN EN 1991-1-4 ist der Innendruck auf Wände in Räumen mit durchlässigen Außenwänden nur dann zu berücksichtigen, wenn er ungünstig wirkt.

Beträgt an mindestens zwei Seiten eines Gebäudes (Fassade oder Dach) die Gesamtfläche der Öffnungen einer jeden Seite mehr als 30% der Fläche einer Seite, so gelten die beiden Seiten als gänzlich offen. Fenster, Türen und Tore dürfen als geschlossen angesehen werden, sofern sie nicht betriebsbedingt bei Sturm geöffnet

Vereinfachte Böengeschwindigkeitsdrücke für Bauwerke bis 25 m Höhe

Windzone	Geschwindigkeitsdruck q_p [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 ¹⁾ und Inseln der Ostsee	0,65 0,85	0,80 1,00	0,90 1,10
③ Binnenland Küste ¹⁾ und Inseln der Ostsee	0,80 1,05	0,95 1,20	1,10 1,30
④ Binnenland Küste ¹⁾ der Nord- und Ostsee, Inseln der Ostsee Inseln der Nordsee ²⁾	0,95 1,25 1,40	1,15 1,40 –	1,30 1,55 –

¹⁾ Zur Küste zählt ein Streifen von 5 km Breite landeinwärts entlang der Küste.

²⁾ Auf den Inseln der Nordsee ist das vereinfachte Verfahren nur bis zu einer Gebäudehöhe von 10 m zulässig. Bei höheren Gebäuden ist der Regelfall anzuwenden.

werden müssen, so wie beispielsweise die Ausfahrtstore von Rettungswachen.

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.

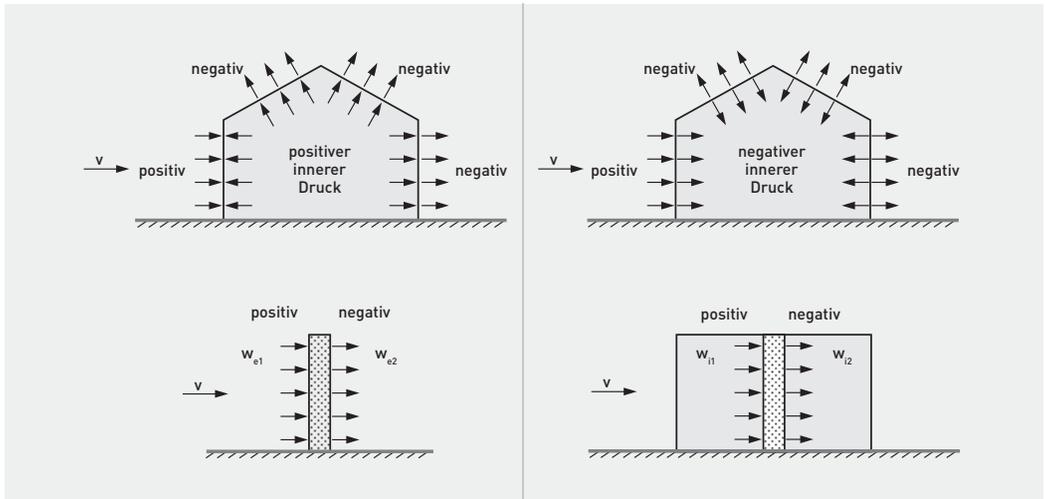
Eine Gebäudefläche ist für den Innendruck als dominant anzusehen, wenn die Gesamtfläche der Öffnungen dieser Seite mindestens doppelt

so groß ist wie die Summe aller Öffnungen und Undichtigkeiten in den restlichen Seitenflächen.

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 nicht entlastend angesetzt werden.

4



Beispiele für die Überlagerung von Außen- und Innendruck.

Aerodynamische Beiwerte

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

Der Tabelle können die Außendruckbeiwerte C_{pe} in Abhängigkeit der Lasteinzugsflächen entnommen werden. Die Werte von $c_{pe,1}$ dienen

dem Entwurf kleiner Bauteile und deren Verankerung, mit einer Lasteinzugsfläche $\leq 1 \text{ m}^2$. Die Werte von $c_{pe,10}$ werden zur Bemessung des gesamten Tragwerks verwendet. Die Außendruckbeiwerte gelten nicht für hinterlüftete Wand- und Dachflächen.

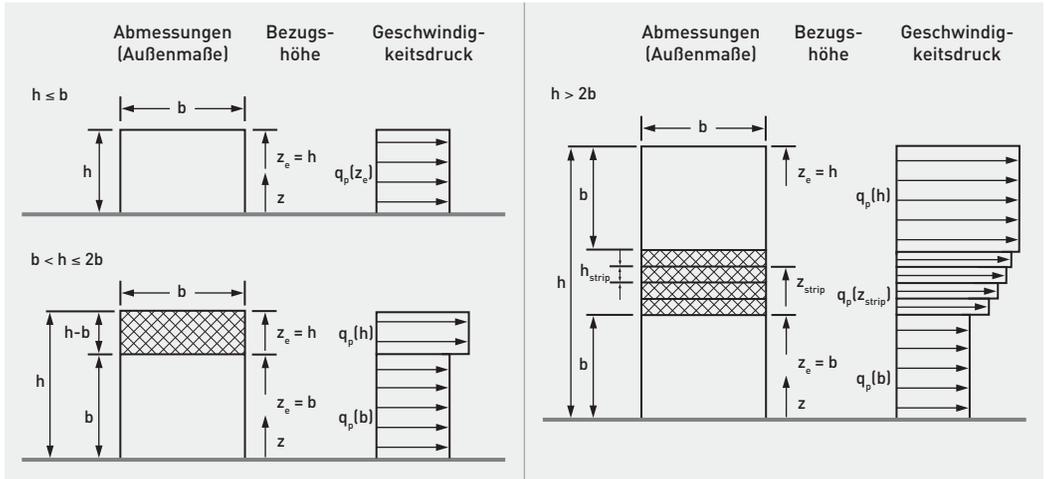
Zusammenhang zwischen Lasteinzugsfläche und Außendruckbeiwert c_{pe}

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 können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

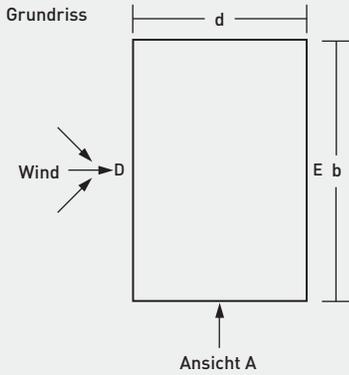


Bezugshöhe z_e für vertikale Wände in Abhängigkeit von Baukörperhöhe h und Breite b .

Außendruckbeiwerte für vertikale Wände von Gebäuden mit rechteckigem Grundriss

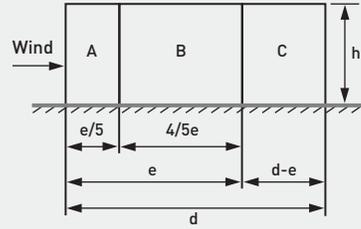
Bereich	A		B		C		D		E	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$								
≥ 5	-1,4	-1,7	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	+0,8	+1,0	-0,5	-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	+0,8	+1,0	-0,5	-0,7
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	+0,7	+1,0	-0,3	-0,5

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 EN 1991-1-4 zu ermitteln.

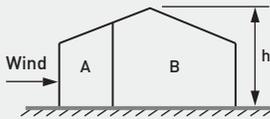
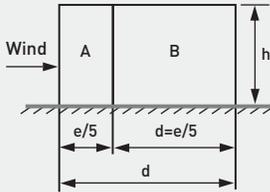


$e = b$ oder $2h$, der kleinere Wert ist maßgebend
 b : Abmessung quer zur Anströmrichtung

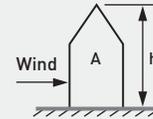
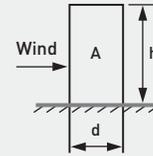
Ansicht A für $e < d$



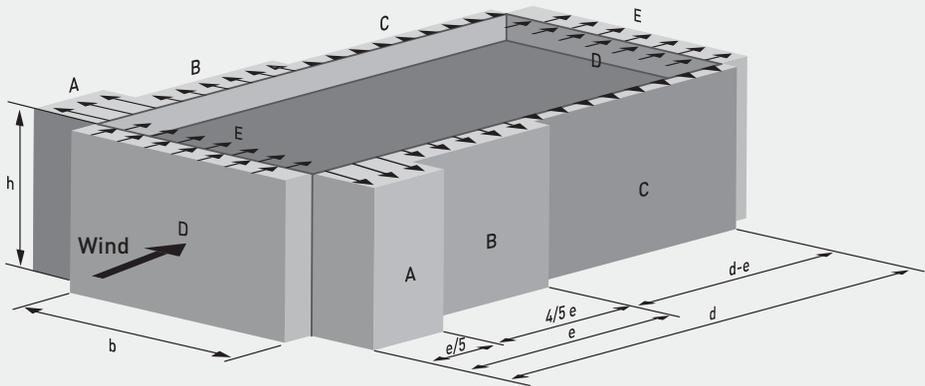
Ansicht A für $d \leq e \leq 5d$



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/AAC 3,5 und P 4,4/AAC 4,5

Plattendicke h [mm]	Plattenlänge l [mm]
150	6.000
175	7.000
200	7.600*
≥ 250	8.000*

* bei Wandfeldern ohne Öffnung bis 8.300 mm

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 horizontalen Randlasten. In Abhängigkeit der Plattengeometrie ist ein Lasterhöhungsfaktor α_q zu berücksichtigen (siehe DIN 4223-4:2003, bzw. DIN 4223-102:2013).

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 (vgl. Typenstatik).

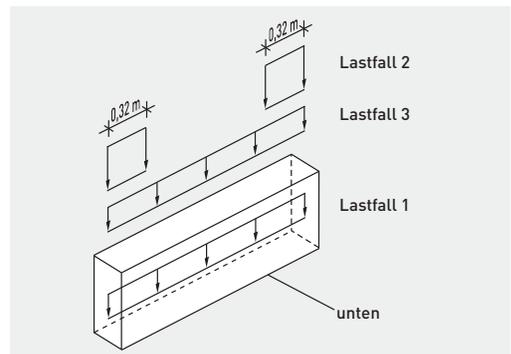
Ermittlung der Schnittgrößen:

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:

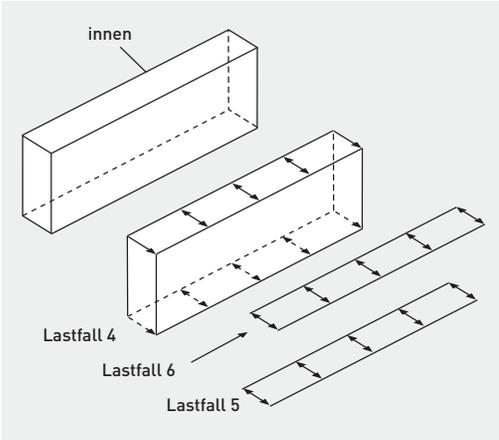
- Lastfall 1 = Eigengewicht
- Lastfall 2 = obere Blocklast aus aufliegenden Platten
- Lastfall 3 = obere Linienlast



Scheibenlastfälle.

Plattenlastfälle aus Windbeanspruchung:

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



Plattenlastfälle.

Transportlastfall:

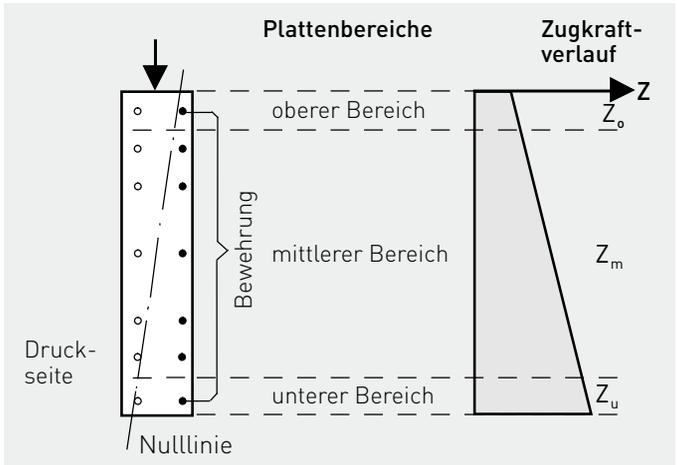
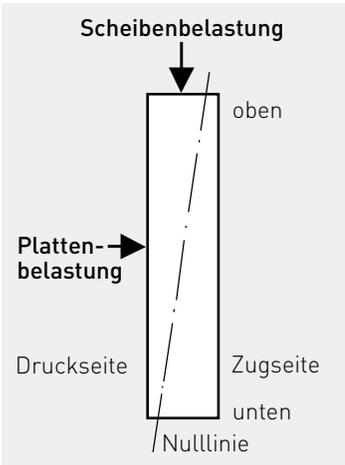
Beim Transportlastfall wird der Hublastbeiwert in Höhe von $\gamma_{hub} = 1,3$ berücksichtigt.

Bezeichnung der Schnittgrößen:

M_y = Moment aus Plattenlastfällen in Plattenlängsrichtung

N_y = Normalkraft aus Scheibenlastfällen

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



Bemessung

Bemessungsgrößen sind:

f_{cd} = Bemessungswert der Druckfestigkeit des Porenbetons

f_{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.

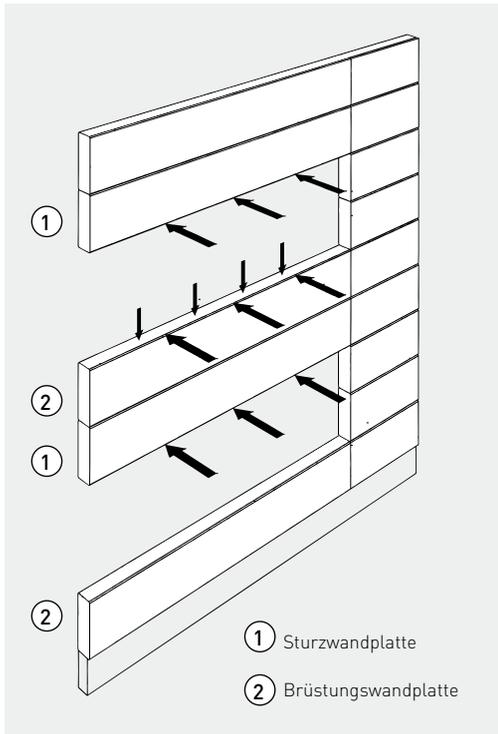
Die erforderliche Bewehrung für den Transportlastfall wird aus dem Eigengewicht der Platte ermittelt. Ist die gesamte Bewehrung einer Plattenseite kleiner als die erforderliche Transportbewehrung, so wird der Transportlastfall maßgebend und es wird nach diesem bemessen. Hierbei werden die Bemessungsbereiche jeweils 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

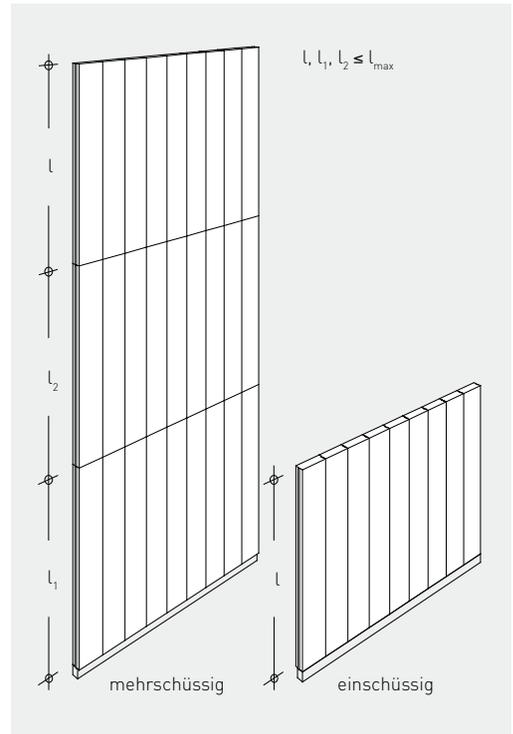
Empfohlene Plattenabmessungen in Abhängigkeit von der Plattenschlankheit für Hebel Wandplatten der Druckfestigkeitsklassen P 3,3/AAC 3,5 und P 4,4/AAC 4,5

Plattenbreite b [mm]	Plattendicke h [mm]	Plattenlänge	
		l ¹⁾ [mm]	l ₁ , l ₂ ²⁾ [mm]
500 bis 750	150	6.000	4.300
	175	7.000	5.000
	200	7.600*	5.700
	250	≤ 8.000*	7.200
	≥ 300		≤ 8.000

¹⁾ für einschüssige Wände und oberste Lage mehrschüssiger Wände

²⁾ wenn weitere Platten aufliegen

* bei Wandfeldern ohne Öffnung bis 8.300 mm



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

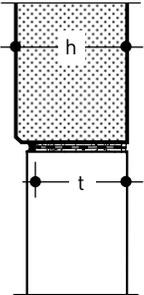
Der Nachweis wurde nach DIN 4223 unter Berücksichtigung der Schubtragfähigkeit des Porenbetons der Druckfestigkeitsklasse P 4,4 und der Mörtelfuge geführt.

4.1.7 Verankerungsmittel

Verankerungsmittel sind lose Halteteile und dienen der Verankerung von Montageelementen mit der Tragkonstruktion. 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 Querkraft für stehend angeordnete Hebel Wandplatten P 4,4/AAC 4,5

Sockelausbildung	Plattendicke h [mm]	Aufstandstiefe t [mm]	max. Plattenlänge l [m]	zul. Querkraft V_{sk} [kN/m]
	150	90	6,00	2,5
	175	105	7,00	3,0
	200	120	7,60	3,4
	250	150	8,00*	4,3
	300	180	8,00*	5,1
	365	220	8,00*	6,3

* 8,0 m empfohlene Plattenlänge. Objektbezogen Plattenlängen bis 8,3 m möglich.

Die von den Verankerungsmitteln und den Wandplatten aufzunehmenden Halterungskräfte errechnen sich aus der Windlast und konstruktionsbedingten Zusatzlasten. Weitere Einzelheiten hierzu können der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-21.8-1857 entnommen werden.

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

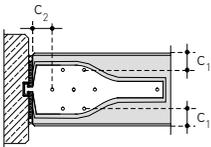
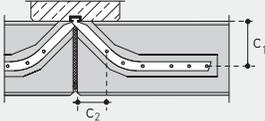
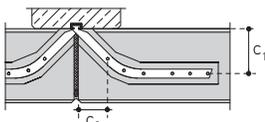
Nagellaschen

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 Hülsennägeln an Ankerschienen befestigt, die an der Unterkonstruktion angebracht sind.

Nagellaschen sowie Ankerschienen werden entsprechend dem Anwendungsbereich in verschiedenen Materialgüten verwendet. Die Hülsennägel 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 Güten 1.4401, 1.4571 oder 1.4362 eingesetzt. Detaillierte Informationen können der Zulassung Z-21.8-1857 entnommen werden.

Bemessungswiderstände V_{Rd} [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		2,1	2,6
17 Nagellasche (Mittel- und Endverankerung) 	175	siehe Zulassung Z-21.8-1857	1,9	1,9
16 Nagellasche (Mittel- und Endverankerung) 	200 250 300 365		3,5	5,2

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.

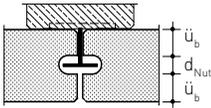
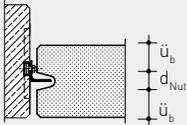
Die Anforderungen in Abhängigkeit vom Anwendungsbereich sowie die maximalen Punkt-

und Biegetragfähigkeiten der wegen ihrer Kompatibilität mit den Nagellaschen zur Anwendung kommenden Ankerschienen der Profilgröße 38/17 sind in den Zulassungen und Bemessungshilfen der jeweiligen Hersteller geregelt bzw. dort angegeben.

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.

Bemessungswiderstände V_{Rd} von Stirnut-Verankerungen

Verankerungstyp	Plattendicke h [mm]	Überdeckung \ddot{u}_b [mm]	Bemessungswiderstände V_{Rd} [kN]		Bemerkung
			P 3,3	P 4,4	
Attika-T-Profil 	150 175 200 250 ≥ 300	50 62 75 100 125	4,02 4,98 6,02 8,04 10,04	4,68 5,80 7,02 9,36 11,70	je 0,60 m (2 Plattenenden)
Winkel (Verankerung zw. Stützen) 	150 175 200 250 ≥ 300	50 62 75 100 125	2,01 2,49 3,01 4,02 5,02	2,34 2,90 3,51 4,68 5,85	je 0,60 m (1 Plattenende)

4.1.8 Haltekonstruktionen

Halte- und Stützkonstruktionen wie zum Beispiel Stützenverlängerungen im Attikabereich, Ankerplatten und Auflagerkonsolen werden nach den technischen Baubestimmungen bemessen und ausgeführt, z. B. nach DIN EN 1993-1-1 und DIN EN 1993-1-8. Für den Korrosionsschutz gilt DIN EN ISO 12944.

Die Haltekonstruktionen gelten als zur Tragkonstruktion gehörend, das heißt, sie sind fest mit

dieser verbunden (z. B. einbetoniert oder angeschweißt). Die Stahlteildicke beträgt mindestens 6 mm.

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.

4

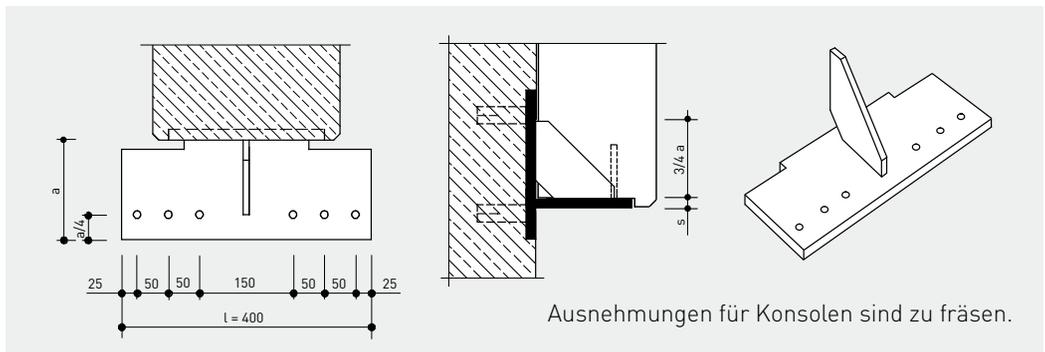
Konsolen aus Flachstahl

Tragfähigkeit von Auflager- bzw. Abfangkonsolen bei vorgegebenen Konsolabmessungen

Plattendicke h [mm]	Konsolplatte Variante 1 l × a × s [mm]	max. charakteristische Einwirkung G _k [kN]	Konsolplatte Variante 2 l × a × s [mm]	max. charakteristische Einwirkung G _k [kN]	
		bei Druckfestigkeitsklasse/ Rohdichteklasse P 3,3-0,50/P 4,4-0,55		bei Druckfestigkeitsklasse/ Rohdichteklasse P 3,3-0,50 P 4,4-0,55	
150	400 × 100 × 10	16,5	400 × 100 × 15	20	25,5
175	400 × 130 × 12	22	400 × 130 × 15	27	33
200	400 × 130 × 12	22	400 × 130 × 15	27	33
250	400 × 180 × 15	34	400 × 180 × 18	38	50
300	400 × 220 × 15	37	400 × 220 × 18	48	53
365	400 × 300 × 18	59	400 × 300 × 18	59	59

Der Nachweis der aufnehmbaren Randdruckspannung σ_{Rd} nach DIN 4223 ist in Abhängigkeit

der Druckfestigkeitsklasse des Porenbetons in jedem Einzelfall zu führen.

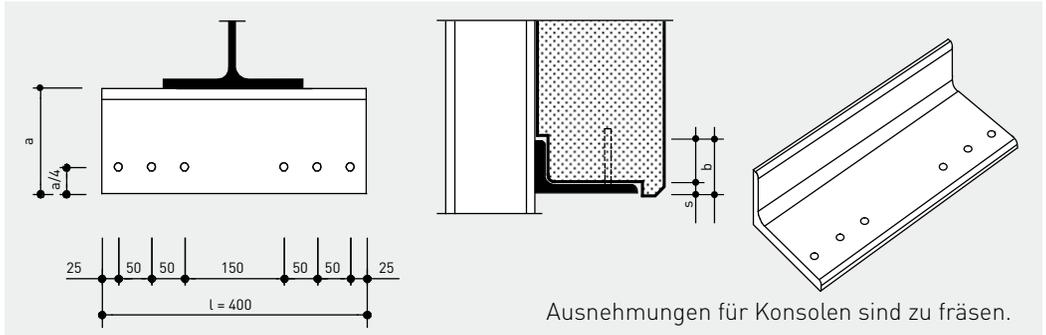


Beispiel für Auflagerkonsole aus Flachstahl.

Konsolen aus Winkelstahl

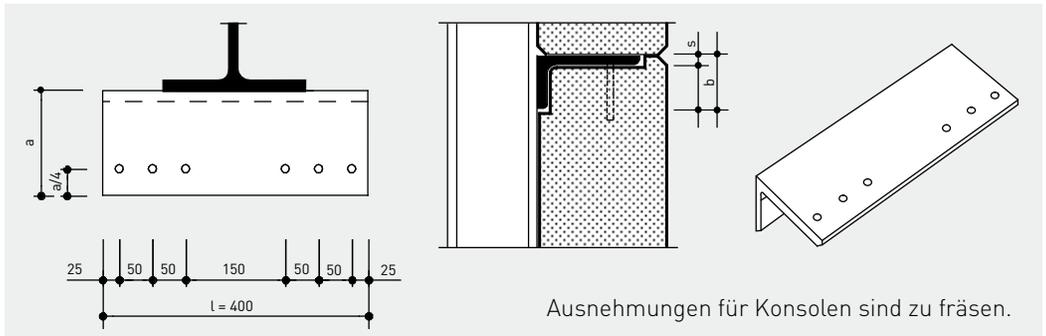
Die folgenden Auflasttabellen geben die zulässigen Einwirkungen für Auflager- und Abfangkonsolen bei vorgegebenem Profil an. Die Flanschbreite der Stahlstütze ist für die max. zulässige Auflast von wesentlicher Bedeutung. Die nachfolgenden Tabellen gelten für die

Flanschbreiten 100 mm/160 mm/260 mm/300 mm. Die Flächenlasten wurden für Hebel Wandplatten P 3,3-0,50 und P 4,4-0,55 ermittelt. Der Nachweis der aufnehmbaren Randdruckspannung σ_{Rd} nach DIN 4223 ist in Abhängigkeit der Druckfestigkeitsklasse des Porenbetons in jedem Einzelfall zu führen.



Beispiel für Auflagerkonsole aus Winkelstahl.

Ausnehmungen für Konsolen sind zu fräsen.



Beispiel für Abfangkonsole aus Winkelstahl.

Ausnehmungen für Konsolen sind zu fräsen.

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]	32	32	30	21
Eigenlast Porenbeton [kN/m ²]	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]	37	37	30	21
Eigenlast Porenbeton [kN/m ²]	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]	43	43	43	33
Eigenlast Porenbeton [kN/m ²]	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]	52	52	45	33
Eigenlast Porenbeton [kN/m ²]	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]	63	63	48	36
Eigenlast Porenbeton [kN/m ²]	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	68	48	36
Eigenlast Porenbeton [kN/m ²]	2,01	2,01	2,01	2,01

4.1.9 Korrosionsschutz für Verankerungsmittel und Haltekonstruktionen

Der Korrosionsschutz ist dauerhaft sicherzustellen und entsprechend der zu erwartenden Beanspruchung auszuführen. 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 EN 1992-1-1
- Beschichtungen und/oder Überzüge nach DIN EN ISO 12944
- Feuerverzinkung, auch in Kombination mit Beschichtungen (Duplex-System)
- Verwendung nicht rostender 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 sowohl Innenwände als auch Außenwände und Dächer ein, sofern sich die Stützen mit den Ankerschienen innerhalb der beheizten 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 Prüfzeugnisse. Bei Komplextrennwänden gelten die Vorschriften der Sachversicherer bzw. die für diesen Verwendungszweck geltenden Prüfzeugnisse.

Die Mindestdicke für Brandwände F 90 (EI-M 90) beträgt 175 mm, für Komplextrennwände F 180 (EI-M 180) beträgt sie 250 mm. Die Druckfestigkeits-/Rohdichteklassenkombination ist bei beiden Wandarten grundsätzlich P 4,4-0,55. Die Feuerwiderstandsdauer für Hebel Brand- und Komplextrennwandplatten beträgt darüber hinaus 360 Minuten.

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 gemäß DIN 4102-4/A1 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. Der Mindestachsabstand der Bewehrung 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 Konstruktionsbeispielen auf der Internetseite www.hebel.de im Bereich Downloads entnommen werden.

Materialkennwerte Hebel Brand- und Komplextrennwandplatten

Druckfestigkeitsklasse	P 4,4/AAC 4,5	Dimension
Charakteristische Druckfestigkeit f_{ck}	4,4/4,5	MPa
Rohdichteklasse	0,55/550	
Rohdichte max.	550	kg/m ³
Wärmeleitfähigkeit λ	0,14	W/(mK)
Rechenwert für Eigenlasten einschließlich Bewehrung	6,7	kN/m ³
Elastizitätsmodul E_{cm}	2.000	MPa
Grundwert der aufnehmbaren Schubspannung τ_{Rd}	0,078	MPa

Flächenlasten

Druckfestigkeits-/ Rohdichteklasse	Rechenwert der Eigenlasten	Dicke [mm]	Flächenlast [kN/m ²]
P 4,4-0,55/AAC 4,5-550	6,7 kN/m ³	175	1,17
		200	1,34
		250	1,68
		300	2,01
		365	2,45

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 derzeit gemäß DIN 4223 und zukünftig nach DIN EN 12602.

4.3.1 Materialkennwerte

4 Hebel Dachplatten

Druckfestigkeitsklasse	P 4,4/AAC 4,5	Dimension
Charakteristische Druckfestigkeit f_{ck}	4,4/4,5	MPa
Rohdichteklasse	0,55/550	
Rohdichte max.	550	kg/m ³
Wärmeleitfähigkeit λ	0,14	W/(mK)
Rechenwert für Eigenlasten einschließlich Bewehrung	6,7	kN/m ³
Elastizitätsmodul E_{cm}	2.000	MPa
Grundwert der aufnehmbaren Schubspannung τ_{RD}	0,078	MPa

Bewehrung

Hebel Dachplatten sind mit korrosionsgeschützten, punktgeschweißten Baustahlmatten bewehrt, hergestellt aus Bewehrungsstäben der Betonstahlsorte B500A+G gem. DIN 488-1. Die Standard-Betondeckung der Betonstahlmatten beträgt 30 mm und entspricht damit Feuerwiderstandsklasse F 90 nach DIN 4102-4 bzw. REI 90 nach Europäischer Brandschutznorm EN 13501.

4.3.2 Lastannahmen für Nutzlasten

Dachbauteile sind als statisch bestimmt gelagerte Einfeldträger ohne oder mit Kragarm zu bemessen. Die Summe der Nutzlasten für Dach- und Deckenplatten ohne Aufbeton darf 3,5 kN/m² nicht überschreiten. Der Aufbeton darf bei der Bemessung und beim Nachweis der Tragfähigkeit der Dach- und Deckenplatten statisch nicht in Rechnung gestellt werden. Die

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.

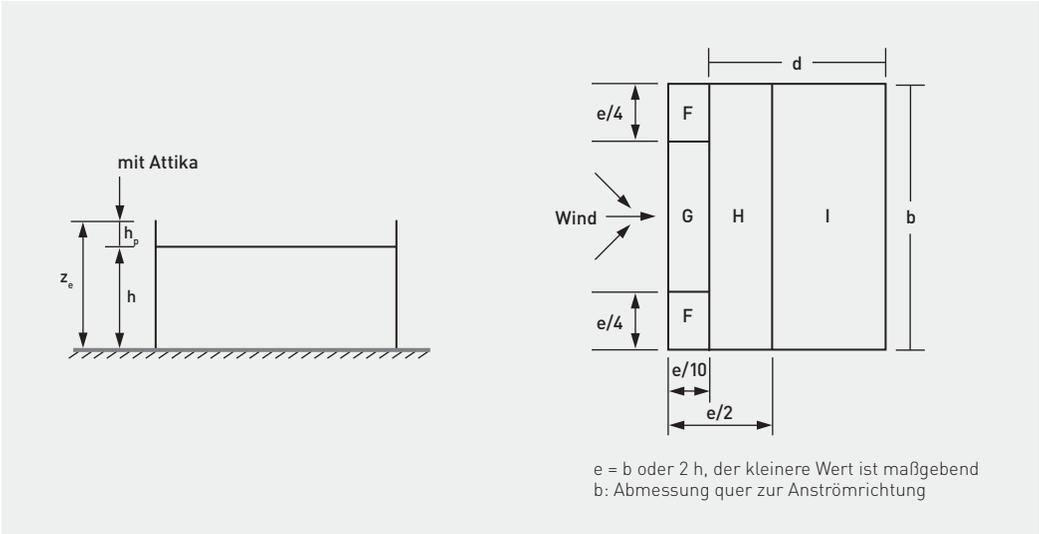
für die Bemessung zu berücksichtigenden Nutzlasten sind in DIN 1991-1-1, Kategorie Z, Tabelle 6.1DE bzw. Kategorie H, Tabelle 6.10DE festgelegt.

4.3.3 Lastannahmen für Windbeanspruchung

Windlasten sind in DIN EN 1991-1-4 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 Windlastnorm 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} siehe Kapitel 4.1.2. Bei Flachdächern mit Attika darf für Zwischenwerte h_p/h linear interpoliert werden.



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

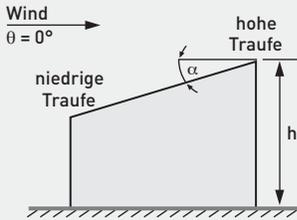
Windlasten bei Pultdächern

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

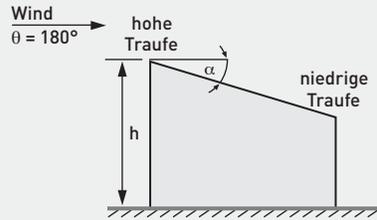
- $\theta = 0^\circ$: Anströmung auf niedrige Traufe;
- $\theta = 180^\circ$: Anströmung auf hohe Traufe;
- $\theta = 90^\circ$: Anströmung parallel zu hoher und niedriger Traufe.

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

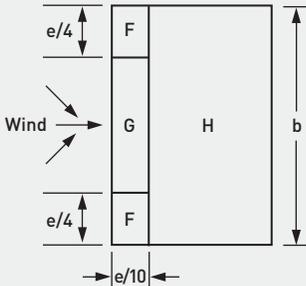
Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$



Anströmrichtung $\theta = 180^\circ$

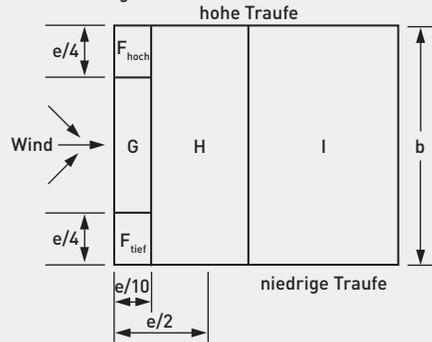


Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$ und $\theta = 180^\circ$



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

Anströmrichtung $\theta = 90^\circ$



Einteilung der Dachflächen bei Pultdächern.

Außendruckbeiwerte für Pultdächer

Neigungs- winkel α ¹¹	Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$ ²¹						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	-1,2	-2,3	-2,5	-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	+0,7	+0,7	+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	+0,8	+0,8	+0,8		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	

¹¹ Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden, sofern nicht das Vorzeichen der Druckbeiwerte wechselt.

²¹ Für die Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$ und bei Neigungswinkeln $5^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$ ändert sich der Druck schnell zwischen positiven und negativen Werten, daher werden sowohl der positive als auch der negative Wert angegeben.

Außendruckbeiwerte für Pultdächer

Neigungswinkel α ¹⁾	Anströmrichtung $\theta = 90^\circ$									
	Bereich									
	F _{hoch}		F _{tief}		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	-0,6	-1,2	-0,5	
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	

¹⁾ 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: $z_g = h$

Einteilung der Dachflächen bei Sattel- und Trogdächern.

Außendruckbeiwerte für Sattel- und Trogdächer

Neigungswinkel α	Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$									
	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		-0,6/+0,2	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6/+0,2		-0,6/+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		-0,2		-0,3	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

Für die Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$ und bei Neigungswinkeln $-5^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$ ändert sich der Druck schnell zwischen positiven und negativen Werten, daher werden sowohl der positive als auch der negative Wert angegeben. Bei solchen Dächern sind vier Fälle zu berücksichtigen, bei denen jeweils der kleinste bzw. größte Wert für die Bereiche F, G und H mit den kleinsten bzw. größten Werten der Bereiche I und J kombiniert werden. Das Mischen positiver und negativer Werte ist unzulässig.

Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden, sofern nicht das Vorzeichen der Druckbeiwerte wechselt. Zwischen den Werten +5° und -5° darf nicht interpoliert werden, stattdessen sind die Werte für Flachdächer zu benutzen.

Neigungswinkel α	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	
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	

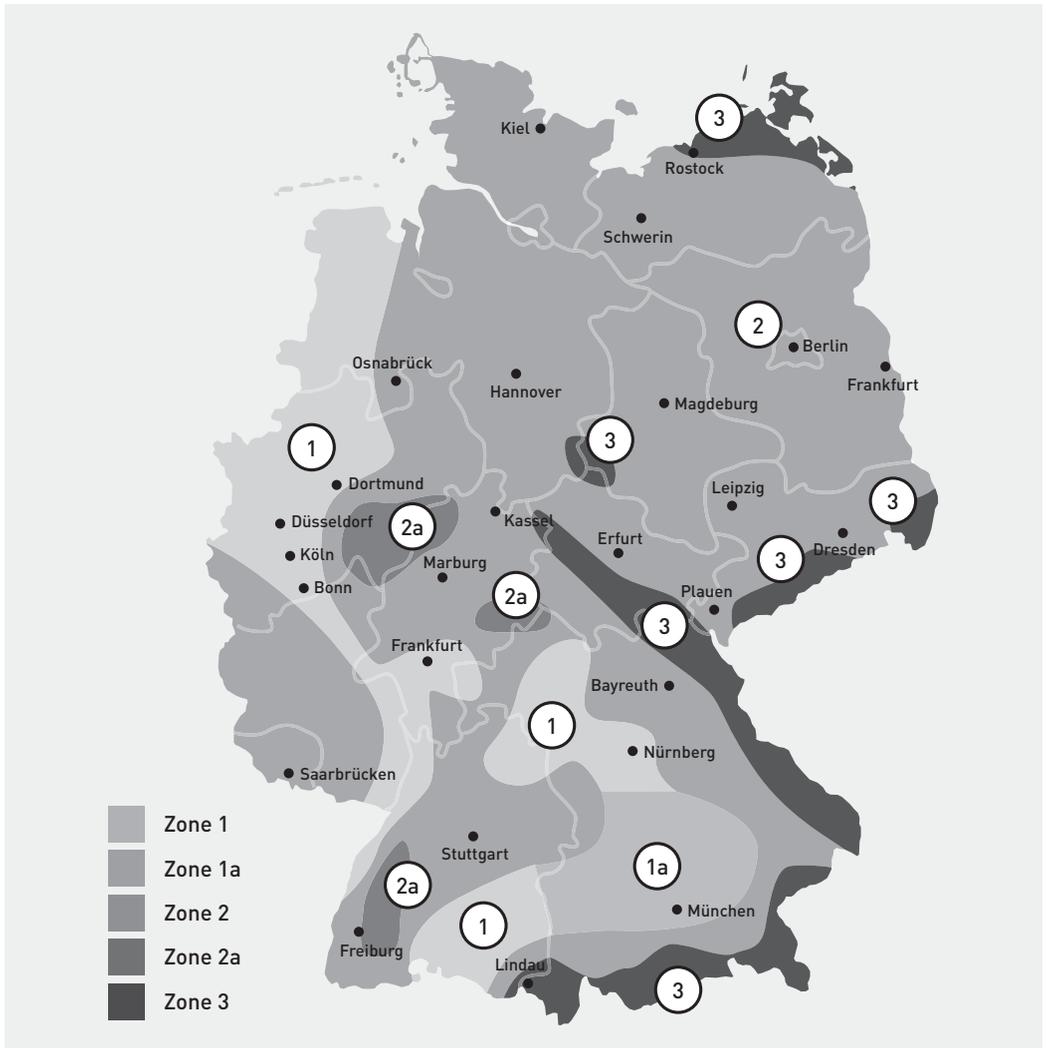
4.3.4 Lastannahmen für Schneebelastung

Schneelastannahmen für Bauten und Bauteile sind in DIN EN 1991-1-3 sowie dem zugehörigen nationalen Anhang 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 drei 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 Unterzonen 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 Bemessungs-



Charakteristische Werte der Schneelast auf dem Boden.

situation mit Schnee als eine außergewöhnliche Einwirkung zu überprüfen.

Siehe dazu auch die Musterliste der Technischen Baubestimmungen Anlage 1.2/2. 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:

$$s_i = \mu_i \cdot s_k$$

μ_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 waagerechte Projektion der Dachfläche.

Die Formbeiwerte μ_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 untenstehenden 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.

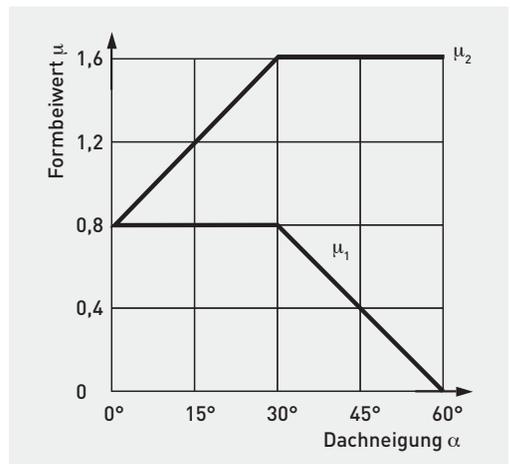
Formbeiwerte μ_i der Schneelast für flache und geneigte Dächer

Formbeiwert	Dachneigung α		
	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha > 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 \cdot (60^\circ - \alpha)/30^\circ$	0
μ_2	$0,8 + 0,8 \cdot \alpha/30^\circ$	1,6	—

Zone	Charakteristischer Wert der Schneelast auf dem Boden [kN/m ²]
1	$s_{k1} = 0,19 + 0,91 \cdot \left(\frac{A + 140}{760}\right)^2 \geq 0,65$
1a	$s_{k1a} = 1,25 \cdot s_{k1} \geq 0,81$
2	$s_{k2} = 0,25 + 1,91 \cdot \left(\frac{A + 140}{760}\right)^2 \geq 0,85$
2a	$s_{k2a} = 1,25 \cdot s_{k2} \geq 1,06$
3 ¹⁾	$s_{k3} = 0,31 + 2,91 \cdot \left(\frac{A + 140}{760}\right)^2 \geq 1,10$

A = Geländehöhe über dem Meeresniveau in m

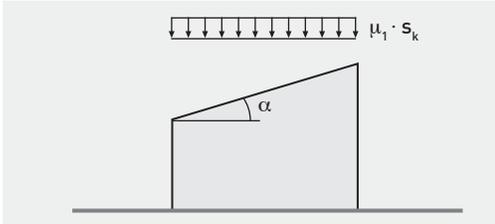
¹⁾ In Zone 3 können sich für bestimmte Lagen (z. B. Oberharz, Hochlagen des Fichtelgebirges, Reit im Winkel, Oberharz/Walchensee) höhere Werte als nach Gleichung 3 ergeben. Informationen über die Schneelast in diesen Lagen sind bei den örtlich zuständigen Stellen einzuholen.



Formbeiwerte der Schneelast für flache und geneigte Dächer.

Flach- und Pultdächer

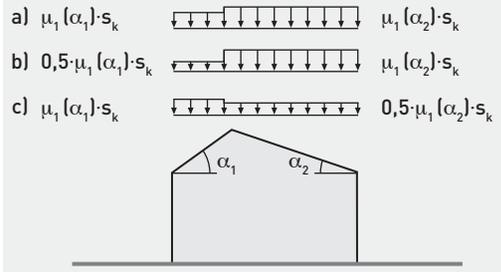
Bei Flach- und Pultdächern ist als Lastbild eine gleichmäßig verteilte Volllast zu berücksichtigen.



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.

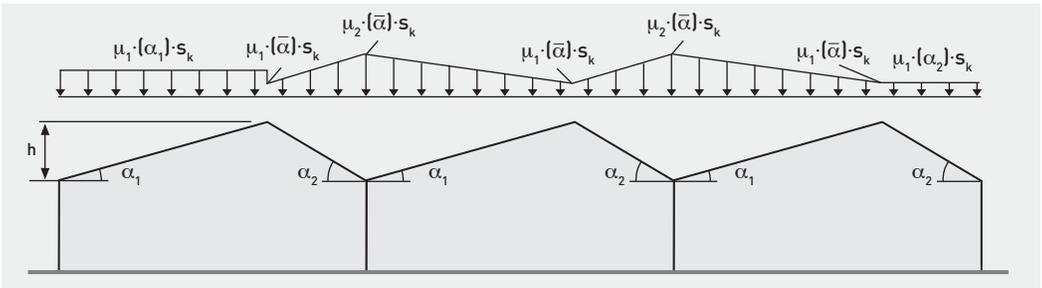
Aneinander gereichte Sattel- und Sheddächer

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

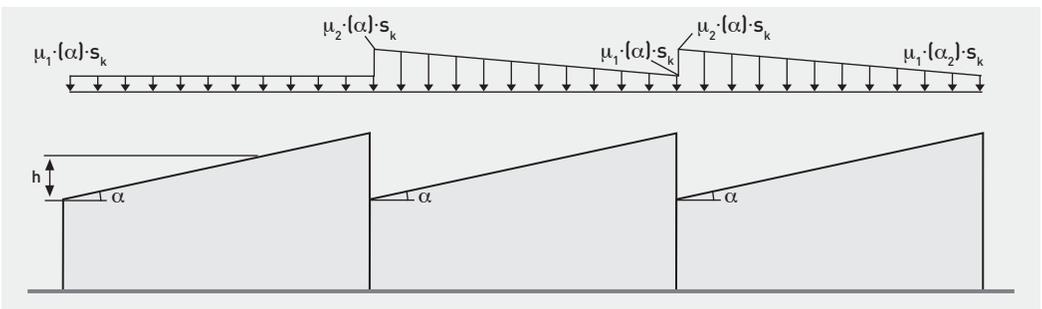
Für die Innenfelder ist der mittlere Dachneigungswinkel $\bar{\alpha}$ anzusetzen:

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

α_1, α_2 = Dachneigungswinkel



Lastbild der Schneelast für gereichte Satteldächer – Verwehungsfall.



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

Formbeiwerte μ_1 und μ_2 sind in DIN EN 1991-1-3/NA angegeben. Dabei darf der Formbeiwert μ_2 auf folgenden Wert begrenzt werden:

$$\mu_2 = \mu_w + \mu_s \begin{cases} \geq 0,8 \\ \leq 2,4^* \end{cases}$$

* DIN EN 1991-1-3/NA, NDP zu 5.3.6 (1), Anmerkung 1

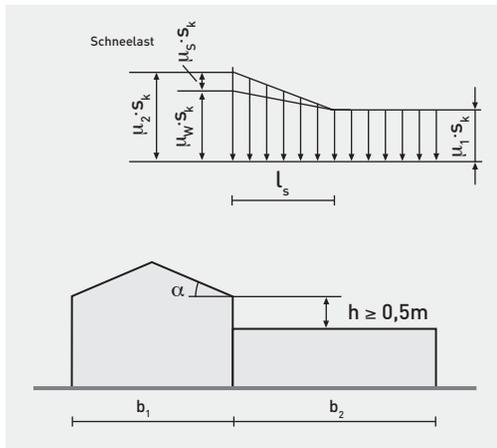
$$\max \mu_2 = \frac{\gamma \cdot h}{s_k} + \mu_1$$

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

4

Höhensprünge 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)

Für den Lastfall ständige/vorübergehende Bemessungssituation nach DIN EN 1990 gilt die Begrenzung $0,8 \leq \mu_w + \mu_s \leq 2,4$. Bei größeren Höhengsprüngen liegt der empfohlene Bereich zwischen $0,8 \leq \mu_w \leq 4$. Der Fall bis $\mu_w = 4$ ist wie ein außergewöhnlicher Lastfall nach DIN EN 1990 zu behandeln.

In Gemeinden, die in der Tabelle „Zuordnung der Schneelastzonen nach Verwaltungsgrenzen“ mit Fußnote gekennzeichnet sind, ist für alle Gebäude in den Schneelastzonen 1 und 2 zusätzlich die Bemessungssituation mit Schnee als eine außergewöhnliche Einwirkung zu prüfen. Dabei ist der Bemessungswert der Schneelast mit $s_i = 2,3 \mu_1 \cdot s_k$ anzunehmen.

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. Es gilt die Begrenzung $0,8 \leq \mu_w + \mu_s \leq 2$.

Formbeiwert μ_s der abrutschenden Schneelast:

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

– bei $\alpha > 15^\circ$: μ_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 μ_w der Schneelast aus Verwehung:

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

γ = 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 kN/m^2

4.3.5 Maximale Stützweiten

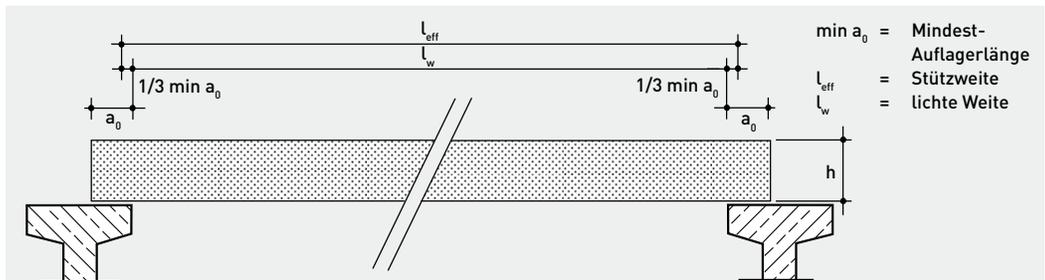
Die nachfolgende Tabelle beinhaltet das Platteneigengewicht als ständige Einwirkung und einen Anteil von 0,2 kN/m² bis 1,50 kN/m² für das Gewicht des Dachaufbaus. Bei abweichenden Belastungen ergeben sich andere Stützweiten. Die Kategorie H nach DIN EN 1991-1-1/NA ist berücksichtigt.

Belastungen gemäß Kategorie Z nach DIN EN 1991-1-1/NA auf Anfrage.

Der stat. Nachweis ist in jedem Einzelfall unter Berücksichtigung der Beiwerte der Einwirkungskombinationen n. DIN EN 1991-1-3 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.

Richtwerte maximaler Stützweiten l_{eff} für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen Hebel Dachplatten P 4,4-0,55; DIN 4223:2003 F 90; für Flachdächer, Auflagerlänge = 100 mm

Plattendicke h [mm]	G_{k1} [kN/m ²]	G_{k2} [kN/m ²]	$Q_{k,s}$ [kN/m ²]																	
			Schneelast auf dem flachen Dach in Abhängigkeit von der charakteristischen Schneelast s_k auf dem Boden																	
			0,52	0,68	0,88	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	4,00									
		charakteristische ständige Einwirkung aus																		
		Eigengewicht der Dachplatte	Dachaufbau	l_{eff} [mm]																
150	1,005	0,20		5.200	5.200	5.200	5.200	5.200	5.200	4.900	4.500	4.200	3.750							
		0,50		4.750	4.750	4.750	4.750	4.750	4.750	4.650	4.350	4.000	3.650							
		1,00		4.350	4.350	4.350	4.350	4.350	4.350	4.350	4.100	3.900	3.550							
		1,50		4.050	4.050	4.050	4.050	4.050	4.050	4.050	3.900	3.700	3.400							
175	1,172	0,20		6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	5.750	5.300	5.000	4.500							
		0,50		5.600	5.600	5.600	5.600	5.600	5.600	5.550	5.200	4.900	4.450							
		1,00		5.150	5.150	5.150	5.150	5.150	5.150	5.150	4.950	4.700	4.250							
		1,50		4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.700	4.500	4.100							
200	1,340	0,20		6.700	6.700	6.700	6.700	6.700	6.700	6.700	6.150	5.800	5.200							
		0,50		6.200	6.200	6.200	6.200	6.200	6.200	6.200	5.950	5.600	5.050							
		1,00		5.750	5.750	5.750	5.750	5.750	5.750	5.750	5.650	5.350	4.900							
		1,50		5.350	5.350	5.350	5.350	5.350	5.350	5.350	5.350	5.150	4.700							
250	1,675	0,20		7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.100	6.300							
		0,50		7.300	7.300	7.300	7.300	7.300	7.300	7.300	7.250	6.600	5.600							
		1,00		6.800	6.800	6.800	6.800	6.800	6.800	6.800	6.700	6.100	5.250							
		1,50		6.400	6.400	6.400	6.400	6.400	6.400	6.400	6.150	5.700	4.950							
300	2,010	0,20		7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.100	6.300							
		0,50		7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.250	6.600	5.600							
		1,00		7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.350	6.700	6.100	5.250							
		1,50		7.350	7.350	7.350	7.350	7.350	7.350	6.750	6.150	5.700	4.950							

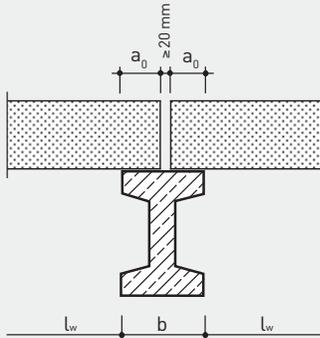


Ermittlung der Stützweite von Hebel Dachplatten.

4.3.6 Auflager Hebel Dach- und Deckenplatten

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

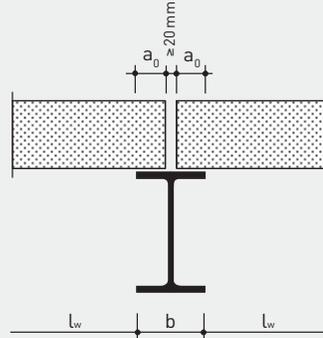
und von der Tragkonstruktion abhängig. Die Abmessungen bzw. zu beachtenden Mindest-Auflagerlängen gehen aus nachstehenden Skizzen hervor.



Beton- oder Stahlbetonkonstruktion

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

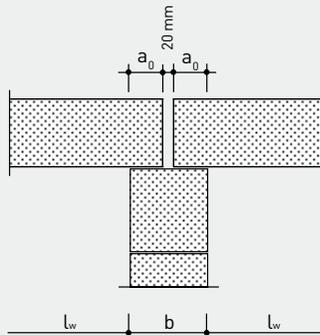
Die Auflagerlänge auf Stahlbetonbalken muss mindestens 50 mm oder 1/80 der Stützweite l der Platten betragen. Der größere Wert ist maßgebend. Nach statischer Bemessung kann sich auch ein abweichender Wert ergeben.



Stahlkonstruktion

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

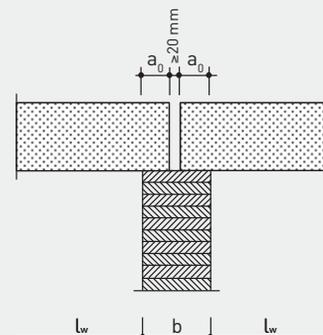
Die Auflagerlänge auf Stahlträger muss mindestens 50 mm oder 1/80 der Stützweite l der Platten betragen. Der größere Wert ist maßgebend. Nach statischer Bemessung kann sich auch ein abweichender Wert ergeben.



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. Nach statischer Bemessung kann sich auch ein abweichender Wert ergeben.



Brett-schicht-holz-konstruktion

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

Die Auflagerlänge auf Holzleimbinder muss mindestens 50 mm oder 1/80 der Stützweite l der Platten betragen. Der größere Wert ist maßgebend. Nach statischer Bemessung kann sich auch ein abweichender Wert ergeben.

- a_0 = Auflagerlänge
- l_w = Lichte Weite
- l_{eff} = Stützweite

Mindestwerte der Auflagerlängen bei Hebel Dach- und Deckenplatten.

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 $d \leq 1/3 \cdot b$ 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 von 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 Scheibenspannungsrichtung.

Scheibentyp II: Anordnung der Hebel Dachplatten rechtwinklig zur Scheibenspannungsrichtung.

Es gilt:

Scheibenstützweite ≤ 35 m

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

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 Scheibenspannungsrichtung eingelegte Fugen- und Ringankerbewehrung 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 Scheibenspannungsrichtung 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).

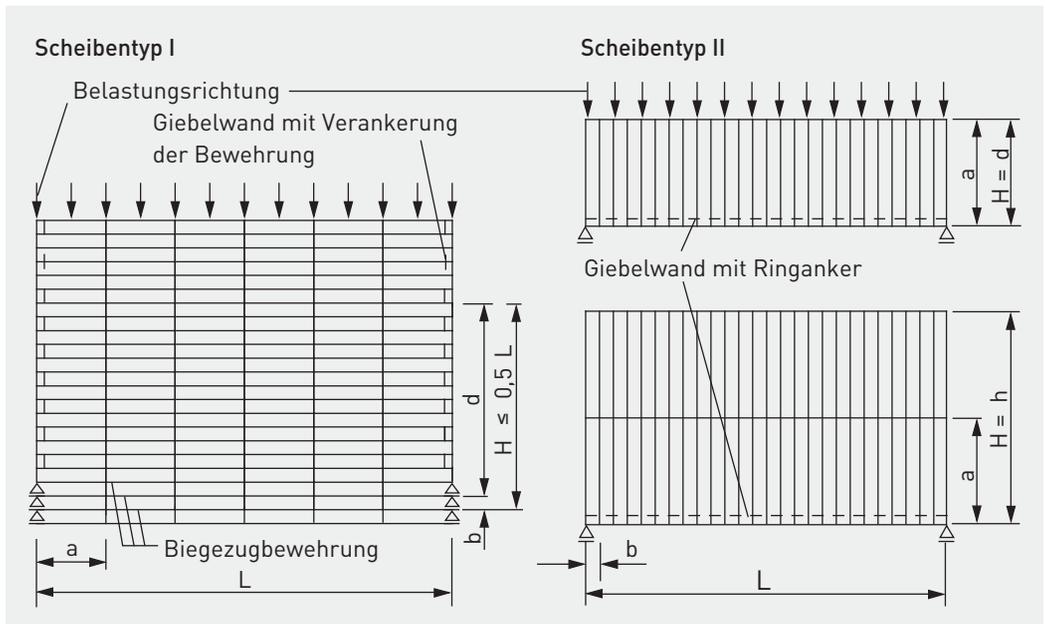
Der Fugenverguss übernimmt die Aufgabe der Druck- und Schubkraftübertragung von Platte zu Platte in Längs- und Querrichtung. Ferner werden die Kräfte aus der Bewehrung in die angrenzenden Platten geleitet (Verbund).

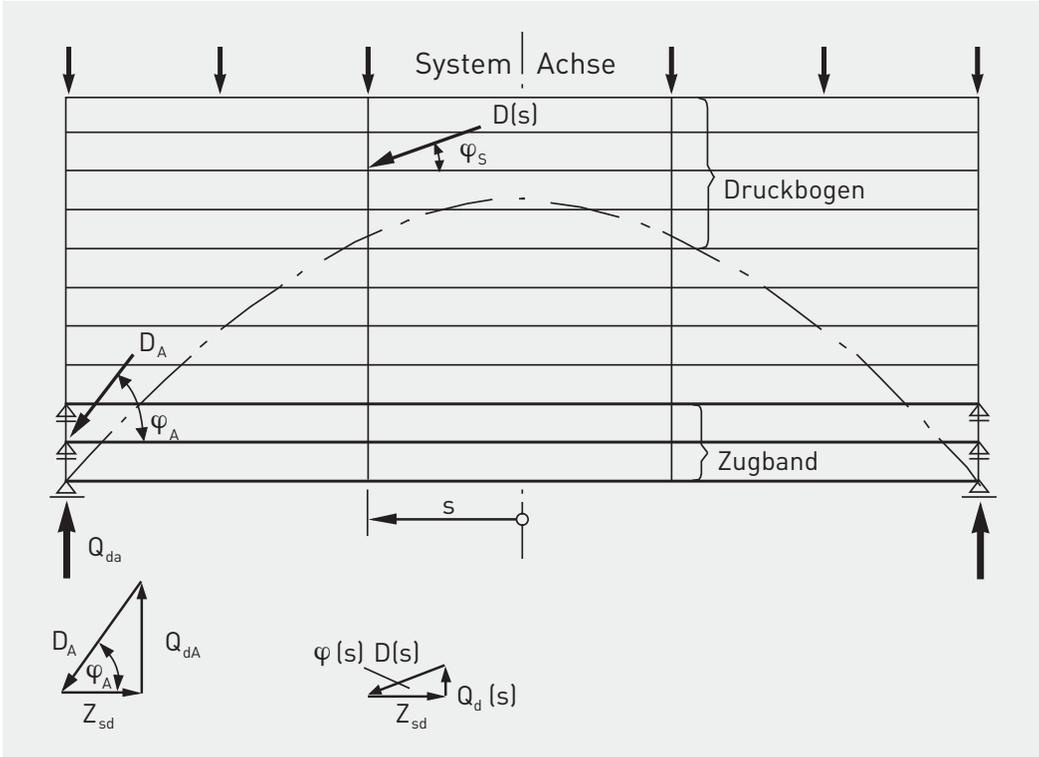
Bei der Biegebemessung dürfen Dachscheiben für beide Belastungsrichtungen (Scheibentyp I und Scheibentyp II) vereinfacht wie Balken im

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 zu entnehmen.

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





Druckerbogen-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 zum Zeitpunkt der Drucklegung dieses Handbuchs nach DIN 4223, in Zukunft wird die Bemessung nach DIN EN 12602 erfolgen.

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/AAC 4,5	Dimension
Charakteristische Druckfestigkeit f_{ck}	4,4/4,5	MPa
Rohdichteklasse	0,55/550	
Rohdichte max.	550	kg/m ³
Wärmeleitfähigkeit λ	0,14	W/(mK)
Rechenwert für Eigenlasten einschließlich Bewehrung	6,7	kN/m ³
Elastizitätsmodul E_{cm}	2.000	MPa
Grundwert der aufnehmbaren Schubspannung τ_{Rd}	0,078	MPa

4.4.2 Bewehrung

Hebel Deckenplatten sind mit korrosionsschutzten, punktgeschweißten Betonstahlmatten bewehrt, hergestellt aus Bewehrungsstäben der Betonstahlsorte B500A+G gem. DIN 488-1.

4.4.3 Maximale Stützweiten

Die nachfolgende Tabelle beinhaltet das Platten-eigengewicht als ständige Einwirkung und einen Anteil von 1,5 kN/m² für die ständige Eigenlast des Deckenaufbaus. Bei abweichenden Belastungen ergeben sich andere Stützweiten. Die Tabellenwerte gelten für Decken im Wirtschaftsbau ohne erhöhte Anforderungen an die Deckenunterseite.

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 ²]		$G_k^{2)}$ [kN/m ²]
	2,30 ³⁾	3,00	
	l_{eff} [mm]		
200	4960	4800	2,84
250	5940	5550	3,18
300	6240	5550	3,51

¹⁾ charakteristische veränderliche Einwirkung: nach DIN EN 1991-1-1/NA

²⁾ charakteristische ständige Einwirkung bestehend aus Eigenlast der Platte (6,7 kN/m³) und 1,5 kN/m² für die ständige Einwirkung des Deckenaufbaus

³⁾ z. B. bestehend aus 1,5 kN/m² nach Kategorie A2 + 0,8 kN/m² für leichte Trennwände nach NCI zu 6.3.1.2 (8)

Bei Belastungen mit einer charakteristischen Einwirkung $\geq 3,50$ kN/m² ist zusätzlich ein bewehrter Aufbeton mit 50 mm Stärke zu berücksichtigen. Zugehörige maximale Stützweiten erhalten Sie auf Anfrage.

Der statische Nachweis ist in jedem Einzelfall unter Berücksichtigung der Beiwerte der Einwirkungskombinationen nach DIN EN 1990 und der Teilsicherheitsbeiwerte nach DIN 4223-5 bzw. DIN 4223-103 ($\gamma_{G,\text{sup}} = 1,35$ bzw. $\gamma_{G,\text{inf}} = 1,0$ für G_K und $\gamma_Q = 1,50$ für Q_K) zu führen.

4.4.4 Auflager Hebel Deckenplatten

Hebel Deckenplatten können auf nahezu 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 können der Skizzen in Kapitel 4.3.6 entnommen werden.

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 $d \leq 1/3 \cdot b$ 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.

4.5 Verformungseigenschaften von Hebel Porenbeton

Elastizitätsmodul E_{cm}

Die Werte für den Elastizitätsmodul E_{cm} von Hebel Porenbeton in der untenstehenden Tabelle wurden in Abhängigkeit von der Rohdichte nach der Formel $E_{cm} = 5 \cdot (\text{Rohdichte} [\text{kg/m}^3] - 150)$ errechnet. Diese Formel gilt sowohl für die Bemessung nach DIN 4223 als auch für die Bemessung nach DIN EN 12602.

Schwindmaß $\epsilon_{cs,ref}$

Das Schwinden ist unabhängig von der Belastung. Es ist im Wesentlichen eine Verkürzung durch physikalische und chemische Austrocknung. Infolge der ständig durchgeführten Materialoptimierung liegt das konventionelle Schwindmaß von Hebel Porenbeton heute unter $0,20 \text{ mm/m}$ ($\epsilon_{cs,ref} \leq 0,2 \text{ mm/m}$).

Kriechzahl φ

Im Vergleich zu anderen Arten von Beton kriecht Porenbeton nur wenig. Der Rechenwert der Endkriechzahl von Porenbeton beträgt nach DIN 4223 und DIN EN 12602 $\varphi_{\infty} = 1,0$.

Relaxation

Die Relaxation beschreibt die zeitabhängige Abnahme der Spannungen unter einer aufgezogenen Verformung. Bei Porenbeton kann

davon ausgegangen werden, dass eine langsame Zugdehnung bis etwa $0,2 \text{ mm/m}$ durch Spannungsrelaxation (Entspannung) rissfrei aufgenommen werden kann.

Wärmedehnungskoeffizient α_T

Die thermische Ausdehnung beträgt in einem Temperaturbereich von 20 bis $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ca. $0,008 \text{ mm/(mK)}$, so dass der Wärmedehnungskoeffizient α_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 sicherzustellen, dass die vorgenannten Einwirkungen die Standsicherheit und Gebrauchsfähigkeit der baulichen Anlage nicht unzulässig beeinträchtigen.

Verformungskennwerte von Porenbeton in Abhängigkeit der Rohdichteklasse

Rohdichteklasse	0,40/400	0,50/500	0,55/550	
Trockenrohddichte max.	400	500	550	kg/m^3
Elastizitätsmodul E_{cm}	1.250	1.750	2.000	MPa
Schwindmaß $\epsilon_{cs,ref}$	< 0,2	< 0,2	< 0,2	mm/m
Wärmedehnungskoeffizient α_T	8	8	8	$10^{-6}/\text{K}$

4.6 Teilsicherheitsbeiwerte

Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen und den Tragwiderstand im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Die in DIN EN 1990 angegebenen Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen bei Hochbauten sind für den für Porenbeton typischen Anwendungsbereich der nebenstehenden Tabelle zu entnehmen.

Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkung auf Tragwerke*

Auswirkung	Ständige Einwirkungen γ_G	Veränderliche Einwirkungen γ_Q
günstig	1,00	0
ungünstig	1,35	1,5

* Siehe DIN 4223-5 bzw. DIN 4223-103

Teilsicherheitsbeiwerte für die Baustoffeigenschaften*

Bemessungssituation	Porenbeton		Betonstahl
	Duktiles Versagen γ_{c1}	Sprödes Versagen γ_{c2}	γ_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 DIN 4223-5 bzw. DIN 4223-103

Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Im Bauwesen beschreibt der Begriff Gebrauchstauglichkeit die Eigenschaft, die uneingeschränkte Nutzung für den vorgesehenen Zweck zu gewährleisten. Ein Bauwerk ist so zu entwerfen und auszuführen, dass es während der geplanten Nutzungsdauer neben seiner Tragfähigkeit auch seine Gebrauchstauglich- und Dauerhaftigkeit bei angemessenem Unterhaltungsaufwand behält.

Nachweise für 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 EN 1990. Für die Berechnung der jeweils maßgebenden Lastfälle ist der Einsatz geeigneter Software zu empfehlen.



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 Beheizung von Gebäuden ist eine Hauptursache der Emissionen, die an der Entstehung des Treibhauseffektes maßgeblich mitwirken. Deshalb kommt der Reduzierung des Schadstoffausstoßes bei der Gebäudebeheizung eine wichtige Rolle zu. Außerdem werden durch die Verringerung des Heizenergieverbrauchs die immer wertvoller werdenden Energie- und Brennstoffressourcen geschont. Und: Effizienter Wärmeschutz senkt die Heizkosten.

Umweltverträgliches Bauen und niedrige Heiz- bzw. Unterhaltskosten sind mit dem Hebel Bausystem möglich. Die hervorragenden Wärmedämmeigenschaften von Porenbeton und die rationelle Bauweise machen ihn zum ökologischen und ökonomischen Baustoff, der alle aktuellen Anforderungen an den Wärmeschutz erfüllt und auch der Zukunft gewachsen ist.

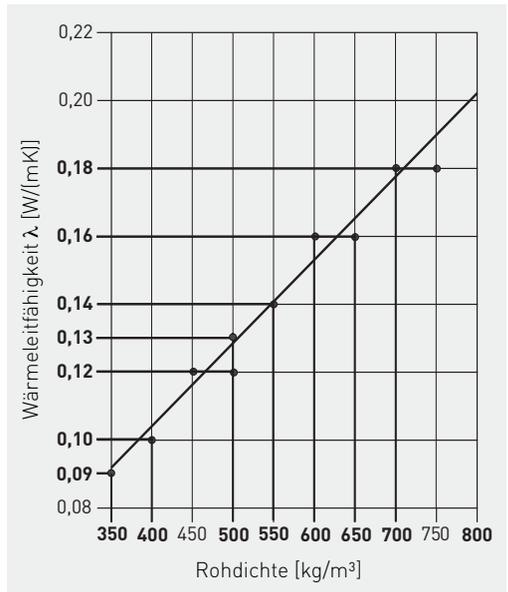
5.1.1 Wärmeleitfähigkeit λ

Die Wärmeleitfähigkeit λ [W/(mK)] ist eine spezifische Stoffeigenschaft. Sie gibt die Wärmemenge in Watt an, welche durch 1 m² einer 1 m dicken Schicht eines Stoffes strömt, wenn das Temperaturgefälle in Richtung des Wärmestromes 1 K (Kelvin) beträgt.

Die Wärmeleitfähigkeit und 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 λ in DIN 4108-4 angegeben.

Hebel Porenbeton hat in allen Rohdichten von diesen Normwerten abweichende, niedrigere Wärmeleitfähigkeiten, besitzt also eine bessere Wärmedämmung. Um dies zu belegen, werden

im Rahmen der Eigen- und Fremdüberwachung die verbesserte Wärmeleitfähigkeit und die Absorptionsfeuchte nach DIN 4108-4, Anhang B in Verbindung mit den Angaben aus der bauaufsichtlichen Zulassung Z-23.11-1781 nachgewiesen.



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 und bei der Ausführung überprüft 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 auch die Wanddicke mehr als verdoppelt werden muss.

Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit λ für Hebel Wand-, Dach- und Deckenplatten

Rohdichte ρ [kg/m ³]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(mK)]	Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl μ^*
400	0,10	5 bis 10
500	0,13	
550	0,14	

* lt. DIN 4108-4 ist der für die Tauperiode ungünstigere μ -Wert anzuwenden, welcher dann auch für die Verdunstungsperiode beizubehalten ist.

Bei aus mehreren homogenen Schichten bestehenden Bauteilen wird der Wärmedurchlasswiderstand des Bauteils aus den einzelnen Schichten berechnet:

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

5.1.2 Wärmedurchlasswiderstand R

Der Wärmedurchlasswiderstand R [m²K/W] ist das Maß für die Wärmedämmung eines Bauteils. Er ist der Quotient aus Baustoffdicke zu Wärmeleitfähigkeit:

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

d = Dicke der Schicht [m]

λ = Wärmeleitfähigkeit des Materials [W/(mK)]

Rechenbeispiele

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

Wärmedurchlasswiderstand von ruhenden Luftschichten

Dicke der Luftschicht [mm]	Wärmedurchlasswiderstand Richtung des Wärmestroms		
	aufwärts [m ² K/W]	horizontal* [m ² K/W]	abwärts [m ² 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 ± 30° 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 mm² je m Länge für vertikale Luftschichten
- 500 mm² je m² Oberfläche für horizontale Luftschichten

Eine Luftschicht gilt als „schwach belüftet“, wenn für ihre Öffnung gilt:

- über 500 mm² bis < 1.500 mm² je m Länge für vertikale Luftschichten
- über 500 mm² bis < 1.500 mm² je m² Oberfläche für horizontale Luftschichten

Die Berechnung des Wärmedurchlasswiderstandes einer "schwach belüfteten" Luftschicht erfolgt gemäß folgender Formel:

$$R_T = \frac{1500 - A_V}{1000} R_{T,u} + \frac{A_V - 500}{1000} R_{T,v}$$

Als „stark belüftet“ gilt eine Luftschicht ab einer Lüftungsöffnungsgröße von:

- über 1.500 mm² je m Länge für vertikale Luftschichten
- über 1.500 mm² je m² Oberfläche für horizontale Luftschichten

Der innere Wärmedurchgangswiderstand $R_{si} = R_{se}$ ersetzt den Wärmedurchlasswiderstand dieser Schicht, während alle außerhalb dieser Luftschicht liegenden Bauteilschichten bei der U-Wert Berechnung unberücksichtigt bleiben.

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, als "aufwärts" bei Dächern.

Dabei ist R_{si} der Wärmeübergangswiderstand innen und R_{se} der Wärmeübergangswiderstand außen, jeweils in [m²K/W]. Die Größe des Wärmestroms ist von der Richtung wie folgt abhängig:

Wärmeübergangswiderstand	Richtung des Wärmestroms		
	aufwärts [m ² K/W]	horizontal [m ² K/W]	abwärts [m ² K/W]
R _{Si}	0,10	0,13	0,17
R _{Se}	0,04	0,04	0,04

5.1.4 Wärmedurchgangswiderstand R_T

Dem im Kapitel 5.1.2 errechneten Wärmedurchlasswiderstand werden zur Errechnung des Wärmedurchgangswiderstandes R_T die Wärmeübergangswiderstände zwischen Bauteil und Umgebungsluft (R_{Si} und R_{Se}) hinzuaddiert.

Für thermisch homogene Schichten gilt dann:

$$R_T = R_{Si} + R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_{Se}$$

R_T = Wärmedurchgangswiderstand [m²K/W]
 R_{Si}, R_{Se} = Wärmeübergangswiderstände innen und außen [m²K/W]

5.1.5 Wärmedurchgangskoeffizient U

Der Wärmedurchgangskoeffizient U, auch U-Wert genannt, dient der Beurteilung des Transmissionswärmeverlustes durch Bauteile, Bauteilkombinationen oder durch die gesamte Gebäudeumfassungsfläche. Er gibt in W/(m²K) die Wärmemenge an, die durch 1 m² eines Bauteils bestimmter Dicke abfließt, wenn der Temperaturunterschied der Luft zwischen Raumluft und Außenluft bzw. Erdreich 1 K beträgt.

Homogene Wände nach DIN EN ISO 6946

Der U-Wert wird berechnet, indem man den Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstandes bildet.

$$U = \frac{1}{R_T} \quad [W/(m^2K)]$$

Rechenbeispiel Außenwand:

Wand aus:

- Silikon-Außenbeschichtung
- Hebel Wandplatten P 3,3-0,40/ AAC 3,5-400, d = 36,5 mm, λ = 0,10 W/(mK)

- a) Wärmedurchlasswiderstand R (siehe Kapitel 5.1.2):
 R = 3,65 m²K/W
- b) Wärmeübergangswiderstände nach EN ISO 6946 Tabelle 1 (siehe Kapitel 5.1.3):
- | | |
|--|--|
| innen
R _{Si} = 0,13 m ² K/W | außen
R _{Se} = 0,04 m ² K/W |
|--|--|
- R_T = 0,13 + 3,65 + 0,04 = 3,82 m²K/W
- U = $\frac{1}{3,82}$ = 0,26 W/(m²K)

Korrekturwert für mechanische Befestigungsteile

Nach DIN EN ISO 6946 Anhang D3 muss für mechanische Befestigungen eine Korrektur ΔU_f durchgeführt werden:

$$\Delta U_f = \alpha \cdot \frac{\lambda_f \cdot A_f \cdot n_f}{d_0} \cdot \left(\frac{R_1}{R_{T,h}} \right)^2$$

- α = 0,8, wenn das Befestigungselement die Dämmschicht vollständig durchdringt
- α = 0,8 · $\frac{d_i}{d_0}$ bei einem in einer Aussparung eingebauten Befestigungselement
- λ_f = Wärmeleitfähigkeit des Befestigungselementes [W/(mK)]
- n_f = Anzahl der Befestigungselemente je m²
- A_f = Querschnittsfläche eines Befestigungselementes [m²]
- d₀ = Dicke der Dämmschicht, die das Befestigungselement enthält [m]
- d_i = Dicke des Befestigungselementes, das die Dämmschicht durchdringt [m]
- R₁ = Wärmedurchlasswiderstand der von den Befestigungselementen durchdrungenen Dämmschicht [m²K/W]
- R_{T,h} = ermittelter Wärmedurchgangswiderstand des Bauteiles ohne Berücksichtigung von Wärmebrücken [m²K/W]

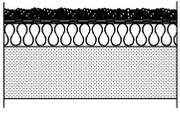
Für die Nagelverankerung von 200 mm dicken Hebel Wandplatten ergibt sich ein ΔU_f von 0,00144 W/(m²K). Dieser Wert liegt in einer vernachlässigbaren Größenordnung.

**Wärmedurchlasswiderstände R und Wärmedurchgangskoeffizienten U
Hebel Montagebauteile ohne Putz oder sonstige Beläge**

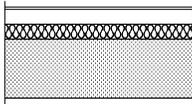
Bauteil	Rohdichte- klasse	Wärmeleit- fähigkeit λ [W/(mK)]	Dicke h [mm]	Wärme- durchlass- widerstand	Wärme- durchgangs- koeffizient Wand U-Wert	Wärme- durchgangs- koeffizient Dach U-Wert
				R [m ² K/W]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]
Hebel Wandplatten	0,40	0,10	300	3,00	0,32	–
			365	3,65	0,26	–
Hebel Wandplatten	0,50	0,13	250	1,92	0,48	–
			300	2,31	0,40	–
			365	2,81	0,34	–
Hebel Dach- und Deckenplatten	0,55	0,14	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
Hebel Wandplatten			365	2,61	0,36	–

5

Wärmedurchgangskoeffizienten U von Hebel Dachplatten mit Zusatzdämmung

Bauteil $R_{Si} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W};$ $R_{Se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$	Roh- dichte- klasse	Wärmeleit- fähigkeit λ [W/(mK)]	Dicke h [mm]	U-Wert [W/(m ² K)] Dämmung WLF 040 Dicke		
				60 mm	80 mm	100 mm
	0,55	0,14	150	0,37	0,31	0,27
			175	0,35	0,29	0,26
			200	0,33	0,28	0,25
			250	0,29	0,25	0,23
			300	0,26	0,23	0,21

Wärmedurchgangskoeffizienten U von Hebel Decken (z. B. 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 $\lambda = 1,4 \text{ W/(mK)}$	Roh- dichte- klasse	Wärmeleit- fähigkeit λ [W/(mK)]	Dicke h [mm]	U-Wert [W/(m ² K)] Dämmung WLF 035 Dicke		
				40 mm	50 mm	60 mm
	0,55	0,14	200	0,34	0,31	0,28
			250	0,30	0,28	0,26
			300	0,27	0,25	0,24

5.1.6 Wärmebrücken (Wärmebrückenverluste ψ)

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 ψ [W/mK] nach DIN EN ISO 10211 quantifiziert werden können. Sie treten z. B. im Bereich von Deckenauflagern, 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 Oberflächeninnentemperaturen relativ hoch. Daher fallen die linien- und punktförmigen 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 oder diagonal fließen. Nach der Energieeinsparverordnung sind Wärmebrückenverluste planerisch und ausführungstechnisch zu minimieren.

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. So bauen Sie mit Hebel Porenbeton bei konsequenter Planung und Ausführung wärmebrückenoptimiert.

5.2 Energieeinsparverordnung

5.2.1 Die Energieeinsparverordnung (EnEV) 2014

Ziele der Energieeinsparverordnung

Mit der seit dem 01.01.2016 gültigen Fassung sind die Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) auf Grundlage des Energieeinsparungsgesetzes (EnEG) zum wiederholten Male erhöht worden.

Damit soll das in der EG-Richtlinie „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ gesetzte Ziel erreicht werden, den Ausstoß von Treibhausgasen weiter zu senken. Die EnEV war zuletzt 2014 novelliert worden. Die Neufassung der EnEV 2014 setzt die Europäische Richtlinie zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden sowie verschiedene Beschlüsse der Bundesregierung zur Energiewende um.

Inhalte der EnEV 2014 ab 1.1.2016

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 Raumluftechnik 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 2009 enthält die novellierte Fassung der EnEV 2014 vom 01.01.2014 zunächst kaum wesentliche inhaltliche Neuerungen. So wurden auch die Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten bis zum 31.12.2015 auf dem Niveau der EnEV 2009 belassen.

Nennenswerte Änderungen, die Gebäude mit Raum-Solltemperaturen zwischen 12 und $< 19\text{ °C}$ wie auch Gebäude $\geq 19\text{ °C}$ betreffen, sind u. a.:

- Anpassung des Primärenergiefaktors für Strom von 2,6 auf 2,4; ab 1.1.2016 auf 1,8
- Anpassung des Referenzklimas auf den Standort Potsdam

Seit dem 1.1.2016 ist der Primärenergiefaktor für Strom auf den Wert 1,8 abgesenkt und trägt damit dem wachsenden Anteil erneuerbarer Energie am Strom-Mix Rechnung. Die zulässige Obergrenze des Primärenergiebedarfs für alle Gebäude mit Raum-Solltemperaturen von 12 bis $< 19\text{ °C}$ sowie $\geq 19\text{ °C}$ wird nun mit dem Faktor 0,75 multipliziert und damit um 25 % deutlich reduziert. Dies gilt jedoch nicht für Nichtwohnbauten mit einer Raumhöhe über 4 m, wenn sie durch dezentrale Gebläse- oder Strahlungsheizungen erwärmt werden.

Mit Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit und den tatsächlichen Energieverbrauch wurden die Anforderungen an die Gebäudehülle nur für Nichtwohngebäude mit Raum-Solltemperatur $\geq 19\text{ °C}$ verschärft. Damit gilt nach Tabelle 2 der Anlage 2 zur EnEV 2014 ab 1.1.2016 für opake Bauteile:

- für Gebäude mit Raum-Solltemperaturen von 12 bis $< 19\text{ °C}$: Beibehaltung des Wertes $0,50\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- für Gebäude mit Raum-Solltemperaturen $\geq 19\text{ °C}$: Reduzierung des Wertes von $0,35\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auf $0,28\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Für den energetischen Nachweis von Nichtwohngebäuden wird wie bisher das Nachweisverfahren entsprechend der aktuellen 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 2014, wobei nur auf neu zu errichtende Nichtwohngebäude eingegangen wird. Betrachtet werden die bautechnischen Aspekte. Die Anlagentechnik wird nur angerissen.

5.2.2 Die Energieeinsparverordnung bei Nichtwohngebäuden

Anforderungen an zu errichtende Nichtwohngebäude

Die aktuelle EnEV 2014 nennt für zu errichtende Gebäude im Nichtwohnbau in §§ 4, 6 und 7 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
- Mindestwärmeschutz

Betroffene Gebäude

Die EnEV gilt für alle Gebäude, deren Räume unter Einsatz von Energie nutzungsbedingt 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.

Bei der Begrenzung des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten wird nach Raum-Solltemperaturen im Heizfall von $\geq 19\text{ °C}$ oder von 12 bis $< 19\text{ °C}$ unterschieden. 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 aktuelle EnEV 2014 legt den Höchstwert objektbezogen anhand des tatsächlich zu errichtenden Gebäudes fest. Das geschieht mit Hilfe eines so genannten „Referenzgebäudes“. In diesem werden Geometrie, Nettogrundfläche, Ausrichtung und Nutzung einschließlich der Anordnung der Nutzungseinheiten des tatsächlich zu errichtenden Gebäudes mit einer in der EnEV 2014, Anlage 2, festgeschriebenen Referenzausführung von Anlagenkomponenten und energetischer Qualität der Gebäudehülle fiktiv kombiniert. Der Jahresprimärenergiebedarf des Referenzgebäudes für Neubauvorhaben wird seit dem 1.1.2016 mit dem Faktor 0,75 multipliziert. Damit wird der energetische Standard festgelegt.

Zu beachten ist dabei, dass die in EnEV 2014, Anlage 2 beschriebenen einzelnen Referenzausführungen keine Höchst- und Mindestwerte darstellen. Sie sind also für die Bauausführung nicht als verpflichtend anzusehen. 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 techni-

schen Ausführungen bzw. energetischen Qualitäten 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. Die Auswahl einzelner Komponenten kann dabei auch zur Kostenoptimierung genutzt werden.

5.2.3 Nachweisverfahren für Nichtwohngebäude nach DIN V 18599

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. Bei der Berechnung sind die Annahmen und Kenngrößen der aktuellen Fassung der DIN V 18599 mit ihren Ergänzungen/Berichtigungen in den verschiedenen Teilen zu beachten.

Dabei ist wegen des enormen Rechenaufwands die Verwendung eines Computerprogramms notwendig, beispielsweise mit einer Software zum EnEV-Nachweis von Nichtwohngebäuden nach dem Verfahren der DIN V 18599.

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. Ausführliche Informationen zum "Energetischen Nachweis eines Nichtwohngebäudes nach Energieeinsparverordnung" können der einschlägigen Fachliteratur entnommen werden.

Zonierung des Gebäudes

Die Zonierung des Gebäudes bildet die Grundlage, um die zum Teil völlig unterschiedliche Nutzung von Gebäudeteilen berücksichtigen zu können, die einen wesentlichen Einfluss auf den Energiebedarf hat. Für jede der ermittelten Zonen wird der Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen getrennt bestimmt. Wie die Zonen voneinander zu trennen sind, ist in der DIN V 18599 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 m² 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 vereinfacht nur anhand einer einzigen Zone durchgeführt, für die ein einheitliches Nutzungsschema angenommen wird. Die entstehende Ungenauigkeit wird dadurch kompensiert, dass die anhand des Referenzgebäudes ermittelten zulässigen Höchstwerte für den Jahres-Primärenergiebedarf Q_p um 10% zu reduzieren sind.

Damit führt dieses Näherungsverfahren zwar zu geringerem Aufwand bei der Gebäudeplanung, wird aber mit einer höheren Anforderung an die energetische Qualität erkaufte.

Das vereinfachte Verfahren darf bei Erfüllung folgender Randbedingungen angewendet werden, wenn

- die Summe der Nettogrundflächen aus der Hauptnutzung gemäß EnEV 2014, Tabelle 4, Spalte 3 und den Verkehrsflächen des Gebäudes mehr als 2/3 der gesamten Nettogrundfläche des Gebäudes beträgt.
- in dem Gebäude die Beheizung und die Warmwasserbereitung für alle Räume auf dieselbe Art erfolgen.
- höchstens 10% der Nettogrundfläche des Gebäudes durch Glühlampen, Halogenlampen oder die Beleuchtungsart "indirekt" nach DIN V 18599-4:2011-12 beleuchtet werden.
- das Gebäude nicht gekühlt wird, außer es handelt sich um ein Bürogebäude, mit einem Laden, Betrieb oder einer Gaststätte, wo Kühlung eingesetzt wird und die Nettogrundfläche der gekühlten Räume 450 m² nicht übersteigt.
- außerhalb der Hauptnutzung keine raumlufttechnische Anlage eingesetzt wird, deren Werte für die spezifische Leistungsaufnahme der Ventilatoren die entsprechenden Werte in der EnEV 2014, Anlage 2, Tabelle 1, Zeile 5.1 und 5.2 überschreiten.

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 sehr oft 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.

5

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. Wärme-

senken, 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 Wärmeeinträge 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 voneinander 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.

Maximale mittlere U-Werte nach EnEV 2014, Anlage 2, Tabelle 2

Bauteile	Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten \bar{U}		
	Zonen mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall $\geq 19 \text{ °C}$		Zonen mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall von $12 \text{ bis } < 19 \text{ °C}$
	Neubauvorhaben bis 31.12.2015	Neubauvorhaben ab 01.01.2016	
Opake Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	$\bar{U} = 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\bar{U} = 0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\bar{U} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Transparente Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	$\bar{U} = 1,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\bar{U} = 1,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\bar{U} = 2,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Vorhangfassade	$\bar{U} = 1,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\bar{U} = 1,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\bar{U} = 3,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln	$\bar{U} = 3,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\bar{U} = 2,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\bar{U} = 3,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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

Eine Anforderung der aktuellen EnEV 2014 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 des Flächenanteils ist der mittlere U-Wert für jede dieser vier Bauteilgruppen zu ermitteln und ein in Anlage 2, Tabelle 2 der EnEV festgeschriebener Höchstwert einzuhalten.

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 und zählt auch zu den Anforderungen der EnEV 2014.

Für Zonen mit verschiedenen Raumsolltemperaturen wird die Berechnung der mittleren U-Werte 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.

Flächen von an das Erdreich grenzenden Bodenplatten, die mehr als fünf Meter vom äußeren

Rand des Gebäudes entfernt sind, dürfen bei der Berechnung des mittleren U-Wertes unberücksichtigt bleiben.

Ist die Bodenplatte durchgängig gedämmt, kann es von Vorteil sein, die gesamte Fläche einzubeziehen. Denn der U-Wert von an das Erdreich grenzenden Bauteilen wird bei der Berechnung des mittleren U-Wertes durch den Temperaturkorrekturfaktor 0,5 halbiert. Die Fläche geht voll in die Berechnung ein. Diese Art zu rechnen ist jedoch nur für die Ermittlung des mittleren U-Wertes nach EnEV zulässig.

Wärmebrücken

Die über konstruktive 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 die Länge jeder Wärmebrücke mit dem zugehörigen ψ_a -Wert multipliziert werden. So lassen sich bei den meisten Gebäuden aus Porenbeton die Wärmebrückenverluste maximal minimieren und tendieren gegen $\Delta U_{WB} = 0,01 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

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 im Rechenverfahren numerisch berücksichtigt mit

$\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. 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 gemäß 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, bei Außenbauteilen mit innen liegender Dämmschicht und einbindender Massivdecke mit $\Delta U_{WB} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Luftdichtheit

Gebäude sind nach der 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 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:

$$n_{50} \leq 3 \text{ h}^{-1}$$

n_{50} -Bemessungswerte nach DIN V 18599-2, Tabelle 6 (Standardwerte für ungeprüfte Gebäude)

Kategorien zur pauschalen Einschätzung der Gebäudedichtheit	Gebäude mit einem Nettoraumvolumen $\leq 1500 \text{ m}^3$	Gebäude mit einem Nettoraumvolumen $> 1500 \text{ m}^3$
	n_{50} [h^{-1}]	q_{50} [h^{-1}]
I	a) 2; b) 1	a) 3; b) 2
II	4	6
III	6	9
IV	10	15

Die Einstufung der Gebäudedichtheit der Gebäudezone ist in Tabelle 6 festgelegt:

– Kategorie I: Einhaltung der Anforderung an die Gebäudedichtheit nach DIN 4108-7 (d. h., die Dichtheitsprüfung wird gemäß der Kriterien dieser Norm nach Fertigstellung durchgeführt);

a) Gebäude ohne raumluftechnische Anlage,

b) Gebäude mit raumluftechnischer Anlage (auch Wohnungslüftungsanlagen);

– 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.

Kann die Einstufung in o. g. Kategorien nicht eindeutig qualifiziert vorgenommen werden, muss eine Dichtheitsprüfung zur Bestimmung des n_{50} -Wertes erfolgen.

Gebäude mit raumluftechnischen Anlagen:

$$n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$$

Bei Nichtwohngebäuden, in denen das Luftvolumen aller konditionierter Zonen zusammen 1.500 m^3 übersteigt, gelten – bezogen auf die Hüllfläche des Gebäudes – folgende Höchstwerte:

Gebäude ohne raumluftechnische Anlagen:

$$q_{50} \leq 4,5 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$$

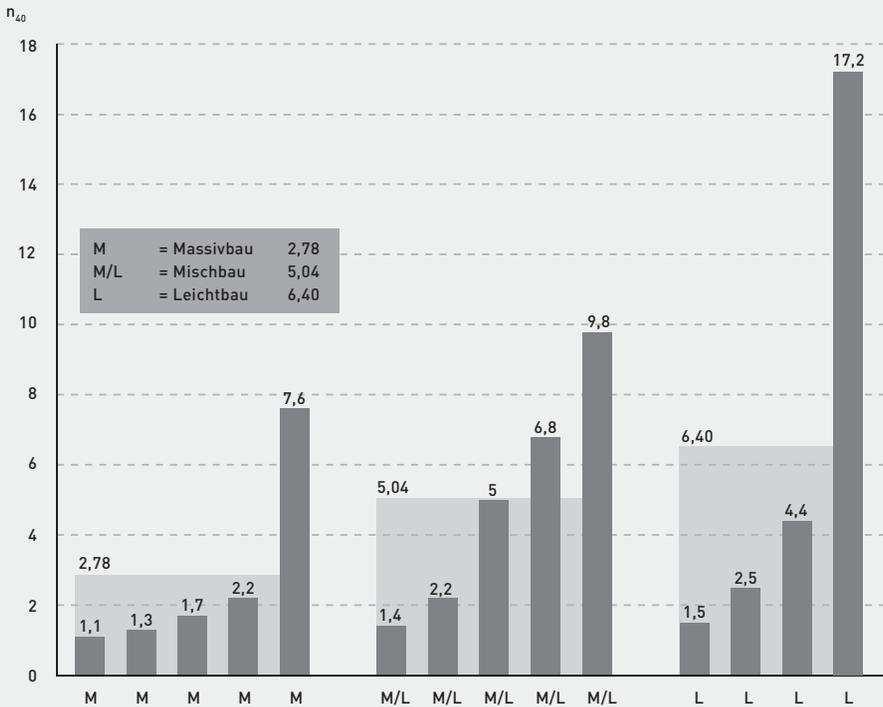
Gebäude mit raumluftechnischen Anlagen:

$$q_{50} \leq 2,5 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$$

In bestimmten Fällen können für unterschiedliche Zonen eines Gebäudes unterschiedliche Anforderungen gelten.

Das Ergebnis der Luftdichtheitsprüfung wird bei der Nachweisführung entsprechend als Bonus berücksichtigt.

Bei der Berechnung des Energiebedarfs nach DIN V 18599 darf der gemessene Wert verwendet werden. Falls keine Messung durchgeführt wird, sind Standardwerte aus DIN V 18599-2, Tabelle 6 einzusetzen.



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

Bei der Bestimmung der Bemessungswerte für die Luftdichtheit ist bei Gebäuden mit einem Luftvolumen größer als 1.500 m³ der hüllflächenbezogene Wert q_{50} in Ansatz zu bringen, wodurch sich die Verhältnisse für große Gebäude besser abbilden lassen.

Die Standardwerte aus der Tabelle, die im Falle einer Luftdichtheitsprüfung für die Berechnung verwendet werden, liegen mit 2 h⁻¹ für Gebäude ohne raumluftechnische Anlagen und 1 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 2014 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 vielfach 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 über den zulässigen Sonneneintragskennwert und ist für jede Gebäudezone zu führen. Näheres hierzu in Kapitel 5.3.

Wirksame Wärmekapazität

Die Wärmekapazität 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_B bezogene Werte für die wirksame Wärmekapazität C_{wirk} in Ansatz gebracht werden:

Für leichte Gebäudezonen

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

Der Wert für leichte Gebäudezonen gilt als Standardwert.

Für mittelschwere Gebäudezonen

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

Als „mittelschwer“ sind Gebäudezonen mit folgenden Eigenschaften einzustufen:

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

Für schwere Gebäudezonen

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

Als „schwer“ sind Gebäudezonen mit folgenden Eigenschaften einzustufen:

- Stahlbetondecke
- massive Innen- und Außenbauteile (mittlere Rohdichte $\geq 1.600 \text{ kg/m}^3$)

- keine abgehängten oder thermisch abgedeckten Decken
- keine innenliegende Wärmedämmung an den Außenbauteilen
- keine hohen Räume (z. B. Turnhallen, Museen, usw.)

Die wirksame Wärmekapazität 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.

Neben dem Nutzenergiebedarf für Heizung und Warmwasser werden auch die Komponenten der Anlagentechnik für Kühlung, Lüftung und Beleuchtung in den Nachweis der Energieeffizienz einbezogen.

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 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 ganzheitliche

Planung, die die Anforderungen des Bauherren und der Architektur in einem abgestimmten bauphysikalischen und anlagentechnischen Konzept verbindet, können die geforderten energetischen Standards kaum mehr erfüllt werden.

Anrechnung von Strom aus erneuerbaren Energien

Wird in zu errichtenden Gebäuden Strom aus erneuerbaren Energien eingesetzt, darf dieser vom berechneten Endenergiebedarf abgezogen werden, soweit er

- im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang zu dem Gebäude erzeugt wird.
- vorrangig im Gebäude unmittelbar nach Erzeugung oder nach vorübergehender Speicherung selbst genutzt und nur die überschüssige Energiemenge in ein öffentliches Netz eingespeist wird.

Es darf höchstens die Strommenge angerechnet werden, die dem berechneten Strombedarf der jeweiligen Nutzung entspricht. Dieser Strombedarf ist als Monatswert zu bestimmen. Der monatliche Ertrag der Anlage zur Nutzung erneuerbarer Energien ist nach DIN V 18599-9, Berichtigung 1, zu bestimmen. Bei Anlagen zur Erzeugung von Strom aus solarer Strahlungsenergie sind die monatlichen Stromerträge unter Verwendung der mittleren monatlichen Strahlungsintensitäten der Referenzklimazone Potsdam sowie der Standardwerte zur Ermittlung der Nennleistung des Photovoltaikmoduls zu ermitteln. Bei Anlagen zur Erzeugung von Strom aus Windenergie sind die monatlichen Stromerträge unter Verwendung der mittleren monatlichen Windgeschwindigkeiten der Referenzklimazone Potsdam zu ermitteln.

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 ² a)
$Q_{p,h}$	Jahres-Primärenergiebedarf für das Heizungssystem und die Heizfunktion der raumluftechnischen Anlage in kWh/(m ² a)
$Q_{p,c}$	Jahres-Primärenergiebedarf für das Kühlsystem und die Kühlfunktion der raumluftechnischen Anlage in kWh/(m ² a)
$Q_{p,m}$	Jahres-Primärenergiebedarf für die Dampfversorgung in kWh/(m ² a)
$Q_{p,w}$	Jahres-Primärenergiebedarf für Warmwasser in kWh/(m ² a)
$Q_{p,l}$	Jahres-Primärenergiebedarf für Beleuchtung in kWh/(m ² 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 ² 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:

$$Q_{p, \text{vorh}} \leq 0,75 \cdot Q_{p, \text{ref}}$$

Siehe EnEV 2014, Anlage 2, Tabelle 1

Seit Einführung der ersten EnEV 2002 ist diese fortlaufend überarbeitet worden. Dies gilt auch für die aktuelle EnEV 2014. Zur Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie ist die EnEV so zu überarbeiten, dass öffentliche Gebäude ab 2019 und alle restlichen Neubauten ab 2021 einem „Nahe-Nullenergie“ bzw. Niedrigstenergiestandard entsprechen. Ein Referentenentwurf für die zukünftige EnEV lag bei Redaktionsschluss noch nicht vor.

Übersicht notwendiger 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, ist ein Energieausweis zu erstellen (siehe Beispiel S. 120).

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.

Der Eigentümer eines Gebäudes, in dem sich mehr als 500 m² oder nach dem 8. Juli 2015 mehr als 250 m² Nutzfläche mit starkem Publikumsverkehr befinden, welcher auf behördlicher Nutzung beruht, hat dafür Sorge zu tragen, dass für das Gebäude ein Energieausweis ausgestellt wird. Der Eigentümer hat den Energieausweis an einer für die Öffentlichkeit gut sichtbaren Stelle auszuhängen.

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 x 4,0 m

Wände:

- 250 mm dicke Hebel Wandplatten,
 $\lambda = 0,14$ (W/mK)
- Bauteilfläche $A_{AW} = 662$ m²
- $U_{AW} = 0,51$ W/(m²K)

Tore:

- Industrie-Sektionaltore aus Stahlblech
- Bauteilfläche $A_W = 48$ m²
- $U_W = 2,9$ W/(m²K)

Dach:

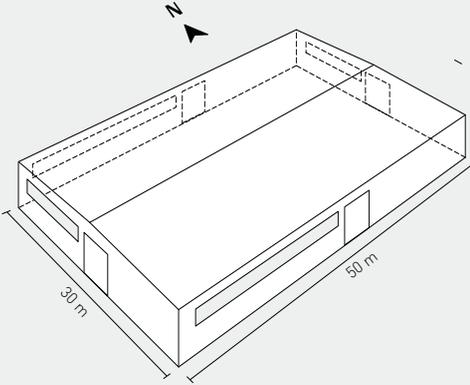
- 200 mm dicke Hebel Dachplatten,
 $\lambda = 0,14$ (W/mK)
- 60 mm Dämmung, $\lambda = 0,040$
- Bauteilfläche $A_D = 1.500$ m²
- $U_D = 0,32$ W/(m²K)

Boden:

- 200 mm Stahlbeton, $\lambda = 2,5$ (W/mK)
- am Rand umlaufend 40 mm Perimeterdämmung $\lambda = 0,040$ in einer Breite von 5 m
- Bauteilfläche $A_G = 1.500$ m²
In die Berechnung geht nur der gedämmte Randstreifen mit einer Fläche von 700 m² ein.
- $U_G = 0,80$ W/(m²K)

Fenster:

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



▲
Dämmung eines 5 m breiten Randstreifens, umlaufend
▼

Flächen von an das Erdreich grenzenden Bodenplatten, die mehr als fünf Meter vom äußeren Rand des Gebäudes entfernt sind, dürfen bei der Berechnung des mittleren U-Wertes unberücksichtigt bleiben. Es kann aber auch die gesamte Fläche eingehen, was bei durchgängig gedämmter Bodenplatte zu einem niedrigeren mittleren U-Wert führen kann. Denn durch den Korrekturfaktor von 0,5 wird der U-Wert der Bodenplatte halbiert, die Fläche geht aber vollständig in die Berechnung ein.

Prinzipische Skizze der Halle.

Berechnung des mittleren U-Wertes der opaken Bauteile:

$$\bar{U} = \frac{U_{AW} \cdot A_{AW} + U_W \cdot A_W + U_D \cdot A_D + U_G \cdot A_G \cdot 0,5}{A}$$

- A_{AW} Außenwandfläche
 A_W Fensterfläche
 A_D Dach- oder Deckenfläche
 A_G Grundfläche

Mittlerer U-Wert im Beispielgebäude:

$$\bar{U} = \frac{0,51 \cdot 662 + 2,9 \cdot 48 + 0,32 \cdot 1500 + 0,80 \cdot 700 \cdot 0,5}{3010}$$

$$\bar{U} = 0,41 < 0,50$$

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

Beispiel für ein Bürogebäude

Mit unserer neuen Hebel Wandplatte AAC 3,5-400 bzw. P3,3-0,40 können die Anforderungen an die ENEV 2014 mit den seit 01.01.2016 geltenden Anforderungen erfüllt werden.

Entsprechend dem in Kapitel 5.2.4 aufgeführten Beispiel wird nachfolgend ein Bürogebäude dargestellt, das mit dem neuen Produkt die Anforderungen an die Gebäudehülle erfüllt.

Abmessungen:

- Länge: 18 m
- Breite: 12 m
-

Dach als Pultdach, so dass die Wandhöhe wie folgt ist:

- Wandhöhe Vorderseite: 3,70 m
- Wandhöhe Rückseite: 2,50 m

Wände:

- 365 mm starke Hebel Wandplatten, $\lambda = 0,10 \text{ W/(mK)}$
- Bauteilfläche: $A_{AW} = 162 \text{ m}^2$
- $U_{AW} = 0,262 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Dach:

- 250 mm starke Hebel Dachplatten, $\lambda = 0,14 \text{ W/(mK)}$
- 140 mm Multipor Dachdämmung, $\lambda = 0,045 \text{ W/(mK)}$
- Bauteilfläche: $A_D = 216 \text{ m}^2$
- $U_D = 0,199 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Boden:

- 200 mm Stahlbeton, $\lambda = 2,30 \text{ W/(mK)}$
- 120 mm Perimeterdämmung $\lambda = 0,40 \text{ W/(mK)}$, vollflächig
- Bauteilfläche: $A_B = 216 \text{ m}^2$
- $U_B = 0,307 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Fenster:

- Fensterfläche $A_F = 21 \text{ m}^2$
- $U_F = 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Eingangstür:

- Türfläche $A_T = 3 \text{ m}^2$
- $U_T = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vergleich mit den Referenzwerten:

Tabelle: Auszug EnEV 2014

	Referenzwert Raumtemperaturen $\geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$ [[W/(m ² K)]]	Tatsächlicher Wert [[W/(m ² K)]]
Außenwand	U = 0,28	U = 0,262
Bodenplatte	U = 0,35	U = 0,307
Dach	U = 0,20	U = 0,199
Fenster Außenwand	U = 1,30	U = 1,30
Außentür	U = 1,80	U = 1,80

Da alle Bauteilwerte kleiner/gleich als die Referenzwerte sind, ist der Nachweis der wärmeumfassenden Gebäudehülle erbracht.

Hinweis: Ein Einzelwert darf durchaus die Referenzwerte überschreiten, solange die Summe der Transmissionswärmeverluste des Gebäudes (H'T) geringer oder gleich dem des Referenzgebäudes ist.

Vergleich mit einem Wohngebäude:

Die Bauteilreferenzwerte eines Nichtwohngebäude mit Raum-Solltemperaturen von $\geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$ unterscheiden sich nicht von den Anforderungen an ein Wohngebäude. Bei Wohngebäuden besteht weiterhin die Anforderung, dass der spezifische Transmissionswärmeverlust H'T einerseits den

H'T-Wert des Referenzgebäudes als auch einen in Anlage 1, Tabelle 2 der EnEV 2014 aufgeführten Wert nicht überschreiten darf.

Dieser Höchstwert beträgt für das freistehende Beispielgebäude $H'T = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Der hier vorhandene H'T-Wert beträgt $0,245 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, der Referenzwert $0,257 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Somit ist der Nachweis des Beispielgebäudes für die Bauteile auch für eine Wohnnutzung erbracht.

Die Berücksichtigung eines Wärmebrücken-zuschlags ist hierin nicht enthalten.

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom 1

Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

Registriernummer ²

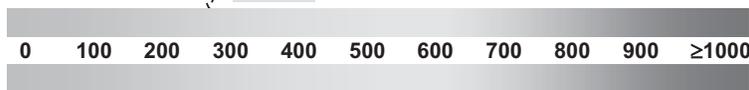
(oder: „Registriernummer wurde beantragt am...“)

2

Primärenergiebedarf

CO₂-Emissionen ³ kg/(m²·a)

Primärenergiebedarf dieses Gebäudes
kWh/(m²·a)



EnEV-Anforderungswert
Neubau (Vergleichswert)

EnEV-Anforderungswert
modernisierter Altbau (Vergleichswert)

Anforderungen gemäß EnEV ⁴

Primärenergiebedarf

Ist-Wert kWh/(m²·a) Anforderungswert kWh/(m²·a)

Mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten eingehalten

Sommerlicher Wärmeschutz (bei Neubau) eingehalten

Für Energiebedarfsberechnungen verwendetes Verfahren

- Verfahren nach Anlage 2 Nummer 2 EnEV
- Verfahren nach Anlage 2 Nummer 3 EnEV („Ein-Zonen-Modell“)
- Vereinfachungen nach § 9 Absatz 2 EnEV
- Vereinfachungen nach Anlage 2 Nummer 2.1.4 EnEV

Endenergiebedarf

Jährlicher Endenergiebedarf in kWh/(m²·a) für

Energieträger	Heizung	Warmwasser	Eingebaute Beleuchtung	Lüftung ⁵	Kühlung einschl. Befeuchtung	Gebäude insgesamt

Endenergiebedarf Wärme [Pflichtangabe in Immobilienanzeigen]

kWh/(m²·a)

Endenergiebedarf Strom [Pflichtangabe in Immobilienanzeigen]

kWh/(m²·a)

Angaben zum EEWärmeG ⁶

Nutzung erneuerbarer Energien zur Deckung des Wärme- und Kältebedarfs auf Grund des Erneuerbare-Energien-Wärme-gesetzes (EEWärmeG)

Art: Deckungsanteil: %
 %
 %

Ersatzmaßnahmen ⁷

Die Anforderungen des EEWärmeG werden durch die Ersatzmaßnahme nach § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG erfüllt.

- Die nach § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG verschärften Anforderungswerte der EnEV sind eingehalten.
 Verschärfter Anforderungswert
 Primärenergiebedarf: kWh/(m²·a)
- Die in Verbindung mit § 8 EEWärmeG um % verschärften Anforderungswerte der EnEV sind eingehalten.
 Verschärfter Anforderungswert
 Primärenergiebedarf: kWh/(m²·a)

Gebäudezonen

Nr.	Zone	Fläche [m ²]	Anteil [%]
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
<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.

¹ siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises ² siehe Fußnote 2 auf Seite 1 des Energieausweises

³ freiwillige Angabe

⁴ nur bei Neubau sowie bei Modernisierung im Fall des § 16 Absatz 1 Satz 3 EnEV

⁵ nur Hilfsenergiebedarf

⁶ nur bei Neubau

⁷ nur bei Neubau im Fall der Anwendung von § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG

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 unten stehenden 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 können solche Ersatzmaßnahmen häufig zu unwirtschaftlich hohen Baukosten führen.

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

¹⁾ 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, Wärmekapazität 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 Oberflächeninnentemperatur der raumumschließenden Flächen.

Vereinfacht 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 Oberflächeninnentemperatur 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 Geschossdecke 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 weitgehende 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 auch eine Energieeinsparung bewirkt.

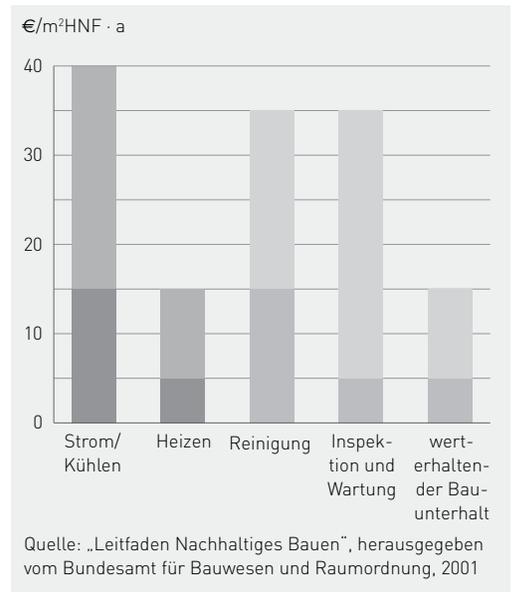
5.3.1 Sommerlicher Wärmeschutz

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 bis zu viermal so viel Einsatz von Energie als das Heizen. 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 2014 findet dies seinen Niederschlag, wenn Strom – mit dem Lüftungs- und Klimatechnik gewöhnlich betrieben werden – mit einem Primärenergiefaktor von 1,8 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 beim Vorhandensein einer Klimaanlage ein subjektiv unwohleres Empfinden auftritt, auch wenn objektiv die Richtlinien für das Raumklima eingehalten werden. Die Folge ist ein 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

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 wird dieses Thema weiter ausgebaut und es werden Mindestanforderungen festgelegt.

Dort wird darauf hingewiesen, dass bei vielen Gebäudearten 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 Wärmekapazität der raumumschließenden Flächen.

Einer Innendämmung erteilt die DIN 4108-2 eine klare Absage: Nur außen liegende, massive Wärmedämmschichten und innen liegende wärmespeichernde Schichten wirken sich positiv auf das sommerliche Raumklima aus.

Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes

Nach der EnEV sind zu errichtende Nichtwohngebäude so auszuführen, dass die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz eingehalten werden.

Dabei bezieht sich die EnEV auf Abschnitt 8 der DIN 4108-2, in der die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz festgelegt sind. Der Nachweis kann auf zwei Arten erbracht werden. Entweder in einem vereinfachten Verfahren über die Begrenzung der Sonneneintragskennwerte oder mittels einer thermischen Simulation. Bei dieser ist nachzuweisen, dass die Übertemperaturgradstunden, deren maximal zulässige Werte in Tabelle 9 der Norm festgelegt sind, nicht überschritten werden.

5.3.2 Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes von Nichtwohngebäuden nach DIN 4108-2

Es reicht aus, den Nachweis auf die Räume oder Raumbereiche zu beschränken, für welche die höchsten Anforderungen zu erwarten sind.

Der Nachweis muss auch geführt werden, wenn Klimaanlage zum Einsatz kommen sollen, denn der Planer ist auch dann verpflichtet, alle baulichen Möglichkeiten auszuschöpfen, um den Grenzwert einzuhalten.

Der Nachweis muss nicht geführt werden, wenn der grundflächenbezogene Fensterflächenanteil f_{WG} unter dem in Tabelle 6 der Norm angegebenen Wert liegt. Es ist in diesem Fall damit zu rechnen, dass der Grenzwert ohnehin eingehalten wird. Für Räume oder Bereiche mit unbenutzten Glasvorbauten gelten eigene Regeln zur Nachweisführung.

Werte des grundflächenbezogenen Fensterflächenanteils, unterhalb derer auf einen Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes verzichtet werden kann (Auszug aus DIN 4108-2, Tab. 6)

Neigung der Fenster gegenüber der Horizontalen	Orientierung der Fenster ¹⁾	grundflächenbezogener Fensterflächenanteil f_{wG} ²⁾ [%]
über 60° bis 90°	Nord-West über Süd bis Nord-Ost	10
	alle anderen Nordorientierungen	15
von 0° bis 60°	alle Orientierungen	7

¹⁾ Sind beim betrachteten Raum mehrere Orientierungen mit Fenstern vorhanden, ist der kleinere Grenzwert für f_{wG} bestimmend.
²⁾ Der Fensterflächenanteil f_{wG} 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_{wG} aus der Summe aller Fensterflächen zur Grundfläche zu berechnen.

Nachweis im vereinfachten Verfahren

Der Nachweis kann nicht im vereinfachten Verfahren erbracht werden, wenn die nachzuweisenden Räume oder Bereiche in Verbindung stehen mit:

- Doppelfassaden
- transparenten Wärmedämmsystemen (TWD)

Für einen erfolgreichen Nachweis der Mindestanforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz im vereinfachten Verfahren muss folgende Ungleichung erfüllt sein:

$$S_{\text{vorh}} \leq S_{\text{zul}}$$

S_{vorh} = vorhandener Sonneneintragskennwert
 S_{zul} = maximal zulässiger Sonneneintragskennwert, der sich aus der Summe der anteiligen Sonneneintragskennwerte ergibt

Beide Größen müssen rechnerisch bestimmt werden.

Berechnung des zulässigen Grenzwertes S_{zul}

Der höchste zulässige Sonneintragskennwert S_{zul} ergibt sich aus der Summe der anteiligen Sonneneintragskennwerte S_1 bis S_n , die der Tabelle auf Seite 127 entnommen werden können.

$$S_{\text{zul}} = \sum S_x$$

S_x = anteiliger Sonneneintragskennwert

In die Nachweisführung geht die Klimaregion mit ein, in der das zu errichtende Gebäude erbaut werden soll. Die DIN 4108-2 teilt in 8.1 das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in 3 Sommer-Klimaregionen A, B und C ein.

Berechnung des Sonneneintragskennwerts S_{vorh}

Der vorhandene Sonneneintragskennwert lässt sich durch folgende Gleichung bestimmen:

$$S_{\text{vorh}} = \frac{\sum_i (A_{w,i} \cdot g_{\text{tot},i})}{A_G}$$

A_w = Fensterfläche in m^2
 g_{tot} = Gesamtenergiedurchlassgrad des Glases einschließlich Sonnenschutz
 A_G = Nettogrundfläche des Raumes oder Raumbereichs in 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.



Sommer-Klimaregionen, die für den sommerlichen Wärmeschutznachweis gelten (nach DIN 4108-2).

Der Gesamtenergiedurchlassgrad einschließlich Sonnenschutz g_{tot} ist nach folgender Gleichung zu ermitteln:

$$g_{\text{tot}} = g \cdot F_c$$

- g = Gesamtenergiedurchlassgrad des Glases für senkrechten Strahlungseinfall nach DIN EN 410
 F_c = Abminderungsfaktor für Sonnenschutzvorrichtungen

Anhaltswerte für den Abminderungsfaktor F_c können Tabelle 7 der DIN 4108-2 entnommen werden.

Anteilige Sonneneintragskennwerte zur Bestimmung des zulässigen Sonneneintragskennwertes bei Nichtwohngebäuden (Auszug aus DIN 4108-2, Tab. 8)

Klimaregion ^{a)}		anteiliger Sonneneintragskennwert S_x			
		A	B	C	
Nachtlüftung und Bauart					
S_1	Nachtlüftung	Bauart ^{b)}			
	ohne Nachtlüftung	leicht	0,013	0,007	0,000
		mittel	0,020	0,013	0,006
		schwer	0,025	0,018	0,011
	erhöhte Nachtlüftung ^{c)} mit $n \geq 2 \text{ h}^{-1}$	leicht	0,071	0,060	0,048
		mittel	0,089	0,081	0,072
		schwer	0,101	0,092	0,083
	hohe Nachtlüftung ^{d)} mit $n \geq 5 \text{ h}^{-1}$	leicht	0,090	0,082	0,074
		mittel	0,135	0,124	0,113
		schwer	0,170	0,158	0,145
Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil f_{WG}^{e)}					
S_2	$S_2 = a - (b \cdot f_{\text{WG}})$	a	0,030		
		b	0,115		
Sonnenschutzglas^{f),j)}					
S_3	Fenster mit Sonnenschutzglas ^{f)} mit $g \leq 0,4$		0,03		
Fensterneigung^{g),j)}					
S_4	$0^\circ \leq \text{Neigung} \leq 60^\circ$ (gegenüber der Horizontalen)		$-0,035 f_{\text{neig}}$		
Orientierung^{h),j)}					
S_5	Nord-, Nordost- oder Nordwestorientierte Fenster, soweit die Neigung gegenüber der Horizontalen $> 60^\circ$ ist, sowie Fenster, die dauernd vom Gebäude selbst verschattet sind		$+0,10 f_{\text{nord}}$		
Einsatz passiver Kühlung					
S_6	bei leichter Bauart		0,02		
	bei mittlerer Bauart		0,04		
	bei schwerer Bauart		0,06		

- a) Ermittlung der Klimaregion nach Bild 1.
 b) Ohne Nachweis der wirksamen Wärmekapazität ist von leichter Bauart auszugehen, wenn keine der im Folgenden genannten Eigenschaften für mittlere oder schwere Bauarten nachgewiesen sind.

Vereinfacht kann von mittlerer Bauart ausgegangen werden, wenn folgende Eigenschaften vorliegen:

- Stahlbetondecke
- massive Innen- und Außenbauteile (flächenanteilig gemittelte Rohdichte $\geq 600 \text{ kg/m}^3$)
- keine innenliegende Wärmedämmung an den Außenbauteilen
- keine abgehängte oder thermisch abgedeckte Decke
- keine hohen Räume ($> 4,5 \text{ m}$) wie z. B. Turnhallen, Museen usw.

Von schwerer Bauart kann ausgegangen werden, wenn folgende Eigenschaften vorliegen:

- Stahlbetondecke
- massive Innen- und Außenbauteile (flächenanteilig ermittelte Rohdichte $\geq 1.600 \text{ kg/m}^3$)
- keine innenliegende Wärmedämmung an den Außenbauteilen
- keine abgehängte oder thermisch abgedeckte Decke
- keine hohen Räume ($> 4,5 \text{ m}$) wie z. B. Turnhallen, Museen usw.

Die wirksame Wärmekapazität darf auch nach DIN EN ISO 13786 (Periodendauer 1 d) für den betrachteten Raum bzw. Raumbereich bestimmt werden, um die Bauart einzuordnen. Dabei ist folgende Einstufung vorzunehmen:

- leichte Bauart liegt vor, wenn $C_{\text{wirkt}}/A_G < 50 \text{ Wh/(K} \cdot \text{m}^2)$

Dabei ist

C_{wirkt} die wirksame Wärmekapazität

A_G die Nettogrundfläche

- mittlere Bauart liegt vor, wenn $50 \text{ Wh/(K} \cdot \text{m}^2) \leq C_{\text{wirkt}}/A_G \leq 130 \text{ Wh/(K} \cdot \text{m}^2)$
- schwere Bauart liegt vor, wenn $C_{\text{wirkt}}/A_G > 130 \text{ Wh/(K} \cdot \text{m}^2)$

- c) Bei der Wohnnutzung kann in der Regel von der Möglichkeit zu erhöhter Nachtlüftung ausgegangen werden. Der Ansatz der erhöhten Nachtlüftung darf auch erfolgen, wenn eine Lüftungsanlage so ausgelegt wird, dass durch die Lüftungsanlage ein nächtlicher Luftwechsel von mindestens $n = 2 \text{ h}^{-1}$ sichergestellt wird.
- d) Von hoher Nachtlüftung kann ausgegangen werden, wenn für den zu bewertenden Raum oder Raumbereich die Möglichkeit besteht, geschossübergreifende Nachtlüftung zu nutzen (z. B. über abgeschlossenes Atrium, Treppenhaus oder Galerieebene). Der Ansatz der hohen Nachtlüftung darf auch erfolgen, wenn eine Lüftungsanlage so ausgelegt wird, dass durch die Lüftungsanlage ein nächtlicher Luftwechsel von mindestens $n = 5 \text{ h}^{-1}$ sichergestellt wird.

e) $f_{\text{WG}} = A_W/A_G$

Dabei ist

A_W die Fensterfläche

A_G die Nettogrundfläche

Hinweis: Die durch S_1 vorgegebenen anteiligen Sonneneintragskennwerte gelten für grundflächenbezogene Fensterflächenanteile von etwa 25%. Durch den anteiligen Sonneneintragskennwert S_2 erfolgt eine Korrektur des S_1 -Wertes in Abhängigkeit vom Fensterflächenanteil, wodurch die Anwendbarkeit des Verfahrens auf Räume mit grundflächenbezogenen Fensterflächenanteilen abweichend von 25% gewährleistet wird. Für Fensterflächenanteile kleiner 25% wird S_2 positiv, für Fensterflächenanteile größer 25% wird S_2 negativ.

- f) Als gleichwertige Maßnahme gilt eine Sonnenschutzvorrichtung, welche die diffuse Strahlung nutzerunabhängig permanent reduziert und hierdurch ein $g_{\text{tot}} \leq 0,4$ erreicht wird. Bei Fensterflächen mit unterschiedlichem g_{tot} wird S_3 flächenanteilig ermittelt:

$$S_3 = 0,03 \cdot A_{W, g_{\text{tot}} \leq 0,4} / A_{W, \text{gesamt}}$$

Dabei ist

$A_{W, g_{\text{tot}} \leq 0,4}$ die Fensterfläche mit $g_{\text{tot}} \leq 0,4$

$A_{W, \text{gesamt}}$ die gesamte Fensterfläche

g) $f_{\text{neig}} = A_{W, \text{neig}} / A_{W, \text{gesamt}}$

Dabei ist

$A_{W, \text{neig}}$ die geneigte Fensterfläche

$A_{W, \text{gesamt}}$ die gesamte Fensterfläche

h) $f_{\text{nord}} = A_{W, \text{nord}} / A_{W, \text{gesamt}}$

Dabei ist

$A_{W, \text{nord}}$ die nord-, nordost- und nordwestorientierte Fensterfläche, soweit die Neigung gegenüber der Horizontalen $> 60^\circ$ ist, sowie Fensterflächen, die dauernd vom Gebäude selbst verschattet sind

$A_{W, \text{gesamt}}$ die gesamte Fensterfläche

Fenster, die dauernd vom Gebäude selbst verschattet werden: Werden für die Verschattung F_3 Werte nach DIN V 18599-2:2011-12 verwendet, so ist für jene Fenster $S_5 = 0$ zu setzen.

- i) Gegebenenfalls flächenanteilig gemittelt zwischen der gesamten Fensterfläche und jener Fensterfläche, auf die diese Bedingung zutrifft.

Beispielrechnung nach DIN 4108-2

Am Beispiel einer Halle wird gezeigt, wie der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes im vereinfachten Verfahren durchgeführt wird.

Abmessungen der Beispielhalle:

Länge: 50 m (Fensterband 25 m x 1,5 m),

Breite: 30 m (Fensterband 10 m x 1,5 m),

Höhe: 5,5 m, Gebäude quaderförmig

Gesamtenergiedurchlassgrad $g_{\text{tot}} = 0,8$

Im Beispiel ergeben sich die Fensterflächen wie folgt:

$$\begin{aligned} A_w &= 25 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 2 + 10 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 2 \\ &= 105 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Berechnung des zulässigen Grenzwertes S_{zul} :
Anteilige Sonneneintragskennwerte können der Tabelle 8 aus DIN 4108-2 entnommen werden.

Dazu müssen zunächst die zugrunde liegenden Flächenanteile berechnet werden.

Grundfläche:

Bei der Grundfläche gelten die lichten Maße, es müssen also die 250 mm dicken Wandplatten abgezogen werden:

$$(50 \text{ m} - 0,5 \text{ m}) \cdot (30 \text{ m} - 0,5 \text{ m}) = 1.460,25 \text{ m}^2$$

Errechnung des grundflächenbezogenen Fensteranteils f_{WG} :

$$f_{\text{WG}} = \frac{A_w}{A_G}$$

A_w = Fensterfläche

A_G = Nettogrundfläche

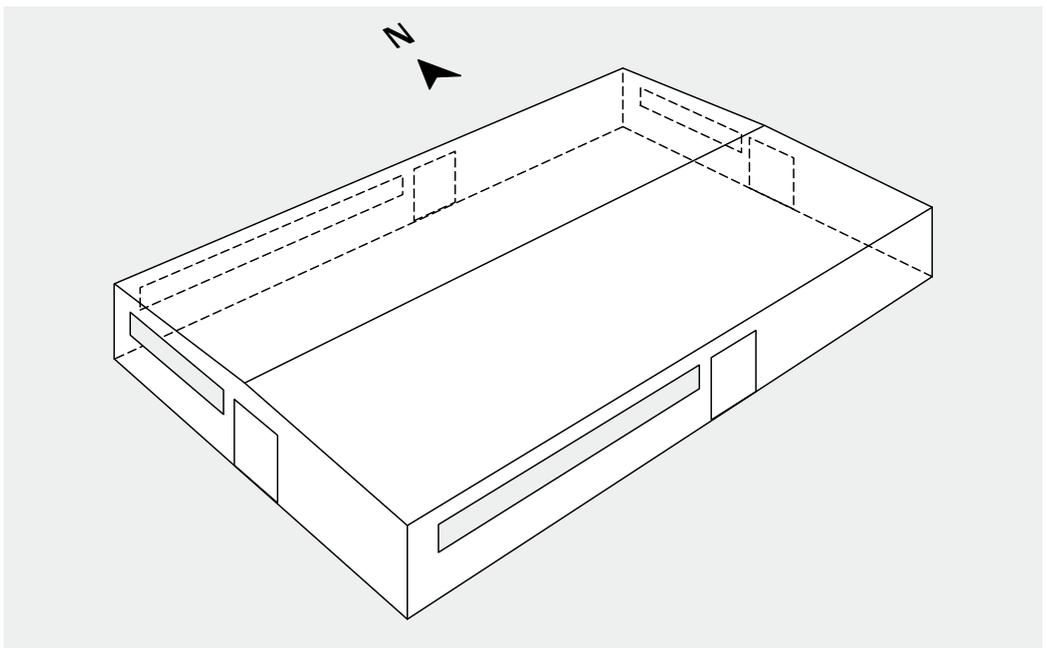
$$f_{\text{WG}} = \frac{105 \text{ m}^2}{1.460,25 \text{ m}^2} = 0,072$$

Errechnung der Größe f_{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



Isometrische Darstellung der Halle als Prinzipskizze.

$$f_{\text{nord}} = \frac{37,5 \text{ m}^2}{105 \text{ m}^2} = 0,357$$

Für das Beispielgebäude ergeben sich die folgenden Sonneneintragskennwerte:

Kriterium		S_x
S_1	Gebäude in Klimaregion B ohne Nachtlüftung mittlere Bauart	0,013
S_2	Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil f_{WG}	0,022
S_3	Sonnenschutzverglasung: keine	0
S_4	Fensterneigung: keine	0
S_5	Orientierung: Nordfenster	0,036
S_6	Einsatz passiver Kühlung: keine	0

$$S_{\text{zul}} = \sum S_x = S_1 + S_2 + S_5$$

$$S_{\text{zul}} = \sum S_x = 0,013 + 0,022 + 0,036 = 0,071$$

Berechnung des vorhandenen Sonneneintragskennwertes S_{vorh} :

Energiedurchlassgrad der Verglasung (ohne Sonnenschutzvorkehrung, $F_c = 1,0$):

$$g_{\text{tot}} = g \cdot F_c = 0,8 \cdot 1,0 = 0,8$$

$$S_{\text{vorh}} = \frac{105 \text{ m}^2 \cdot 0,8}{1.460,25 \text{ m}^2} = 0,058$$

Es ergibt sich ein tatsächlich vorliegender Sonneneintragskennwert von $S_{\text{vorh}} = 0,058$.

Nachweis:

$$0,058 \leq 0,071$$

damit gilt: $S_{\text{vorh}} \leq S_{\text{zul}}$

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.

Wärmekapazität 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 Wärmekapazität der raumabschließenden Bauteile und der Nettogrundfläche ermittelt. Das Ergebnis kann als Maß für die Wärmespeicherfähigkeit der Bauteile angesehen werden.

Die wirksame Wärmekapazität darf auch nach DIN EN ISO 13786 (Periodendauer 1d) für den betrachteten Raum bzw. Raumbereich bestimmt werden, um die Bauart einzuordnen. Dabei ist folgende Einstufung vorzunehmen:

Leichte Bauart liegt vor, wenn:

$$C_{\text{wirk}}/A_G < 50 \text{ Wh}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$$

Mittlere Bauart liegt vor, wenn:

$$50 \text{ Wh}/(\text{K} \cdot \text{m}^2) \leq C_{\text{wirk}}/A_G \leq 130 \text{ Wh}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$$

Schwere Bauart liegt vor, wenn:

$$C_{\text{wirk}}/A_G > 130 \text{ Wh}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$$

C_{wirk} = wirksame Wärmekapazität
 A_G = Nettogrundfläche

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 J/(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 J/(kgK) und damit einen für massive Baustoffe, wie z. B. Kalksandstein oder Beton, üblichen Wert.

Wärmespeichervermögen

Das Wärmespeichervermögen eines Bauteiles gibt an, wie viel Wärme ein homogener Stoff von 1 m² Oberfläche und der Dicke der Schicht d bei der Temperaturerhöhung um 1 K speichern kann. Das Wärmespeichervermögen C in J/(m²K) eines Bauteils ist daher von der spezifischen Wärmekapazität c, von der Rohdichte des Bauteiles und seiner Dicke der Schicht d abhängig. Baustoffe mit einer hohen Rohdichte und dickere Bauteile können mehr Wärme aufnehmen. Das flächenbezogene Wärmespeichervermögen ergibt sich aus:

$$W = \rho \cdot c \cdot d \quad [J/(m^2 K)]$$

- d = Dicke der Schicht [m]
- c = spezifische Wärme des Stoffes für alle mineralischen Baustoffe ist c = 1000 J/(kg · K)
- ρ = Rohdichte [kg/m³]

Wirksame Wärmekapazität

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 Wärmekapazität, die für den Sommer- und Winterfall unterschiedlich ermittelt wird. Für den Sommerfall wird die wirksame Wärmekapazität einer Schicht nach folgender Formel bestimmt:

$$C_{\text{wirk}} = \sum [c_i \cdot \rho_i \cdot d_i \cdot A_i]$$

- C_{wirk} = wirksame Wärmekapazität [J/(K)]
- c = spezifische Wärmekapazität [J/(kgK)]
- ρ = wirksame Rohdichte [kg/m³]
- d = Dicke der Schicht [m]
- A = Fläche [m²]
- 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:

$$b = \sqrt{c \cdot \lambda \cdot \rho} \quad [J/(m^2 K s^{0,5})]$$

- c = spezifische Wärme des Stoffes für alle mineralischen Baustoffe ist c = 1000 J/(kg · K)
- λ = Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit [W/(mK)]
- ρ = Rohdichte [kg/m³]

Wärmeeindringzahl b für Porenbeton-Bauteile

Rohdichte [kg/m ³]	Wärmeeindringzahl b [J/(m ² K s ^{0,5})]
400	200
500	255
550	277

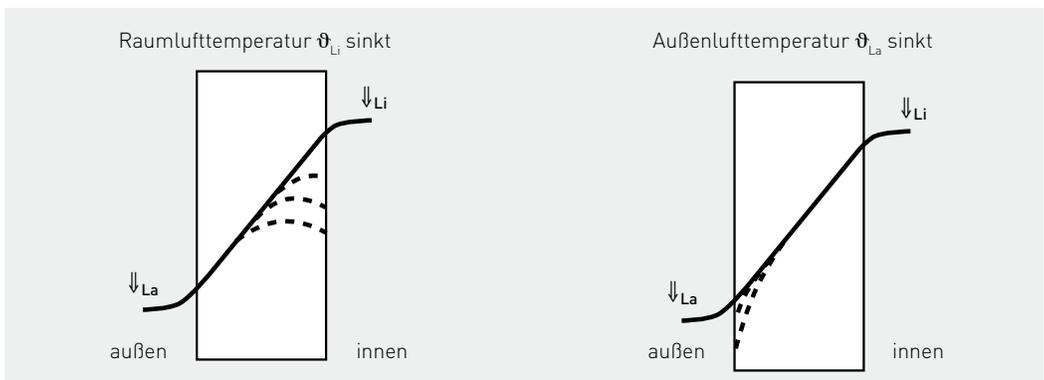
Wärmedämmung, Wärmespeicherung und Auskühlung

Material	Dicke	Rohdichte	Wärmeleitfähigkeit	Spezifische Wärmekapazität	Wärmedurchlasswiderstand	Gespeicherte Wärmemenge	Auskühlzeit
	d [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/(mK)]	c [J/(kgK)]	R [m ² K/W]	Q_s [J/m ² K]	t_A [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
0,365	400	0,10	1.000	3,65	146.000	148,00	
Beton \geq 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: $Q_s = c \cdot \rho \cdot s$ [J/(m²K)]

Auskühlzeit: $t_A = \frac{Q_s}{3.600} \cdot R$ [h]

5



Schematische Darstellung des Auskühlverhaltens eines Bauteiles.

5.3.4 Sommerliches Raumklima

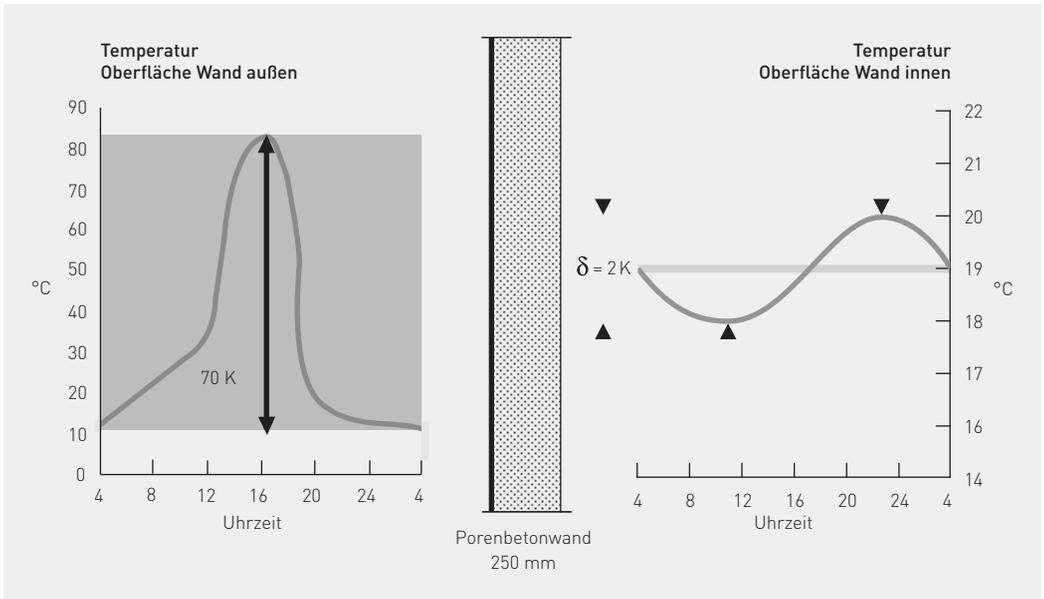
Periodische Temperaturänderungen

Die von außen kommende Wärmeenergie kann das Raumklima unangenehm warm 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 Extrem-

fällen kann die Oberflächentemperatur mehr als 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 größeren Fensterflächenanteilen 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“.



Dämpfung von Temperaturschwankungen durch Bauteile aus Porenbeton.

Bei periodischen Temperaturänderungen ist der Wärmedurchlasswiderstand eines Bauteils keine ausreichende Bewertungsgröße, da er nicht von der Wärmekapazität 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:

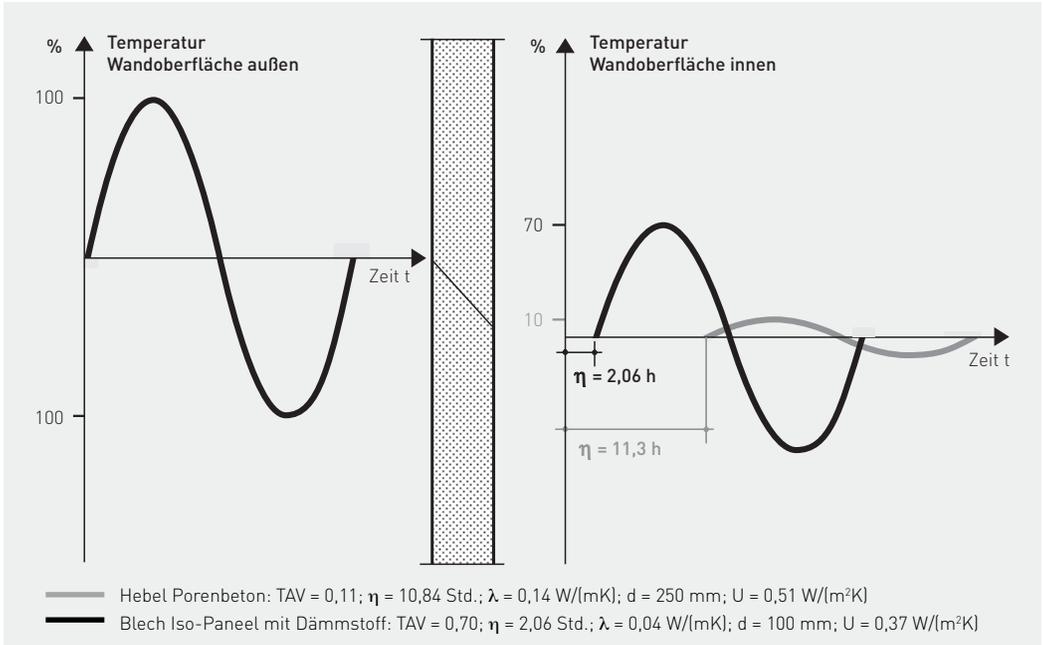
An einer 250 mm dicken Porenbetonwand wurden im Verlauf von 24 Stunden die Oberflächentemperaturen gemessen. Um besonders hohe Temperaturen zu erreichen, wurde eine Westwand gewählt, die zusätzlich noch schwarz gestrichen war. Die dort aufgetretenen Temperaturschwankungen auf der Außenseite von etwa 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 (siehe Abbildung oben).

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 Bau-



Temperaturamplitudenverhältnis (TAV) und Phasenverschiebung η einer Wärmewelle, die eine Wand durchwandert.

teilerfläche. 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 nicht in gleichem Maße ansteigt oder abfällt wie die Temperatur an der Außenoberfläche des Bauteils. Somit kennzeichnet das Temperaturamplitudenverhältnis das thermische Verhalten des Bauteils bei einer Anregung durch eine periodische Temperaturschwankung. Das thermische Verhalten des angrenzenden Innenraumes wird nicht berücksichtigt, obwohl auch die Wärmekapazität 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.

Die Phasenverschiebung ist abhängig von:

- Wärmeleitfähigkeit
- spezifischer Wärme
- Wärmekapazität
- 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 Wärmespeichervermögen fehlt.

Je kleiner das Temperaturamplitudenverhältnis, desto günstiger ist das Verhalten des Baustoffes im Hinblick auf den sommerlichen Wärmeschutz einzustufen. Günstig ist, 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.

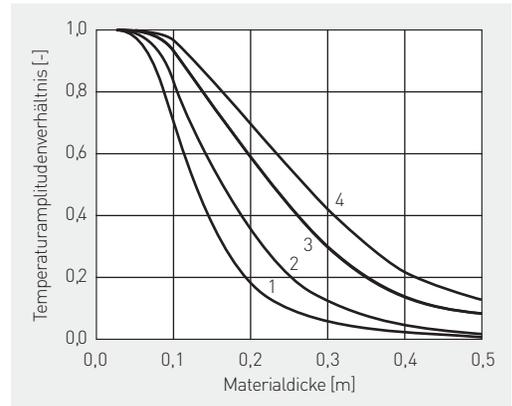
Die Diagramme zeigen, dass ein Bauteil aus Wärmedämmstoff mit einer geringen Wärmeleitfähigkeit und einer geringen Rohdichte einen guten winterlichen Wärmeschutz bietet, jedoch wegen der geringen Rohdichte nicht auch automatisch „sommertauglich“ ist.

Ebenso ungünstig ist eine homogene Wand aus einem sehr schweren Baustoff mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit.

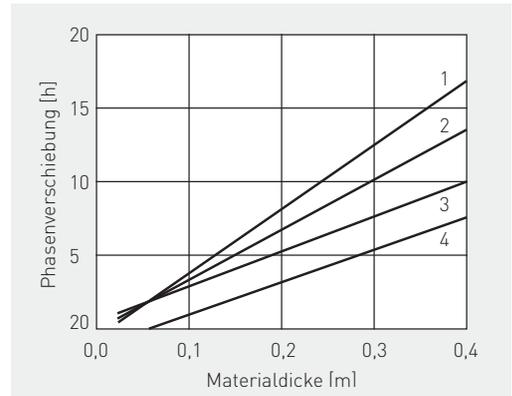
Im Gegensatz dazu haben Porenbetonkonstruktionen eine geringe Wärmeleitfähigkeit (winterlicher Wärmeschutz) und eine wärmespeichernde Rohdichte (sommerlicher Wärmeschutz), die ein günstiges Temperaturamplitudenverhältnis bewirken.

Ebenso vorteilhaft ist die Phasenverschiebung bei homogenen Porenbetonkonstruktionen. Für eine Wand aus 300 mm Porenbeton beträgt die Phasenverschiebung z. B. ca. dreizehn Stunden.

So kommt die Tageswärmespitze erst nachts im Inneren des Gebäudes an. Während dann am folgenden Vormittag die Außentemperaturen steigen, fallen sie im Gebäude sogar noch ab.



Temperaturamplitudenverhältnis homogener Schichten abhängig von der Materialdicke.



Phasenverschiebung homogener Schichten abhängig von der Materialdicke.

Folgende Baustoffe wurden in den Diagrammen verwendet:

- 1 Porenbeton $\rho = 550 \text{ kg/m}^3$; $\lambda = 0,14 \text{ W/(mK)}$
- 2 Leichtbeton $\rho = 1.200 \text{ kg/m}^3$; $\lambda = 0,50 \text{ W/(mK)}$
- 3 Normalbeton $\rho = 2.400 \text{ kg/m}^3$; $\lambda = 2,10 \text{ W/(mK)}$
- 4 Wärmedämmstoff $\rho = 30 \text{ kg/m}^3$; $\lambda = 0,040 \text{ W/(mK)}$

5.4 Klimabedingter Feuchteschutz

Durch Anforderungen, Berechnungsverfahren 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:

$$u_v = \frac{u_m \cdot \varrho}{1000} \quad [\%]$$

$$u_m = \frac{u_v}{\varrho} \cdot 1000 \quad [\%]$$

u_m	=	massebezogener Feuchtigkeitsgehalt [%]
u_v	=	volumenbezogener Feuchtigkeitsgehalt [%]
ϱ	=	Rohdichte [kg/m ³]
V	=	Volumen [m ³]

5.4.1 Schlagregenschutz

Schlagregen gegen Außenbauteile und Durchfeuchtungen können deren Eigenschaften, insbesondere die Wärmedämmung, mindern und Bauschäden hervorrufen. Die in Kapitel 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 Wärmedurchlass-

widerstände nach DIN 4108-2 eingehalten und sind bei normaler Nutzung und durchschnittlichem Heizen und Lüften keine Extremwerte von Raumtemperaturen und relativen 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_{erf} bzw. des entsprechenden Wärmedurchgangskoeffizienten U wie folgt vorgenommen werden:

Wärmedurchlasswiderstand erforderlich:

$$R_{\text{erf}} = R_{\text{Si}} \cdot \frac{\vartheta_i - \vartheta_e}{\vartheta_i - \vartheta_s} - (R_{\text{Si}} + R_{\text{Se}}) \quad [\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$$

Maximal zulässiger Wärmedurchgangskoeffizient:

$$U_{\text{max}} = \frac{\vartheta_i - \vartheta_s}{R_{\text{Si}} \cdot (\vartheta_i - \vartheta_e)} \quad [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$$

ϑ_i	=	Temperatur innen [°C]
ϑ_e	=	Temperatur außen [°C]
ϑ_s	=	Taupunkttemperatur der Raumluft
$R_{\text{Se}}, R_{\text{Si}}$	=	Wärmeübergangswiderstand (i = innen bzw. e = außen)

Tauwasserbildung in Bauteilen

Tauwasserbildung in Bauteilen ist unschädlich, wenn folgende Anforderungen erfüllt sind:

- Die Baustoffe, die mit Tauwasser in Berührung kommen, dürfen nicht geschädigt werden (z. B. durch Korrosion, Pilzbefall).
- Während der Tauperiode im Inneren des Bauteils anfallendes Wasser muss während der Verdunstungsperiode wieder an die Umgebung abgegeben werden können, d. h. $M_c \leq M_{\text{ev}}$.
- Eine Tauwassermenge von 1,0 kg/m² darf je Tauperiode bei mineralischen Wand- und Dachkonstruktionen nicht überschritten werden.

- An Berührungsflächen von kapillar nicht wasseraufnahmefähigen Schichten darf die maximale Tauwassermenge 0,5 kg/m² 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 $s_d \geq 100$ m zwischen Dachplatten und Wärmedämmung empfohlen, bei Metalldacheindeckungen ist sie generell erforderlich.

Rechenwerte der Wasserdampfdiffusionswiderstandszahlen μ im Vergleich (z. T. nach DIN 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.....	20000
Kunststoff-Dachbahnen	10000/1750000

Diffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d

Metalldeckung: Titanzink Doppelstehfalz Scharbreite 720 mm	$s_d = 84$ 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 Raumluftfeuchte bis ca. 65 % und Raumlufttemperaturen 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 Luftfeuchten und Innentemperaturen verwendet werden. Ein rechnerischer Nachweis über die anfallende Wassermasse im Winter und die austrocknende Wassermasse im Sommer kann nach DIN 4108-3,

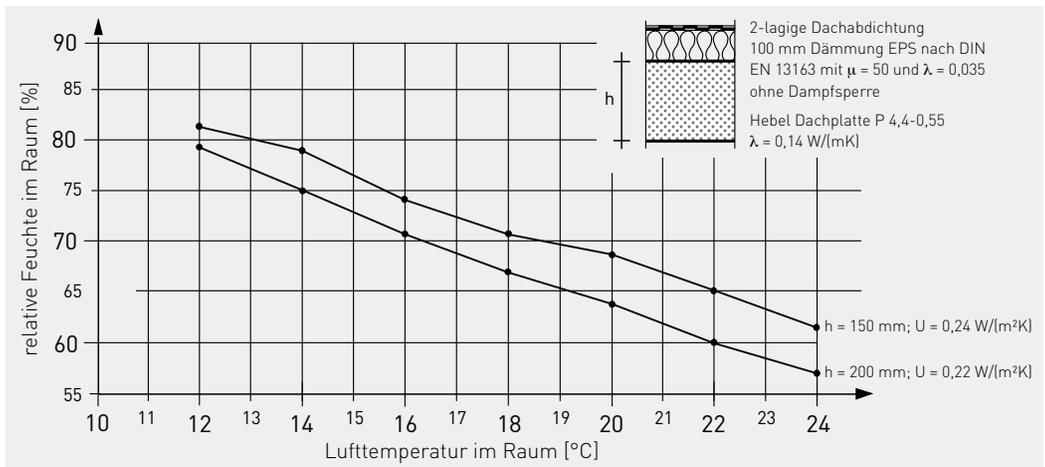
Anhang A erfolgen. Die folgenden Rechenbeispiele verdeutlichen dies.

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 Grenzbebereich für die nach DIN 4108-3 während der Tauperiode ausfallende Wassermasse im Bauteil an, die während der Verdunstungsperiode wieder abgegeben werden kann.

5

Mögliche feuchteschutztechnische Anwendung von Hebel Dachplatten mit zusätzlicher Wärmedämmung (Beispiel 1)



Maximal mögliche Verdunstungsmenge in Abhängigkeit von Lufttemperatur und Luftfeuchte (Beispiel 1)

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	82	0,35	79	0,32
14	78	0,35	75	0,32
16	74	0,35	71	0,32
18	71	0,35	67	0,32
20	68	0,35	63	0,32
22	65	0,35	60	0,32
24	62	0,35	57	0,32

Beispiel 2: Hebel Dachplatten ohne zusätzliche Wärmedämmung

Der Kurvenverlauf auf der nächsten Seite 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 $1,0 \text{ kg/m}^2$ an, die während der Tauperiode im Bauteil ausfallen darf und die während der Verdunstungsperiode wieder abgegeben werden muss. Die darauf folgende 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:

$$m_c = g_c \cdot t_c$$

Wobei g_c die Wasserdampfdiffusionsstromdichte vom Raum in das Bauteil bis zum Anfang des Tauwasserbereich sowie vom Tauwasserbereich bis zur Außenseite ist. Bei Tauwasser ausfall in einer Ebene gilt:

$$g_c = d_0 \left(\frac{p_i - p_c}{s_{d,c}} - \frac{p_c - p_e}{s_{d,c}} \right)$$

p_i = Wasserdampfteildruck der Raumluft, in Pa

p_e = Wasserdampfteildruck an der außenseitigen Oberfläche, in Pa

p_c = Sättigungsdampfdruck in der Tauwasserebene, in Pa

$s_{d,T}$ = Summe der s_d -Werte aller Einzelschichten des Bauteils, in m

$s_{d,c}$ = Summe der s_d -Werte aller Einzelschichten von der Innenoberfläche bis zur Tauwasserebene, in m

d_0 = $2 \cdot 10^{-10} \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$

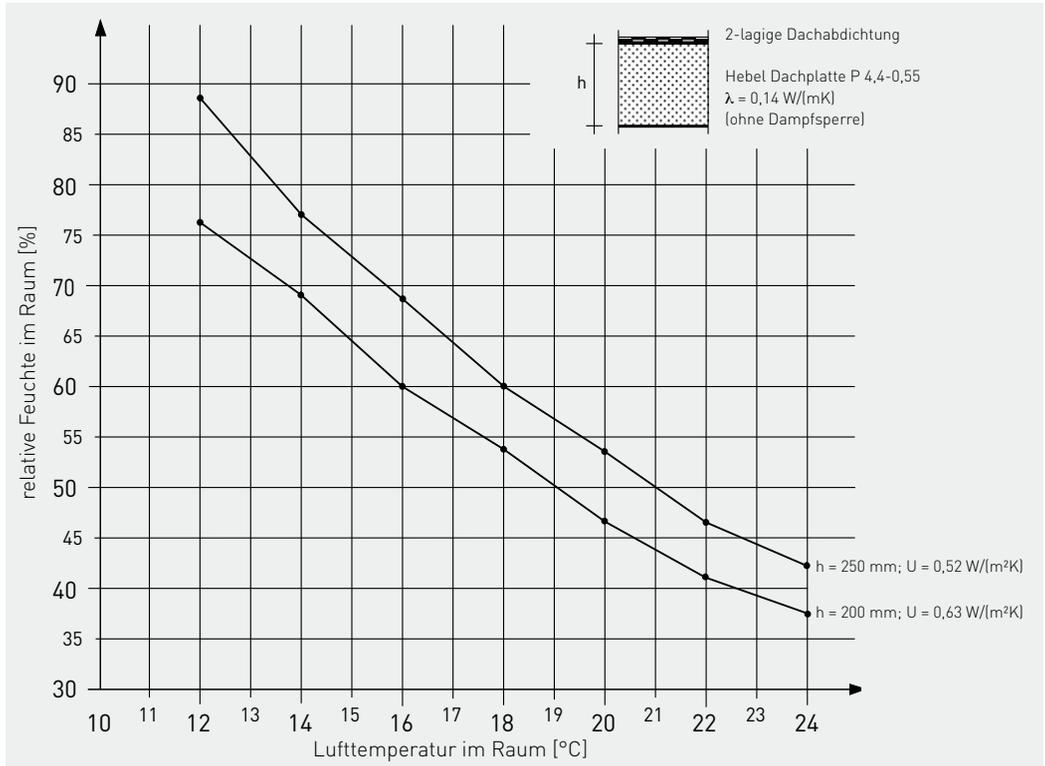
t_c = $7776 \cdot 10^3 \text{ s}$

t_T = Dauer der Tauperiode 2160 Std.

Randbedingungen: Auszug aus Tabelle A.3, DIN 4108-3

	Tauperiode		Verdunstungsperiode		Dimensionen
	innen	außen	innen	außen	
Lufttemperatur	20	- 5	-	-	°C
relative Feuchte	50	80	-	-	%
Wasserdampf-Sättigungsdruck Wand	2.340	401	1.700	1.200	Pa
Wasserdampf-Sättigungsdruck Dach	2.340	401	2.000	1.200	Pa
Wasserdampf-Teildruck	1.168	321	1.200	1.200	Pa

Mögliche feuchteschutztechnische Anwendung von Hebel Dachplatten ohne zusätzliche Wärmedämmung (Beispiel 2)

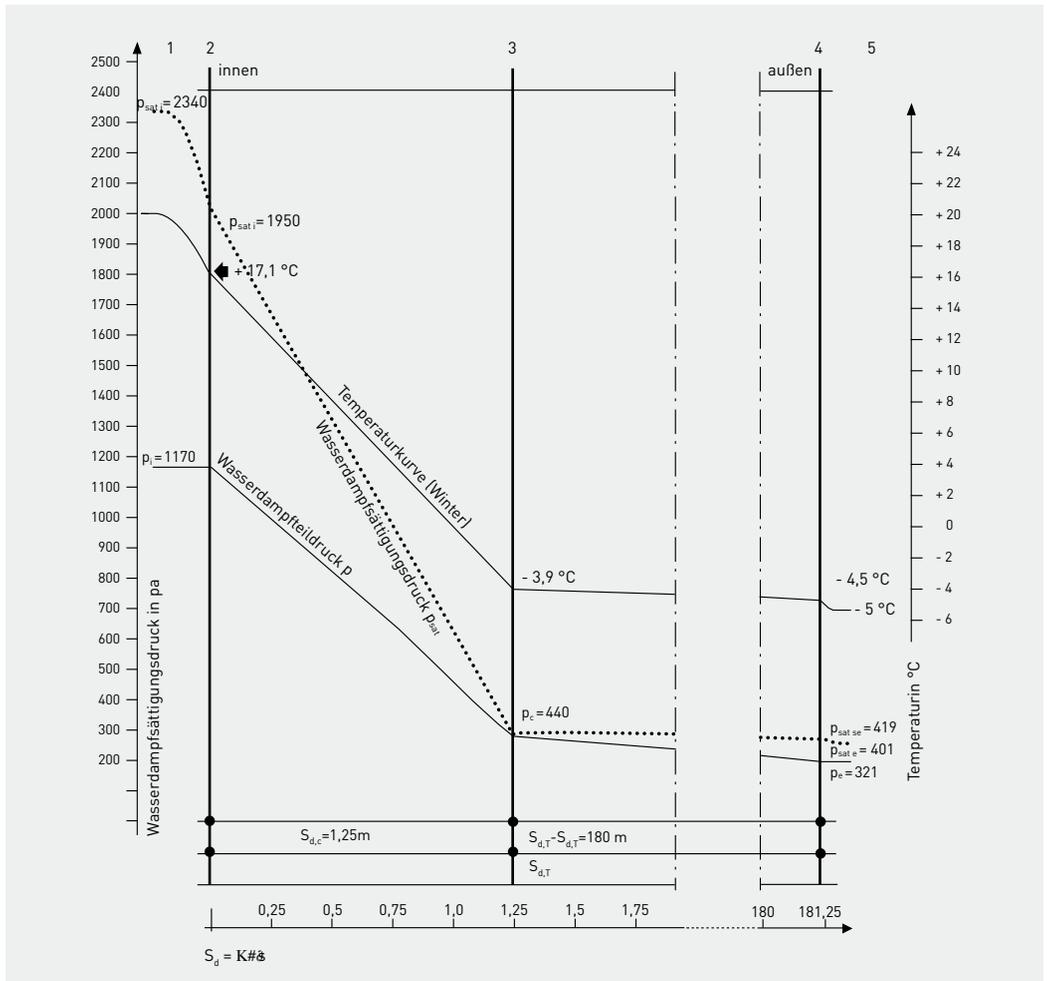


Maximal mögliche Verdunstungsmenge in Abhängigkeit von Lufttemperatur und Luftfeuchte (Beispiel 2)

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	77	1,25	88	1,00
14	68	1,25	77	1,00
16	60	1,25	68	1,00
18	53	1,25	60	1,00
20	47	1,25	53	1,00
22	41	1,25	47	1,00
24	37	1,25	42	1,00

Beispiel 3: Diffusionsdiagramm

Nachfolgend ist ein Diffusionsdiagramm mit einer zugehörigen Tau- und Verdunstungsmassenberechnung dargestellt



Diffusionsdiagramm Hebel Dachplatten.

Rechengrößen für das Diffusionsdiagramm (Beispiel 3)

Hebel Dachplatten

Schicht	S [m]	μ	s_d [m]	λ [W/(mK)]	R [m ² K/W]
Wärmeübergang innen	-	-	-	-	0,25
Hebel Dachplatten P 4,4-0,55	0,25	5	1,25	0,14	1,79
2 Lag. Bitumen- Schweißbahnen	0,009	20.000	180	0,17	0,05
Wärmeübergang außen	-	-	-	-	0,04
		Σ	181,25	Σ	2,13

Grenzschicht	
1	Innenraum
2	Oberfläche Innenseite
3	Übergang Dachplatte/ Abdichtung
4	Oberfläche Außenseite
5	Außenluft

Temperatur – Dampfsättigungsdruckverlauf an den Schichtgrenzen (Beispiel 3)

Grenzschicht		Tauperiode Temperatur [°C]	Tauperiode Dampfdruck [Pa]	Verdunstungsperiode Dampfdruck Pa
1	Innenraum	20,0	2.340	1.200
2	Oberfläche Innenseite	17,1	1.950	1.200
3	Übergang Dachplatte/Abdichtung	- 3,9	440	2.000
4	Oberfläche Außenseite	- 4,5	419	1.200
5	Außenluft	- 5,0	401	1.200

Berechnung Tauwassermasse Dachplatten:

$$M_c = g_c \cdot t_c$$

$$g_c = d_0 \left(\frac{p_i - p_c}{s_{d,c}} - \frac{p_c - p_e}{s_{d,T} - s_{d,c}} \right)$$

$$p_i = 1168 \text{ Pa}$$

$$p_e = 321 \text{ Pa}$$

$$p_c = 440 \text{ Pa}$$

$$t_c = 7776 \times 10^3 \text{ s}$$

$$s_{d,T} = 1,25 \text{ m} + 180 \text{ m} = 181,25 \text{ m}$$

$$s_{d,c} = 1,25 \text{ m}$$

$$d_0 = 2 \cdot 10^{-10}$$

$$M_c = 2 \cdot 10^{-10} \cdot \left(\frac{1168 - 440}{1,25} - \frac{440 - 321}{181,25 - 1,25} \right) \cdot 7776 \cdot 10^3 = 0,905 \text{ kg/m}^2$$

Berechnung der möglichen Verdunstungsmasse im Sommer:

$$M_{ev} = g_{ev} \cdot t_{ev}$$

$$g_{ev} = d_0 \left(\frac{p_c - p_i}{s_{d,c}} - \frac{p_c - p_e}{s_{d,T} - s_{d,c}} \right)$$

$$p_i = 1200 \text{ Pa}$$

$$p_e = 1200 \text{ Pa}$$

$$p_c = 2000 \text{ Pa}$$

$$t_{ev} = 7776 \times 10^3 \text{ s}$$

$$s_{d,T} = 1,25 \text{ m} + 180 \text{ m} = 181,25 \text{ m}$$

$$s_{d,c} = 1,25 \text{ m}$$

$$d_0 = 2 \cdot 10^{-10}$$

$$M_{ev} = 2 \cdot 10^{-10} \cdot \left(\frac{2000 - 1200}{1,25} - \frac{2000 - 1200}{181,25 - 1,25} \right) \cdot 7776 \cdot 10^3 = 1,002 \text{ kg/m}^2$$

Das Tauwasser im Bauteilquerschnitt trocknet im Sommer wieder aus.

Temperatur – Dampfsättigungsdruckverlauf an den Schichtgrenzen (Beispiel 4)

Grenzschicht		Tauperiode Temperatur	Tauperiode Dampfdruck	Verdunstungsperiode Dampfdruck
		[°C]	[Pa]	[Pa]
1	Innenraum	20,0	2.340	1.200
2	Oberfläche Innenseite	16,4	1.866	1.200
3	Übergang Dachplatte/Abdichtung	- 4,38	424	1.700
4	Oberfläche Außenseite	- 4,42	422	1.200
5	Außenluft	- 5,00	401	1.200

Berechnung Tauwassermasse Wandplatten:

$$M_c = g_c \cdot t_c$$

$$g_c = d_0 \left(\frac{p_i - p_c}{s_{d,c}} - \frac{p_c - p_e}{s_{d,T} - s_{d,c}} \right)$$

$$p_i = 1168 \text{ Pa}$$

$$p_e = 321 \text{ Pa}$$

$$p_c = 424 \text{ Pa}$$

$$t_c = 7776 \times 10^3 \text{ s}$$

$$s_{d,T} = 1,00 \text{ m} + 0,4 \text{ m} = 1,4 \text{ m}$$

$$s_{d,c} = 1,00 \text{ m}$$

$$d_0 = 2 \cdot 10^{-10}$$

$$M_c = 2 \cdot 10^{-10} \cdot \left(\frac{1168 - 424}{1,00} - \frac{424 - 321}{1,40 - 1,00} \right) \cdot 7776 \cdot 10^3 = 0,757 \text{ kg/m}^2$$

Berechnung der möglichen Verdunstungsmasse im Sommer:

$$M_{ev} = g_{ev} \cdot t_{ev}$$

$$g_{ev} = d_0 \left(\frac{p_c - p_i}{s_{d,c}} - \frac{p_c - p_e}{s_{d,T} - s_{d,c}} \right)$$

$$p_i = 1200 \text{ Pa}$$

$$p_e = 1200 \text{ Pa}$$

$$p_c = 1700 \text{ Pa}$$

$$t_{ev} = 7776 \times 10^3 \text{ s}$$

$$s_{d,T} = 1,00 \text{ m} + 0,40 \text{ m} = 1,40 \text{ m}$$

$$s_{d,c} = 1,00 \text{ m}$$

$$d_0 = 2 \cdot 10^{-10}$$

$$M_{ev} = 2 \cdot 10^{-10} \cdot \left(\frac{1700 - 1200}{1,00} - \frac{1700 - 1200}{0,40} \right) \cdot 7776 \cdot 10^3 = 2,722 \text{ kg/m}^2$$

Das Tauwasser im Bauteilquerschnitt trocknet im Sommer mit mehr als dreifacher Sicherheit wieder aus.

Weitere Beispiele in Kurzform

Schicht	s [m]	μ	λ [W/(mK)]	R [m ² K/W]
R _i	–	–	–	0,10
Hebel Dachplatten P 4,4-0,55	0,25	5	0,14	–
Dachdichtung (Folie)	0,0012	18.000	0,16	–
Kiesschüttung	–	–	–	–
R _e	–	–	–	0,04

verdunstende Wassermasse M_c: 1,001 kg/m²
 Tauwassermasse M_{ev}: 0,889 kg/m²

Schicht	s [m]	μ	λ [W/(mK)]	R [m ² K/W]
R _i	–	–	–	0,10
Hebel Dachplatten P 4,4-0,55	0,25	5	0,14	–
Dachdichtung (Bitumenbahnen)	0,01	50.000	0,17	–
Kiesschüttung	–	–	–	–
R _e	–	–	–	0,04

verdunstende Wassermasse M_c: 0,998 kg/m²
 Tauwassermasse M_{ev}: 0,898 kg/m²

Schicht	s [m]	μ	λ [W/(mK)]	R [m ² K/W]
R _i	–	–	–	0,10
Hebel Dachplatten P 4,4-0,55	0,20	7	0,16	–
Wärmedämmung	0,10	50	0,04	–
Dachdichtung (Folie)	0,0012	18.000	0,16	–
R _e	–	–	–	0,04

verdunstende Wassermasse M_c: 0,389 kg/m²
 Tauwassermasse M_{ev}: 0,356 kg/m²

Schicht	s [m]	μ	λ [W/(mK)]	R [m ² K/W]
R _i	–	–	–	0,10
Hebel Dachplatten P 4,4-0,55	0,20	7	0,16	–
Wärmedämmung	0,10	50	0,04	–
Dachdichtung (Bitumenbahnen)	0,01	50.000	0,17	–
R _e	–	–	–	0,04

verdunstende Wassermasse M_c: 0,197 kg/m²
 Tauwassermasse M_{ev}: 0,181 kg/m²

5.4.4 Wasseraufnahme

Für die baupraktische Beurteilung der Feuchte- bzw. Wasseraufnahme eines Baustoffes ist der sogenannte w -Wert hilfreich.

Die Wasseraufnahme ist eine physikalische Kenngröße eines Stoffs. Die Eigenschaft der Wasseraufnahme ist u. a. abhängig von der Oberflächenbeschaffenheit und Porosität.

Die Wasseraufnahme wird messtechnisch mit dem w -Wert bestimmt. Dieser gibt an, wie viel Wasser ein Baustoff innerhalb einer bestimmten Zeit in flüssiger Form aufnimmt.

Der w -Wert hat die Einheit $[\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})]$. Die Einheit Wurzel aus der Zeit resultiert daher, dass ein Stoff zur Aufnahme der doppelten Feuchtigkeitsmenge die 4-fache Zeit benötigt. Die Tabelle zeigt, dass Hebel Porenbeton im Vergleich zu anderen Baustoffen einen sehr niedrigen Wasseraufnahmekoeffizienten w besitzt.

Entscheidend für die geringe Wasseraufnahme des Porenbetons ist seine Porengrößenverteilung an der Grenzschicht. Zwar füllen sich die größeren Poren bei direktem Wasserkontakt relativ schnell, doch die kapillare Weiterleitung erfolgt langsam. Ist die Grenzschicht gesättigt, kommt es nur noch zu einer langsamen Wasseraufnahme.

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. Sprinkleranlagen mit nicht brennbarem Porenbeton, der im Brandfall weder Gase entwickelt noch brennend abtropft. Auch bei großer Hitze bilden sich in Porenbeton-Bauteilen keine Risse oder Fugen, Wände und Dächer bleiben gas- und rauchdicht.

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 Hitzeinfluss

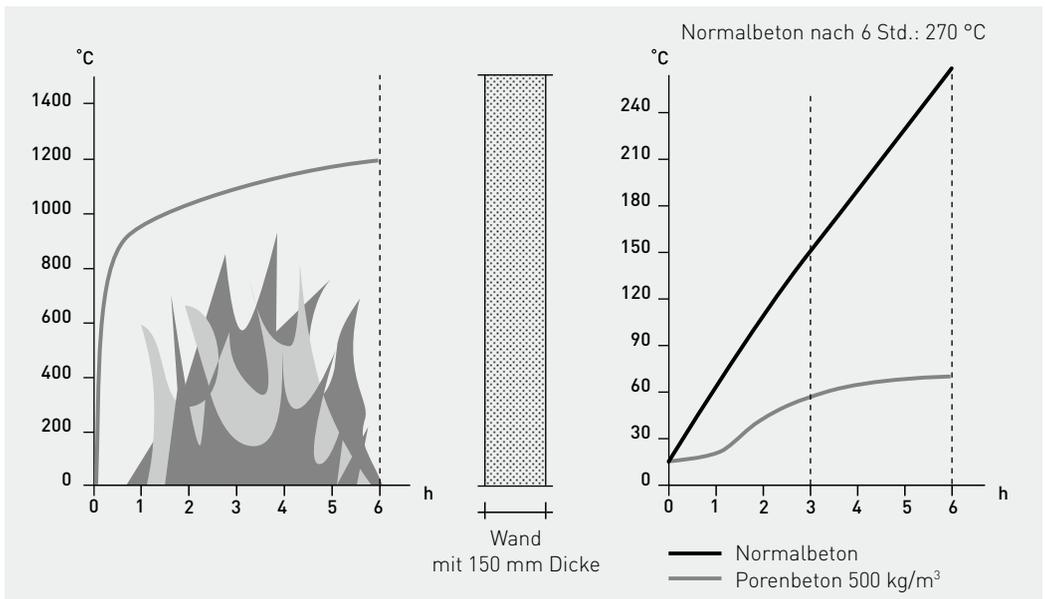
Viele Baustoffe verändern bei hohen Temperaturen ihre Struktur und werden weich oder

spröde. Blech kann knicken oder schmelzen und verliert seine statische Funktion. Beton verformt und wölbt sich durch Hitzeinwirkung. Abplatzungen, 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 im Brandschutz

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.

5

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/zusätzliche 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 und F 180. Hebel Porenbeton erfüllt sogar Feuerwiderstandsdauern von mehr als 360 Minuten.

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, i.d.R. bei Brandwänden)

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 360 Minuten (F 360 bzw. EI 360) bescheinigen.

Mindestwanddicke von Wänden aus Hebel Wandplatten nach DIN EN 12602

Feuerwiderstandsklasse	Mindestwanddicke [mm]
EI 30	50
EI 60	50
EI 90	75
EI 120	75
EI 180	100
EI 240	150

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 Brandwände ihre Funktion erfüllen und schotten den Brand nach oben ab. Zum anderen schützen

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	–

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.

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 bzw. AAC 4,5 beträgt 150 mm für die Feuerwiderstandsklasse F 30-A und F 90-A. Für Brandwände beträgt sie 175 mm (siehe Kapitel 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 (siehe Kapitel 2.3).

5.5.3 Einstufung der Hebel Bauteile nach DIN 4102-4

Hebel Dach- und Deckenplatten sind, abhängig von der Plattendicke und dem Mindestachsabstand der Bewehrung, in DIN 4102-4 in Feuerwiderstandsklassen eingeteilt.

Für Wände aus Porenbeton-Bauteilen erfolgt neben der Unterscheidung im Sinne der DIN EN 1996 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

Beanspruchung 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.

5

Wände aus liegend oder stehend angeordneten Hebel Wandplatten Minstdicken und Ausführungen nach Prüfzeugnissen

Wände aus nicht tragenden Wandplatten mit Feuerwiderstandsdauer F 90 – F 360* bzw. EI 90 bis EI 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*	Minstdicke h [mm]	Mindestachsabstand u** [mm]
--	-------------------	-----------------------------

Stoßbelastung nach 90 Minuten		
Druckfestigkeitsklasse 4,4; Rohdichteklasse $\geq 0,55$; Nut und Federaus- bildung sowie Bewehrung gegenüber DIN 4102-4, 4.8.1 bzw. 4.8.9 verringert	175	30

Stoßbelastung nach 120 Minuten		
Druckfestigkeitsklasse 4,4; Rohdichteklasse $\geq 0,55$; Nut und Federaus- bildung sowie Bewehrung gegenüber DIN 4102-4, 4.8.1 bzw. 4.8.9 verringert	200	30

Komplextrennwände aus nicht tragenden Wandplatten mit erhöhter Feuerwiderstandsdauer F 180 – F 360*	Minstdicke h [mm]	Mindestachsabstand u** [mm]
Druckfestigkeitsklasse 4,4; Rohdichteklasse $\geq 0,55$; Nut und Federaus- bildung	250	30

* anschließende Bauteile müssen die gleiche Feuerwiderstandsklasse besitzen

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

**Feuerwiderstandsklassen von Hebel Dach- und Deckenplatten
Minstdicken und Ausführungen, ohne Putz**

Unverputzt	Mindestplattendicke h [mm] Mindestachsabstand u [mm]		
	für Feuerwiderstandsklasse		
	F 90-A	F 120-A	F 180-A
Fugenausbildung nach DIN 4102-4, Tabelle 6.2 a) bis c), Mindestachsabstand der Bewehrung nach DIN 4102-4, Tabelle 6.2	75 30	100 40	125 55
Fugenausbildung nach DIN 4102-4, Tabelle 6.2 d) und e), Mindestachsabstand der Bewehrung nach DIN 4102-4, Tabelle 6.2	100 30	125 40	150 55

Achtung: Standard-Produktsortiment beachten (siehe Kapitel 2.3 und 2.4).

5.6 Schallschutz

Ein guter Schallschutz ist für das Wohlbefinden der Gebäudenutzer ebenso wichtig wie ein energetisch ökonomisches und komfortabel temperiertes Innenklima sowie eine sichere Konstruktion. Daher gilt es, den Schutz vor unzumutbarer Geräuschübertragung aus fremden Gebäudebereichen – und natürlich auch von außen – sorgfältig zu planen; schließlich handelt es sich beim Schallschutz auch um einen wichtigen Gesundheitsaspekt.

5.6.1 Allgemeines zur DIN 4109

Grundsätzlich befindet sich die Schallschutzmessung im Umbruch: Im Juli 2016 ist die neue DIN 4109 – Schallschutz im Hochbau veröffentlicht worden. Sie löst nach ca. 27 Jahren die bis dahin gültige Norm aus dem Jahr 1989 ab. Durch die Implementierung neuer Rechenverfahren auf Basis europäischer Normung lässt sich der Schallschutz nun sicherer prognostizieren als bisher.

Die neue DIN 4109 gliedert sich in folgende Teile:

- DIN 4109 – Teil 1: Anforderungen
- DIN 4109 – Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen
- DIN 4109 – Teil 3: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog)
- DIN 4109 – Teil 4: Bauakustische Prüfungen

Änderungen in der neuen Ausgabe der DIN 4109

In der neuen Ausgabe der DIN 4109 lösen detaillierte Rechnungen die bislang übliche Vorgehensweise nach DIN 4109, Beiblatt 1 ab.

Folgende Parameter sind nun von Bedeutung:

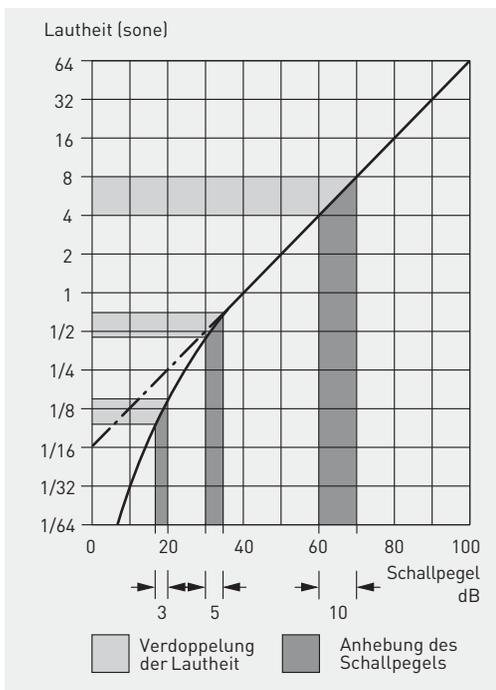
- Die Trennfläche zwischen lautem und gestörtem Raum
- Die Kantenlängen zwischen dem trennenden und dessen flankierenden Bauteil
- Das bewertete Schalldämm-Maß des trennenden Bauteils ohne flankierende Bauteile
- Die bewerteten Schalldämm-Maße der flankierenden Bauteile
- Die Stoßstellendämm-Maße der Raumkanten zwischen trennenden und flankierenden Bauteilen

Nachteil des neuen Verfahrens ist sicherlich der hohe Rechenaufwand, da selbst das „vereinfachte Verfahren“ nach DIN EN 12354 zahlreiche Angaben erfordert. Dennoch bildet dieses neue Verfahren die Realität besser ab und macht Schwächen in der Konstruktion sichtbar. So können bereits in der Planungsphase gezielte Maßnahmen getroffen werden, um Schallübertragungen über einzelne Schallnebenwege zu reduzieren bzw. das trennende Bauteil gegebenenfalls zu ertüchtigen. Mit dem detaillierten Verfahren nach DIN EN12354 sind sogar frequenzabhängige Berechnungen möglich, wobei selbstverständlich für alle oben genannten Parameter frequenzabhängige Angaben erforderlich sind. Jedoch sind Berechnungen von bewerteten Luftschalldämm-Maßen aus Tabellenwerten, wie bisher gemäß DIN 4109, Beiblatt 1, nicht mehr möglich.

Aufgrund der neuen umfangreichen Bemessungsverfahren wird die Nutzung von geeigneter Software empfohlen.

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.



Zusammenhang zwischen Schallpegel und empfundener Lautheit.

* Mit freundlicher Genehmigung aus dem Mitteilungsblatt der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. Kiel (Heft 3/88)

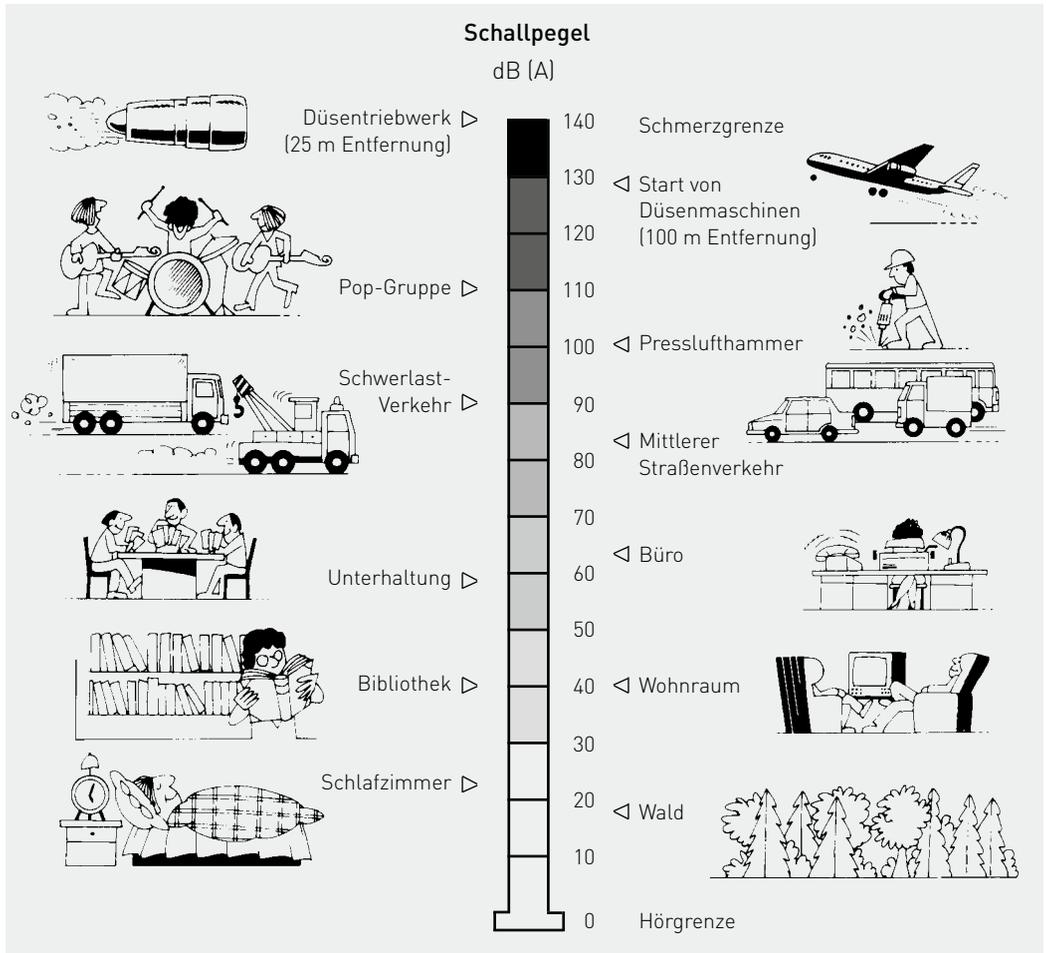
Die Abbildung zeigt, dass im Pegelbereich oberhalb von 40 dB jede Pegelsteigerung um 10 dB zu einer Verdopplung der Lautheit führt. Bei niedrigen Schallpegeln ist das Gehör empfindlicher. Hier reichen bereits Pegelsteigerungen zwischen 5 dB und 3 dB aus, um eine Verdopplung der Lautheit hervorzurufen.

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 reduziert oder eingedämmt.

In diesem Zusammenhang spielt der Grundgeräuschpegel eine erhebliche Rolle: wer in einer sehr ruhigen Gegend wohnt, wird einen fröhlichen Besuch in der Nebenwohnung als störend empfinden. Liegt der Grundgeräuschpegel jedoch höher, z. B. in einer Großstadt mit erheblichem Lärm von draußen oder lärmenden Kindern in der eigenen Wohnung, werden diese Geräusche aus dem Nachbarbereich nicht mehr oder kaum noch wahrgenommen.

Weitere Informationen hierzu sind der Abbildung auf der folgenden Seite zu entnehmen.



Abhängigkeit des Schallpegels von der Schallquelle.

5.6.2 Berechnung der Luftschalldämmung von trennenden einschaligen Bauteilen in Gebäuden

Die Berechnung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes basiert auf dem vereinfachten Berechnungsverfahren der DIN EN 12354-1. Neben dem Direktschalldämm-Maß des trennenden Bauteils, welches anhand der flächenbezogenen Masse bestimmt wird, werden auch alle flankierenden Bauteile sowie Stoßstellendämm-Maße betrachtet.

Der Nachweis der Erfüllung der Anforderungen an die Luftschalldämmung von trennenden Bauteilen erfolgt nach folgender Formel:

$$R'_w - 2 \text{ dB} \geq \text{erf. } R'_w$$

mit:

R'_w = vorhandenes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß in dB

erf. R'_w = Anforderung an das bewertete Bau-Schalldämm-Maß nach DIN 4109 Teil 1 in dB

Für das vereinfachte Modell wird das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w zwischen zwei Räumen ermittelt aus:

$$R'_w = -10 \lg \left[10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{F=1}^n 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=1}^n 10^{-R_{Fd,w}/10} \right] \text{ [dB]}$$

mit:

$R_{Dd,w}$ = das bewertete Schalldämm-Maß für den direkten Schallübertragungsweg in dB

$R_{Ff,w}$ = das bewertete Flankenschalldämm-Maß für den Übertragungsweg F_f in dB

$R_{Df,w}$ = das bewertete Flankenschalldämm-Maß für den Übertragungsweg D_f in dB

$R_{Fd,w}$ = das bewertete Flankenschalldämm-Maß für den Übertragungsweg F_d in dB

n = Anzahl der flankierenden Bauteile in einem Raum

Das bewertete Schalldämm-Maß für die direkte Schallübertragung wird nach folgender Gleichung aus dem Eingangswert für das trennende Bauteil ermittelt:

$$R_{Dd,w} = R_{s,w} + \Delta R_{Dd,w} \text{ [dB]}$$

mit:

$R_{s,w}$ = das bewertete Schalldämm-Maß des trennenden massiven Bauteils in dB

$\Delta R_{Dd,w}$ = die gesamte bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes durch zusätzlich angebrachte Vorsatzkonstruktion auf der Sende- und/oder Empfangsseite des trennenden Bauteils in dB

Für Porenbeton wird das bewertete Schalldämm-Maß R_w nach folgenden Beziehungen berechnet:

a) Im Bereich $50 \text{ kg/m}^2 \leq m' < 150 \text{ kg/m}^2$ gilt

$$R_w = 32,6 \log (m'_{\text{ges}}/m'_0) - 22,5 \text{ [dB]}$$

mit der Bezugsgröße $m'_0 = 1 \text{ kg/m}^2$

b) Im Bereich $150 \text{ kg/m}^2 \leq m' < 300 \text{ kg/m}^2$ gilt

$$R_w = 26,1 \log (m'_{\text{ges}}/m'_0) - 8,4 \text{ [dB]}$$

mit der Bezugsgröße $m'_0 = 1 \text{ kg/m}^2$

Eine Berücksichtigung der bewerteten Verbesserung des Schalldämm-Maßes durch eine zusätzlich angebrachte Vorsatzkonstruktion wird im Rahmen dieser Ausarbeitung nicht betrachtet. Weitere Informationen hierzu finden Sie in DIN 4109, Teil 2.

Die bewerteten Flankenschalldämm-Maße werden nach folgenden Gleichungen ermittelt:

$$R_{Ff,w} = (R_{F,w} + R_{f,w})/2 + \Delta R_{Ff,w} + K_{Ff} + 10 \lg (S_s / (l_0 \cdot l_f)) \quad [\text{dB}]$$

$$R_{Fd,w} = (R_{F,w} + R_{s,w})/2 + \Delta R_{Fd,w} + K_{Fd} + 10 \lg (S_s / (l_0 \cdot l_f)) \quad [\text{dB}]$$

$$R_{Df,w} = (R_{s,w} + R_{f,w})/2 + \Delta R_{Df,w} + K_{Df} + 10 \lg (S_s / (l_0 \cdot l_f)) \quad [\text{dB}]$$

mit:

$R_{F,w}$ = das bewertete Schalldämm-Maß des flankierenden Bauteils F im Senderraum in dB

$R_{f,w}$ = das bewertete Schalldämm-Maß des flankierenden Bauteils f im Empfangsraum in dB

$\Delta R_{Ff,w}$ = das gesamte bewertete Luftschallverbesserungsmaß durch eine zusätzliche Vorsatzschale auf der Sende- und/oder Empfangsseite des flankierenden Bauteils in dB

$\Delta R_{Fd,w}$ = das gesamte bewertete Luftschallverbesserungsmaß durch eine zusätzliche Vorsatzschale am flankierenden Bauteil auf der Sendeseite und/oder des trennenden Bauteils auf der Empfangsseite in dB

$\Delta R_{Df,w}$ = das gesamte bewertete Luftschallverbesserungsmaß durch eine zusätzliche Vorsatzschale am trennenden Bauteil auf der Sendeseite und/oder am flankierenden Bauteil auf der Empfangsseite in dB

K_{Ff} = das Stoßstellendämm-Maß für den Übertragungsweg Ff in dB

K_{Fd} = das Stoßstellendämm-Maß für den Übertragungsweg Fd in dB

K_{Df} = das Stoßstellendämm-Maß für den Übertragungsweg Df in dB

S_s = die Fläche des trennenden Bauteils in m^2

l_f = die gemeinsame Kopplungslänge der Verbindungsstelle zwischen dem trennenden Bauteil und den flankierenden Bauteilen F und f in m

l_0 = die Bezugs-Kopplungslänge
 $l_0 = 1 \text{ m}$

Bestimmung der flächenbezogenen Masse einschaliger massiver Bauteile

Die flächenbezogene Masse m' plattenförmiger homogener Bauteile errechnet sich anhand der Dicke des Bauteils in m und seiner Rohdichte:

mit:

$$m' = d \cdot \rho$$

m' = die flächenbezogene Masse in kg/m^2

d = die Dicke des Bauteils in m

ρ = die Rohdichte des verwendeten Materials in kg/m^3

Die Rohdichte von Porenbetonbauteilen mit Dünnbettmörtel berechnet sich abhängig von der Rohdichteklasse (RDK) gemäß folgender Formel:

$$\rho_w = 1000 \cdot \text{RDK} - 25$$

(Klassenbreite der RDK 50 kg/m^3 und $\text{RDK} \leq 1,0$)

Sollen die Bauteile verputzt werden, wird der Einfluss aufgebracht Putzschichten (einseitig oder beidseitig aufgebracht) durch eine Erhöhung der flächenbezogenen Masse berücksichtigt.

Die flächenbezogene Masse einer Putzschicht wird nach folgender Formel ermittelt:

$$m'_{\text{Putz}} = d_{\text{Putz}} \cdot \rho_{\text{Putz}}$$

Die Berechnung der flächenbezogenen Masse des verputzten Bauteils m'_{ges} berechnet sich mit:

$$m'_{\text{ges}} = m'_{\text{Wand}} + m'_{\text{Putz,ges}}$$

mit:
 m'_{Putz} = die flächenbezogene Masse einer Putzschicht in kg/m²

d_{Putz} = die flächenbezogene Masse des unverputzten Bauteils in kg/m²

mit:
 m'_{ges} = die flächenbezogene Masse des verputzten Bauteils in kg/m²

ρ_{Putz} = der Rechenwert der Rohdichte der vorhandenen Putzschichten in kg/m³

m'_{Wand} = die flächenbezogene Masse des unverputzten Bauteils in kg/m²

Für die nachfolgend aufgeführten Putze sind die folgenden Rohdichten zu verwenden:

$m'_{\text{Putz,ges}}$ = die gesamte flächenbezogene Masse der vorhandenen Putzschichten in kg/m²

- Gips- und Dünnlagenputze $\rho_{\text{Putz}} = 1.000 \text{ kg/m}^3$
- Kalk- und Kalkzementputze $\rho_{\text{Putz}} = 1.600 \text{ kg/m}^3$
- Leichtputze $\rho_{\text{Putz}} = 900 \text{ kg/m}^3$
- Wärmedämmputze $\rho_{\text{Putz}} = 250 \text{ kg/m}^3$

Beispiel zur Berechnung des bewerteten Direktschalldämm-Maßes einer einschaligen Wand aus Hebel Wandplatten

Art der Bauteile	Rohdichteklasse	Rechenwert der Wandrohddichte nach DIN 4109 [kg/m ³]	flächenbezogene Maße [kg/m ²]					
			Direktschalldämm-Maß R_w [dB] ¹⁾					
			bei Bauteildicke [mm]					
			150	175	200	250	300	365
Hebel Wandplatten	0,40	375	-	-	-	-	112,5	136,9
			-	-	-	-	44,4	47,1
	0,50	475	71,3	83,1	95,0	118,8	142,5	173,4
			37,9	40,1	42,0	45,1	47,7	50,0
	0,55	525	78,8	91,9	105,0	131,3	157,5	191,6
			39,3	41,5	43,4	46,6	48,9	51,2

¹⁾ die Berechnung erfolgt ohne Berücksichtigung flankierender Bauteile und des Korrekturfaktors für trennende Bauteile ($u_{\text{prog}} = 2 \text{ dB}$)

5.6.3 Schallschutz 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 Außenteile, die in DIN 4109 geregelt sind, erfolgen unter Berücksichtigung folgender Einflussgrößen:

- Verhältnis Außenwandfläche zu Raumfläche
- Flächenverhältnis der unterschiedlichen Außenbauteile (z. B. Fensterflächenanteil)
- Bauungsart
- Raumart und Nutzung

Je nach Art des Lärms wird u.a. unterschieden zwischen:

- Straßenverkehrslärm
- Schienenverkehrslärm
- Fluglärm
- Wasserverkehrslärm
- Gewerbe- und Industrielärm

Die Anforderungen an das erforderliche resultierende Schalldämm-Maß von Außenbauteilen werden unterschieden nach der Raumnutzung (siehe Tabelle S. 162):

- 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

Die Anforderungen an das resultierende Schalldämm-Maß von Außenbauteilen werden anhand des maßgeblichen Außenlärmpegels bzw. des Lärmpegelbereiches und der Ausrichtung des Bauwerks zur Lärmquelle festgelegt.

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

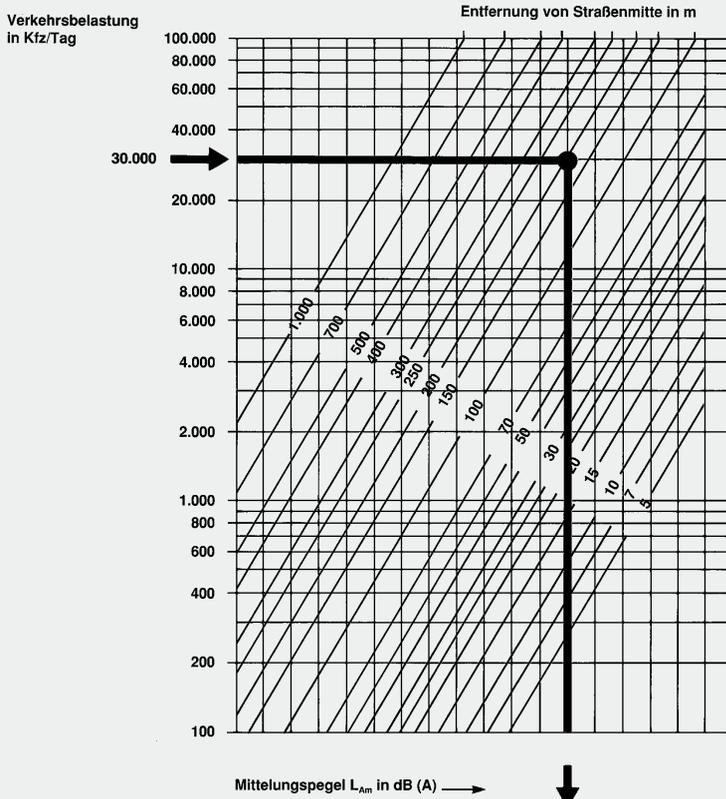
(siehe Abbildung S. 161)

Schienenverkehrslärm:

- 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



A	Autobahnen und Autobahnzubringer (25% Lkw-Anteil)			50		55		60		66		70		75
B	Bundes-, Landes-, Kreis-, Gemeindeverbindungsstraßen außerhalb des Ortsbereiches; Straßen in Industrie- und Gewerbegebieten (20 % Lkw-Anteil)			50		55		60		65		70		75
C	Gemeinde-(Stadt-)straßen; Hauptverkehrsstraßen (2 bis 6streifig, 10 % Lkw-Anteil)		45		50		55		60		65		70	
D	Gemeinde-(Stadt-)straßen; Wohn- und Wohnsammelstraßen (5 % Lkw-Anteil)	40		45		50		55		60		65		70

Nomogramm zur Ermittlung des Maßgeblichen Außenlärmpegels vor Hausfassaden für typische Straßenverkehrssituationen.

Wasserverkehrslärm:

- Berechnung nach DIN 18005-1 mit messtechnischer Lärmerfassung

Gewerbe- und Industrielärm:

- Bundesimmissionsschutzgesetz
- TA Lärm mit Immissions-Richtwerten
- ggf. messtechnische Lärmerfassung

5.6.4 Außenbauteile

Zur Bestimmung des Maßgeblichen Außenlärmpegels werden Berechnungen und messtechnische Methoden vornehmlich nach DIN 18005 eingesetzt, die abhängig sind von der Art der Lärmquelle, z. B. aus Straßen-, Schienenverkehr oder Gewerbe.

Ist der Maßgebliche Außenlärmpegel festgestellt, wird mit Tabelle 7, der DIN 4109, Teil 1 das erforderliche resultierende Schalldämmmaß $R'_{w,ges}$ gesamten Außenbauteils ermittelt.

Erforderliches resultierendes Schalldämm-Maß von Außenbauteilen

Lärmpegelbereich	Maßgeblicher Außenlärmpegel	Raumarten		
		Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien	Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsräume und Ähnliches	Büroräume ¹⁾ und Ähnliches
erf. $R'_{w,ges}$ 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, Teil 1, Tabelle 7.

- ¹⁾ 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.
- ²⁾ Die Anforderungen sind hier aufgrund der örtlichen Gegebenheiten festzulegen.

Nachweise: Außenwände einschalig

Das bewertete Schalldämmmaß R_w für den Schallschutznachweis einschaliger Außenwände wird entsprechend ihrer flächenbezogenen Masse gemäß DIN 4109, Teil 2 berechnet. Alternativ zur rechnerischen Ermittlung können die Ergebnisse aus Prüfstandmessungen oder Messungen am Bau übernommen werden.

Hinweis

Außenseitig direkt aufgebrachte Zusatzdämmungen, z. B. Wärmedämm-Verbundsysteme, 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.

Der rechnerische Nachweis der Luftschalldämmung von Außenbauteilen errechnet sich nach folgender Formel:

$$R'_{w,ges} - 2 \text{ dB} \geq \text{erf. } R'_{w,ges} + K_{AL} \text{ [dB]}$$

mit:

$R'_{w,ges}$ = das gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß der Fassade in dB

erf. $R'_{w,ges}$ = das nach DIN 4109 Teil 1 geforderte gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß in dB

K_{AL} = der ermittelte Korrekturwert für das erforderliche Schalldämm-Maß für den Außenlärm in dB

$$K_{AL} = 10 \lg \left(\frac{S_s}{0,8 \cdot S_G} \right) \text{ [dB]}$$

mit:

S_s = die vom Raum aus gesehene gesamte Fassadenfläche in m^2

Für die Räume mit mehreren an der Schallübertragung beteiligten Außenflächen (z. B. Eckräume mit zwei Außenwänden, Dachwohnungen mit Außenwand und Dachfläche) gilt die vom Raum aus gesehene gesamte Außenfläche als S_s , d. h. die Summe der gesamten abgewinkelten Flächen, die den Raum nach außen begrenzen.

S_G = die Grundfläche des Raumes in m^2

Berechnung des gesamten bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes einer Fassade

Das gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ einer Fassade berechnet sich aus den Schalldämm-Maßen $R_{e,i,w}$ der einzelnen Bauteile und Elemente des Außenbauteils (z. B. Wand, Fenster etc.) unter Berücksichtigung der flankierenden Bauteile. Der Einfluss der Flankenübertragung ist jedoch in vielen Fällen unbedeutend und kann vernachlässigt werden.

Gemäß DIN 4109 Teil 2 darf das resultierende bewertete Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ unter Vernachlässigung der flankierenden Übertragung verwendet werden, wenn $R'_{w,ges} \leq 40 \text{ dB}$ ist.

$R'_{w,ges}$ errechnet sich in diesem Fall wie folgt:

$$R'_{w,ges} = -10 \lg \left[\sum_{i=1}^m 10^{-R_{e,i,w}/10} \right] \text{ [dB]}$$

mit:

$R_{e,i,w}$ = das bewertete und auf die übertragene Gesamtfläche S_s bezogene Schalldämm-Maß des Bauteiles i in dB

$$R_{e,i,w} = R_{i,w} + 10 \lg \left(\frac{S_s}{S_i} \right) \text{ [dB]}$$

mit:

$R_{i,w}$ = das bewertete Schalldämm-Maß des Bauteiles i in dB

S_i = die Fläche des Bauteils i in m^2

S_s = die vom Raum aus gesehene Fassadenfläche (d. h. die Summe der Teilflächen aller Bauteile und Elemente in m^2)

Beispiel Büro:

Breite der Außenwand: 6,0 m
Lichte Raumhöhe: 3,0 m
Tiefe des Raumes: 5,0 m

Gegeben:

- Außenwand: Hebel Wandelement 0,55;
d = 200 mm
- Fenster in Außenwand (B x H): 1,0 x 1,5 m;
 $R_{w,\text{Fenster}} = 30 \text{ dB}$

Gefordert:

- erf. $R'_{w,\text{ges}} = 35 \text{ dB}$ (LPB IV)

Ermittlung des gesamten bewerteten
Bau-Schalldämm-Maßes:

- bewertetes auf die übertragende Gesamt-
fläche bezogenes Schalldämm-Maß der
Außenwand: $R_{e,w,\text{Wand}} = 43,8 \text{ dB}$
- bewertetes auf die übertragende Gesamt-
fläche bezogenes Schalldämm-Maß des
Fensters: $R_{e,w,\text{Fenster}} = 40,8 \text{ dB}$
- gesamtes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß
des Außenbauteils: $R'_{w,\text{ges}} = 39,0 \text{ dB}$

Nachweis des gesamten bewerteten
Bau-Schalldämm-Maßes:

$$R'_{w,\text{ges}} - 2 \text{ dB} \geq \text{erf. } R'_{w,\text{ges}} + K_{\text{AL}} [\text{dB}]$$

mit:

Sicherheitsbeiwert Luftschall $u_{\text{prog}} = 2 \text{ dB}$

Korrekturfaktor Außenlärm: $K_{\text{AL}} = -1,2 \text{ dB}$

$$39 - 2 = \mathbf{37 \text{ dB}} \geq 35 - 1,2 = \mathbf{33,8 \text{ dB}}$$

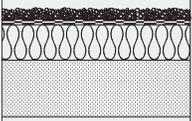
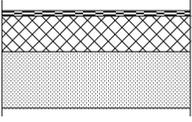
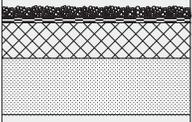
→ Nachweis erfüllt

5.6.5 Dächer

Das Hebel Dach bietet durch die Masse des Porenbetons als Innenschale und auch durch die geschlossene fugenfreie Konstruktion

gute bewertete Schalldämm-Maße gegen den Außenlärm.

Vergleich von nach DIN 4109:1989 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
	Produkt Dicke [mm]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
	Dachabdichtung ~10 Hebel Dachplatten P 4,4-0,55 200	43 ¹⁾	41	39	40
	Kiesschüttung ~50 Dachabdichtung ~10 Mineralwolle 140 Hebel Dachplatten P 4,4-0,55 200	-	-	47 ²⁾	-
	Dachabdichtung ~10 MULTIPOR Mineraldämmplatten 140 Hebel Dachplatten P 4,4-0,55 200	45 ¹⁾	43	40	42
	Kiesschüttung ~50 Dachabdichtung ~10 MULTIPOR Mineraldämmplatten 140 Hebel Dachplatten P 4,4-0,55 200	45 ¹⁾ + 6 ³⁾ = 51	49	44	42 + 6 ³⁾ = 48

¹⁾ Prüfwert aus Labormessung 2006 am ita Wiesbaden

²⁾ linear extrapoliert aus Beiblatt 1 zu DIN 4109, Tabelle 12

³⁾ $\Delta R = 6$ dB aus der in Prüfungen aufgetretenen Differenz zwischen Porenbetonplatten mit und ohne Kiesschicht

5.6.6 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 α 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. Porenbetonoberflächen führen zu einer Dämpfung des Innenlärms und tragen somit zu einer spürbaren Verringerung des Schallpegels im Gebäude bei.

Schallabsorptionsgrade verschiedener Materialien

Material	Schallabsorptionsgrad α					
	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

5.6.7 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.

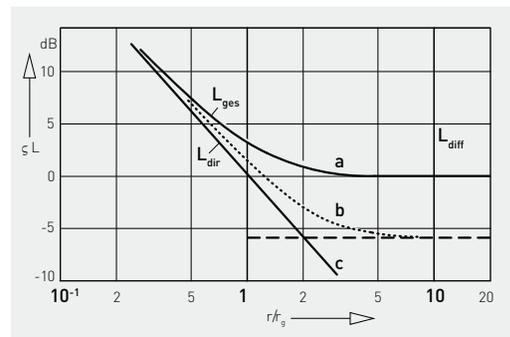
Der Bereich des Direktschallfeldes L_{dir} in der Nähe der Schallquelle ist dagegen nur unabhängig von der abgestrahlten Schalleistung.

Der Abstand einer Geräuschquelle, in dem der Direktschallpegel bis auf den Wert des Schallpegels im Diffusfeld abgesunken ist, wird als Grenzradius (Hallradius) bezeichnet. Die Formel dafür ist:

$$r_g = 0,057 \sqrt{\frac{V}{T}}$$

V ist das Raumvolumen in m^3 und T die Nachhallzeit in Sekunden. 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



- ursprünglicher Zustand
 - Zustand nach Vergrößerung des Schallabsorptionsvermögens
 - 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:

$$L_{\text{diff}} \approx L_w - 10 \lg A + 6 \quad [\text{dB}]$$

Darin ist A die äquivalente Schallabsorptionsfläche des Raumes in 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 α 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:

$$A = 0,163 \frac{V}{T} \quad (T \text{ in } \mu\text{Sek. und } V \text{ in } \text{m}^3)$$

Die äquivalente Absorptionsfläche kann auch rechnerisch unter Berücksichtigung der Luftabsorption abgeschätzt werden mit:

$$A = \sum_i \alpha_i \cdot S_i + 4 \text{ mV}$$

Dabei ist α_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:

$$\Delta L = 10 \log \left(1 + \frac{\Delta A}{A_1} \right) \quad [\text{dB}] \quad \text{mit } \Delta A = A_2 - A_1$$

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]
- ΔL_s Abstandsmaß (durch den Abstand bedingte Pegelabnahme) [dB]
- ΔL_z Abschirmmaß für das betrachtete Bauteil (siehe Tabelle) [dB]
- ΔL_r Zuschlag für Reflexionen am Boden [dB(A)]

Ermittlung des Abstandsmaßes ΔL_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 ΔL_z

(nach VDI 2571, Abs. 3.4.2)

Gebäudefläche	ΔL_z [dB]
Stirnwand	0
Seitenwand	5
Dach	5
Rückwand	20

Zuschlag ΔL_z

(nach VDI 2571, Abs. 3.3.1)

Bei Außenwänden (Abstrahlung in den Viertelraum) sind die errechneten Schallpegel um 3 dB(A) zu erhöhen.

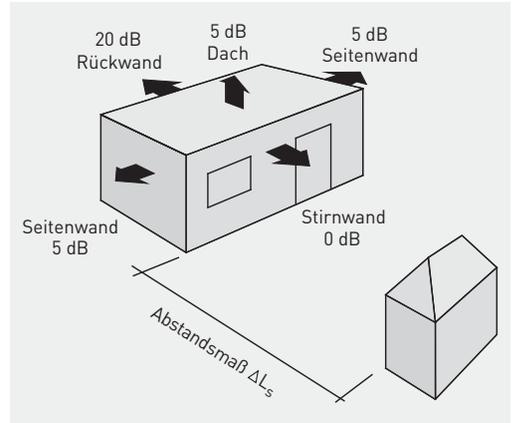
Berechnung des Gesamtschalldruckpegels L_{Σ}

Der Gesamtschalldruckpegel L_{Σ} 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) EG-Lärmrichtlinie 2003/10/EG
- (5) ArbStättV, Arbeitsstättenverordnung, zuletzt geändert durch Verordnung von August 2004
- (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:

Die Berechnung ist gemäß der VDI Richtlinie 2571 aufgestellt worden. Diese VDI Richtlinie wurde 2006 zurückgezogen. Die behandelten Beispiele geben unabhängig davon eine gute Übersicht, wie sich unterschiedliche Materialien auf den Gesamtschallpegel auswirken. Für Bauvorhaben, bei denen ein entsprechender Nachweis erforderlich ist, ist dieser immer objektbezogen auszuführen.

Es ist zu prüfen, ob die zu erwartende Geräuschimmission der nachfolgend beschriebenen Werkhalle unter den Immissionsrichtwerten nach TA Lärm bleibt. Näherungsweise wurde die Berechnung 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

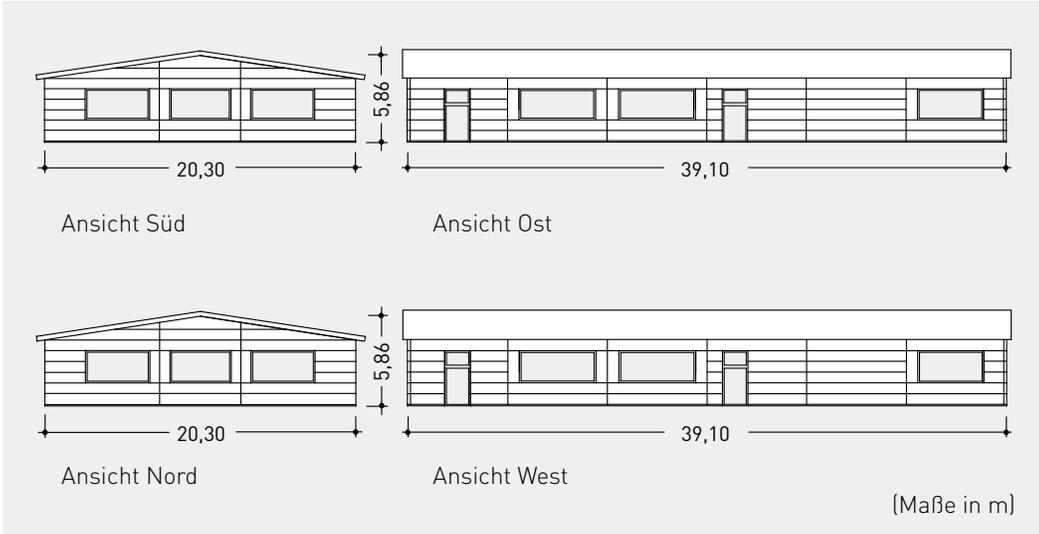
Die Fenster und Tore bestehen aus handelsüblichen Systemen.

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.

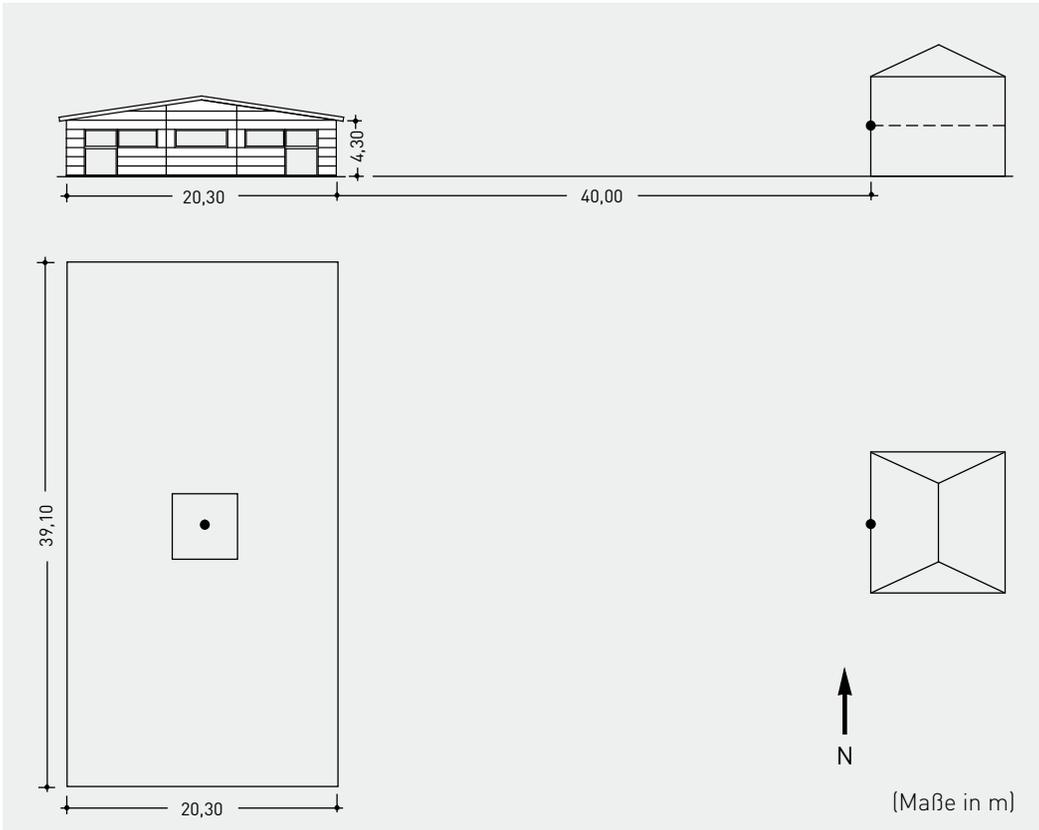
Folgende Außenbauteile werden für die Modellrechnungen verwendet:

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 $\rho = 0,8 \text{ kg/dm}^3$	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)

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												
1	L_1	dB(A)	Halleninnenpegel		95	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	20	37	32	20												
3	$dB(A)$	dB(A)	Korrekturmaß	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4												
4	ΔL_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	ΔL_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	ΔL_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 $L_s = L_1 - R'_w - 4 - \Delta L_s - \Delta L_z + \Delta L_r$	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_z	dB(A)	Gesamtschallpegel	Abschn. 3.5.1, Gl. 12	46,6 dB(A) bei geschlossenem Tor 62,7 dB(A) bei geöffnetem Tor																								
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 ²	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				
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	Wand	Tore	Fenster	Tore					
1	L_1	dB(A)	Halleninnenpegel		87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87					
2	R'_w	dB	bew. Schalldämm-Maß		37	37	20	0	37	32	37	32	37	20	32	20					
3	ΔL_3	dB(A)	Korrekturmaß	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4					
4	ΔL_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	27,8	22,5	28,8	32,8	23,4	30,5	29,4					
5	ΔL_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					
6	ΔL_2	dB(A)	Abschirmmaß	Abschn. 3.4, 3.4.1	5	0	0	0	5	5	20	20	20	5	5	5					
7	L_5	dB(A)	Schallpegel am Immissionsort durch Abstrahlung vom Bauteil	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b $L_5 = L_1 - R'_w - 4 - \Delta L_5 - \Delta L_2 + \Delta L_1$	28,1	30,0	29,2	34,7	54,7	20,9	6,5	5,2	13,2	20,6	18,5	31,6					
8	L_2	dB(A)	Gesamtschallpegel	Abschn. 3.5.1, Gl. 12	38,6 dB(A) bei geschlossenem Tor 54,7 dB(A) bei geöffnetem Tor																
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 ²	Fläche des Bauteiles	Pläne (Skizze) der Halle	803	127,7	33,0	7,4	7,4	26,0	126,1	30,0	12,0	71,1	14,0	18,0					

Berechnungsbeispiel 2

Berechnung des A-Schalldruckpegels nach VDI 2571: Wände aus Leichtlochziegeln ($Q = 0,8 \text{ kg/dm}^3$ verputzt), Dach aus Porenbeton ($Q = 0,55 \text{ kg/dm}^3$) [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												
1	L_i	dB(A)	Halleninnenpegel		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												
3	ΔL_s	dB(A)	Korrekturmaß	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4												
4	ΔL_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	ΔL_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	ΔL_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	16,6	21,5	34,6												
8	L_z	dB(A)	Gesamtschallpegel	Abschn. 3.5.1, Gl. 12														41,0 dB(A) bei geschlossenem Tor			57,7 dB(A) bei geöffnetem Tor								
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 ²	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				
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		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	41	32	41	32	41	32					
3	ΔL_3	dB(A)	Korrekturmaß	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4					
4	ΔL_3 (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					
5	ΔL_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					
6	ΔL_2	dB(A)	Abschirmmaß	Abschn. 3.4, 3.4.1	5	0	0	0	0	5	20	20	20	20	5	5					
7	L_5	dB(A)	Schallpegel am Immissionsort durch Abstrahlung vom Bauteil	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b $L_5 = L_1 - R'_w - 4 - \Delta L_3 - \Delta L_2 + \Delta L_1$	30,1	32,0	35,2	40,7	60,7	22,9	27,2	8,5	11,2	19,2	22,6	24,5					
8	L_x	dB(A)	Gesamtschallpegel	Abschn. 3.5.1, Gl. 12	43,9 dB(A) bei geschlossenem Tor 60,7 dB(A) bei geöffnetem Tor																
4 a	s_n	m	Abstand Bauteil-Aufpkt.	Lageplan	50	40	40	40	40	50	60	60	60	60	50	50					
4 b	S	m ²	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					

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				
					Dach	Wand	Fenster	Tor geschl.	Tor offen	Wand	Fenster	Tore	Wand	Fenster	Tore	Wand	Fenster	Tore			
1	L_1	dB(A)	Halleninnenpegel		95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95		
2	R'_w	dB	bew. Schalldämm-Maß		54	50	32	20	0	50	32	20	50	32	20	50	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	ΔL_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	ΔL_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		
6	ΔL_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		
7	L_s	dB(A)	Schallpegel am Immissionsort durch Abstrahlung vom Bauteil	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b $L_s = L_1 - R'_w - 4 - \Delta L_s - \Delta L_2 + \Delta L_1$	19,1	25,0	37,2	42,7	62,7	15,9	29,2	1,5	13,2	21,2	15,6	26,5	39,6				
8	L_2	dB(A)	Gesamtschallpegel	Abschn. 3.5.1, Gl. 12	45,4 dB(A) bei geschlossenem Tor 62,7 dB(A) bei geöffnetem Tor																
4 a	s_n	m	Abstand Bauteil-Aufpkt.	Lageplan	50	40	40	40	40	50	50	60	60	60	50	50	50	50	50		
4 b	S	m ²	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				

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. 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 Immissionsschallpegel in der Nachbarschaft. Es zeigt sich, dass das gute Schallabsorptionsvermögen von Hebel Porenbeton einen höheren Einfluß auf den Immissionsschallpegel hat als die alleinige Betrachtung der Schalldämmung.

L _i Halleninnenpegel Mittelwert nach VDI 2571 Anhang C	95 dB(A) (Schreinerei, Blechbearbeitung, Druckerei)					
	Berechnungsbeispiel	1A	1B	2	3	4
ΔL Schallpegelminderung durch Absorption ¹⁾	nicht berücksichtig	8 dB(A) (Wand und Dach)	5 dB(A) (nur Dach)	2 dB(A) (Wand und Dach)	vernachlässigbar	
L _i - ΔL tatsächlicher Halleninnenpegel (Mittelwert)	95 dB(A)	87 dB(A)	90 dB(A)	93 dB(A)	95 dB(A)	
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 _w ²⁾	37 dB		45 dB	41 dB	50 dB	
Dachkonstruktion ³⁾	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 _w ²⁾	38 dB		38 dB	41 dB	54 dB	
L _Σ Gesamtschallpegel in 50 m Entfernung	47 dB(A)	39 dB(A)	41 dB(A)	44 dB(A)	46 dB(A)	
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 ⁴⁾	50 dB(A)	45 dB(A)	45 dB(A)	45 dB(A)	50 dB(A)	

¹⁾ Gutachten Nr. 1267 vom 16.5.1983 von Dr. Gruschka VBI

²⁾ nach VDI 2571 (Aug. 1976) Bild 1 oder DIN 4109 Beiblatt 1

³⁾ Dachabdichtung mit Bitumenbahnen oder Folie nach den Flachdachrichtlinien

⁴⁾ TA Lärm



Planung, Ausführung, Betrieb

6.1 Planen im System

6.2 Zeit- und kostenoptimiertes Bauen

6.3 Wirtschaftliche Nutzung

6.4 Einfache Instandhaltung, Umbau und Umnutzung

6.1 Planen im System

Bauen heißt investieren. Die Investition beginnt mit einer strukturierten und effizienten Planung, die den Grundstein für ein wirtschaftlich errichtetes Bauprojekt legt.

6.1.1 Erstellung von Hallenbauten im Achsraster

Hebel bietet ein standardisiertes Bausystem für Hallenbauten an, bei denen ein festes Achsraster der jeweiligen Tragkonstruktion zugrunde liegt. Hierbei werden Hebel Wandplatten 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.

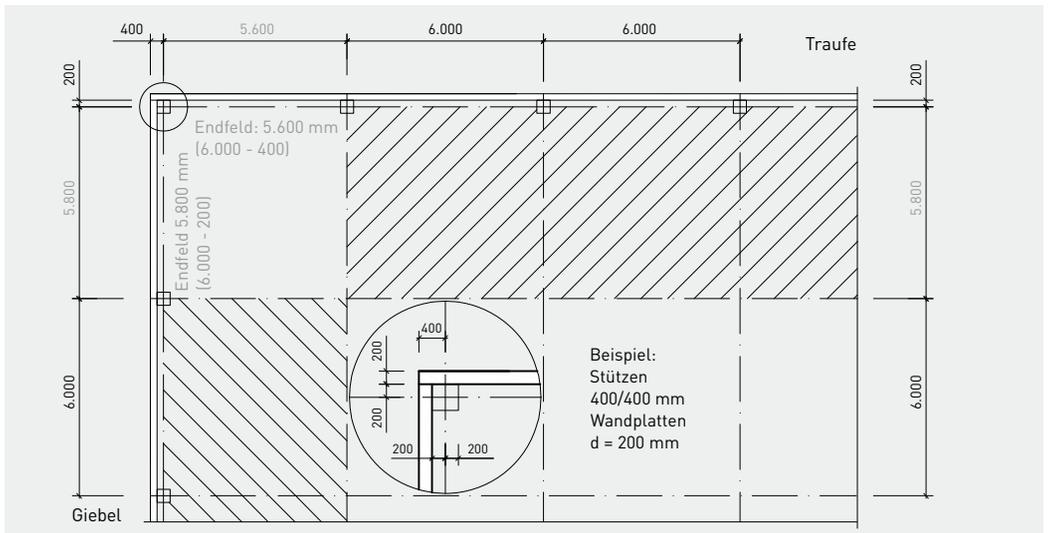
Das standardisierte Bausystem aus Hebel Wandplatten bringt drei große Vorteile:

Planungssicherheit

Die Wandfelder basieren konsequent auf dem Bausystem der Hebel Wandplatten. Die Ausbaugewerke 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 vorgedacht. Die Planungssicherheit ist besonders hoch, weil mit den Hebel Wandplatten optimierte,



Gleiche Plattenlängen durch veränderte Achsmaße bei Endfeldern.

standardisierte Konstruktionsbeispiele für die gesamte Rohbauhülle vorliegen.

Zeitvorteile

Mit Hebel Wandplatten können Fassaden schnell und effizient entworfen werden. Montagezeichnungen und Stücklisten werden einfach mit einer Planungssoftware, die gleichzeitig auch die Elementstatik ausarbeitet, erstellt. Die optimale Anordnung der Bauteile ermöglicht eine zügige Montage.

Kostenvorteile

Hebel Wandplatten in Standardabmessungen bieten Kostenvorteile, denn so sind sie liefer- und montageoptimiert.

Zusätzliche Leistungen wie Beschichtung oder Bekleidung können darüber hinaus vereinbart werden.

6.1.2 Tragkonstruktion Stahlbeton

Systeme

Möglich sind Rahmen aus eingespannten Stützen mit gelenkig gelagerten Dachbindern, ein- und mehrschiffig. Der Binderabstand beträgt 6,00 m. Wirtschaftliche Binderspannweiten sind hierbei von der Art der Dachkonstruktion abhängig.

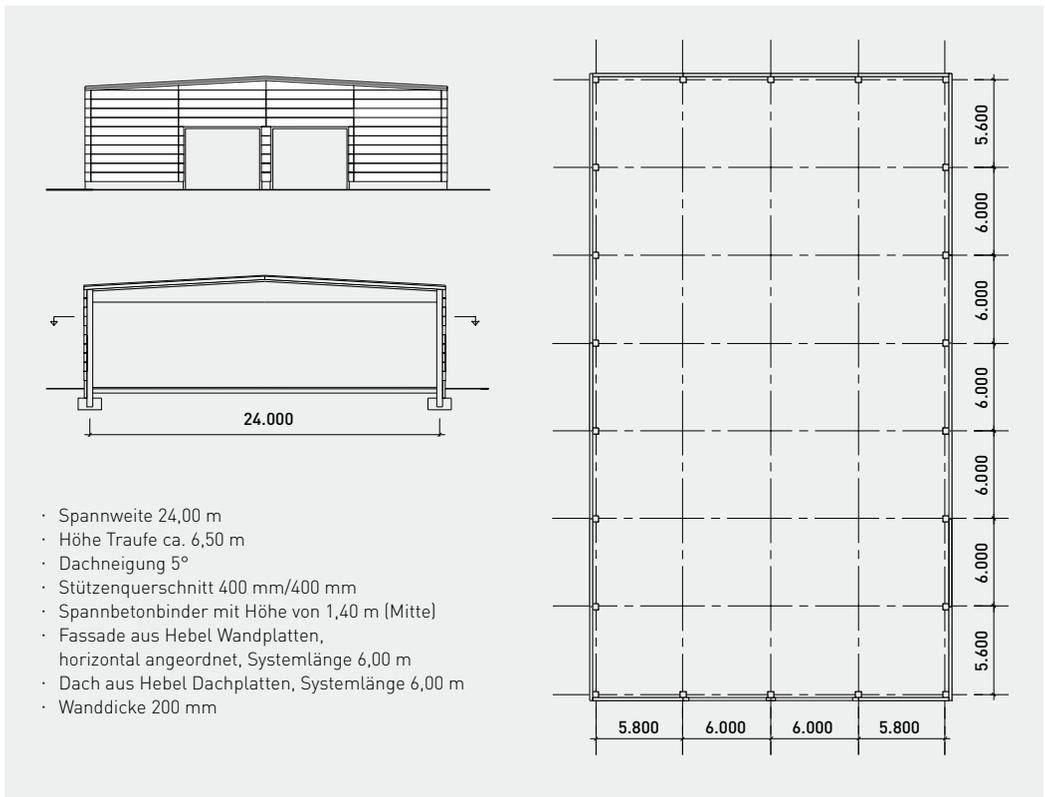
Aussteifung

In Längs- und Querrichtung werden Hallen aus Stahlbeton durch Stützen ausgesteift. Zusätzliche Aussteifungen sind dann nicht erforderlich.

Hüllkonstruktion

· Fassaden aus Hebel Wandplatten, horizontal angeordnet. Das optimale Planungsmaß beträgt 6,00 m, Systemlängen sind bis 8,00 m

6



Planungsbeispiel: Tragkonstruktion Stahlbeton.

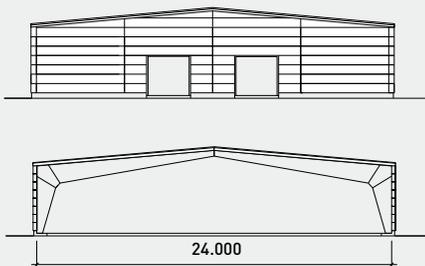
möglich. An den Giebelseiten sind für die Befestigung der Platten Windstützen erforderlich. Öffnungen können in jedem Rahmenfeld frei angeordnet werden.

- Fassaden aus Hebel Wandplatten, vertikal angeordnet. Das optimale Planungsmaß beträgt 6,00 m, Systemlängen sind bis 8,00 m möglich. Die Befestigung erfolgt an den Wandriegeln. Öffnungen können in jedem Rahmenfeld angeordnet werden.
- Dachausbildung mit Hebel Dachplatten. Eine maximale Stützweite von 7,50 m darf dabei nicht überschritten werden.

6.1.3 Tragkonstruktion Brettschichtholz

Systeme

- Zwei- und Dreigelenkrahmen
- Stützen mit gelenkig gelagerten Dachbindern
- mehrschiffige Hallen als Kombination aus den Rahmengrundsystemen (Binderabstand 6,00 m)



- Dreigelenkrahmen mit keilgezinkten Ecken
- Spannweite 24,00 m
- Höhe Traufe ca. 4,75 m
- Dachneigung 5°
- Dachaussteifung durch Hebel Dachplatten, Systemlänge 6,00 m
- Fassade aus Hebel Wandplatten, horizontal angeordnet, Systemlänge 6,00 m
- Wanddicke 200 mm

Aussteifung

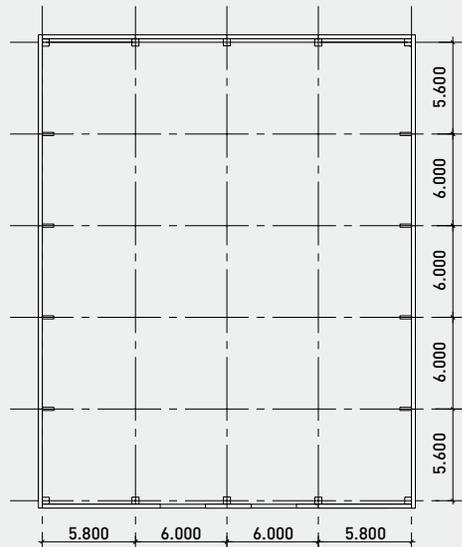
In Dachebene erfolgt die Aussteifung durch Verbände oder schubstarre Scheiben.

In den Längswänden sind im Abstand von etwa 25,00 m Verbände erforderlich.

Hüllkonstruktion

- Fassaden aus Hebel Wandplatten, horizontal angeordnet. Das optimale Planungsmaß beträgt 6,00 m, Systemlängen sind bis 8,00 m möglich. An den Giebelseiten sind für die Befestigung der Platten Windstützen erforderlich. Öffnungen können in jedem Rahmenfeld frei angeordnet werden.
- Fassaden aus Hebel Wandplatten, vertikal angeordnet. Das optimale Planungsmaß beträgt 6,00 m, Systemlängen sind bis 8,00 m möglich. Die Befestigung erfolgt an den Wandriegeln. Öffnungen können in jedem Rahmenfeld angeordnet werden.

In beiden Fällen ist im Bereich von Aussteifungsfeldern eine freie Anordnung von Öffnungen nicht möglich.



Planungsbeispiel: Tragkonstruktion Brettschichtholz.

6.1.4 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.

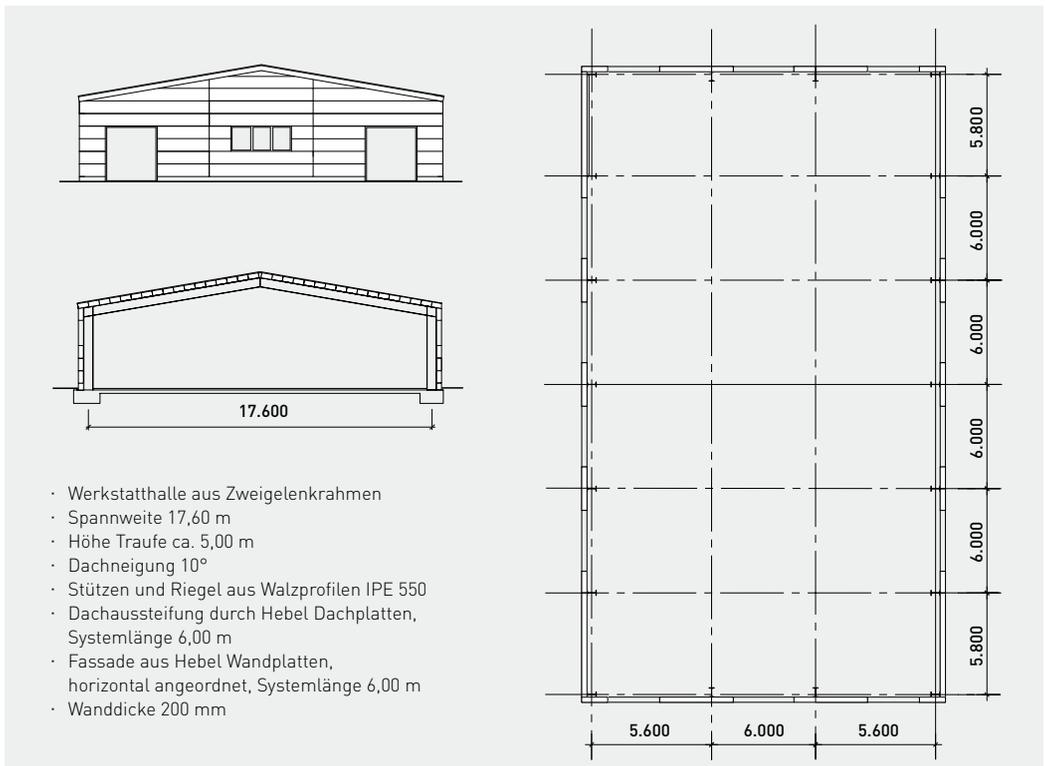
In den Längswänden sind im Abstand von etwa 25,00 m Verbände erforderlich.

In den Giebelwänden werden bei Gelenksystemen Aussteifungselemente benötigt.

Hüllkonstruktion

- Fassaden aus Hebel Wandplatten, horizontal angeordnet. Das optimale Planungsmaß beträgt 6,00 m, Systemlängen sind bis 8,00 m möglich. An den Giebelseiten sind für die Befestigung der Platten Windstützen erforderlich. Öffnungen können in jedem Rahmenfeld frei angeordnet werden.
- Fassaden aus Hebel Wandplatten, vertikal angeordnet. Das optimale Planungsmaß beträgt 6,00 m, Systemlängen sind bis 8,00 m möglich. Die Befestigung erfolgt an den Wandriegeln. Öffnungen können in jedem Rahmenfeld angeordnet werden.

In beiden Fällen ist im Bereich von Aussteifungsfeldern eine freie Anordnung von Öffnungen nicht möglich.



Planungsbeispiel: Tragkonstruktion Stahl.

6.1.5 Elementgerechte Planung mit Hebel Wandplatten

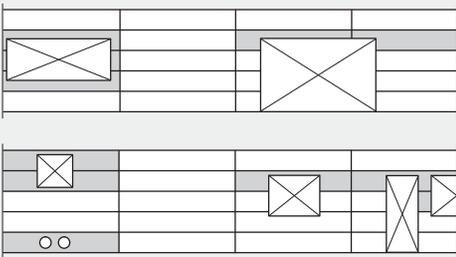
Hebel Wandplatten können liegend (horizontal) oder stehend (vertikal) montiert werden. Beide Verlegearten stellen unterschiedliche Anforderungen an die Tragkonstruktion.

Wie rastergerechte Planung erfolgen kann, zeigen die nachfolgenden Skizzen für „aufwändig“ und „vorteilhaft“ auszuführende Fassadenöffnungen sowie die daran anschließenden Zeichnungen und Beschreibungen für die Planung mit liegend und stehend angeordneten Wandplatten.

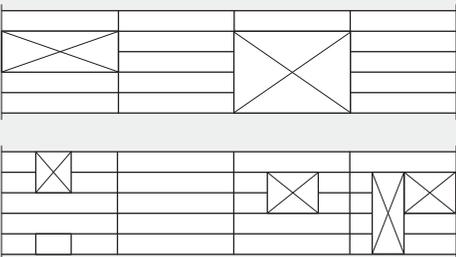
Diese wenigen Planungsgrundsätze verringern den Schnittaufwand bei der Erstellung von Fassaden aus Hebel Wandplatten und tragen so zur Kostenoptimierung und Wirtschaftlichkeit bei.

6

aufwändig durch Schnitte in den Platten

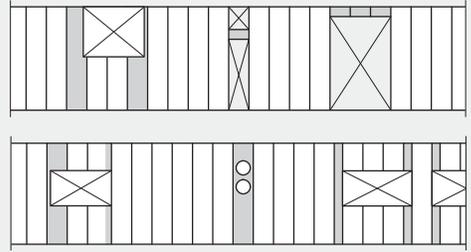


vorteilhaft im Plattenraster, keine Schnitte erforderlich

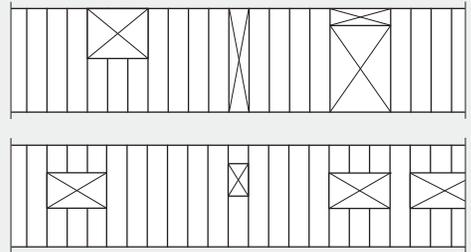


Öffnungen in liegend angeordneten Hebel Wandplatten.

aufwändig durch Schnitte in den Platten

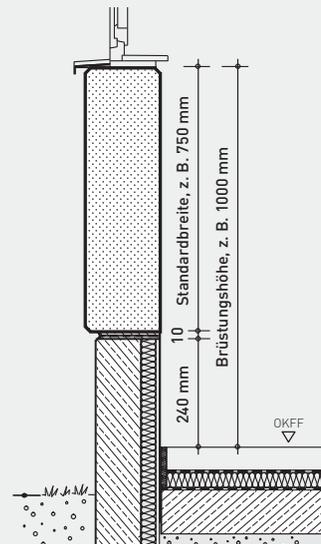


vorteilhaft im Plattenraster, keine Schnitte erforderlich



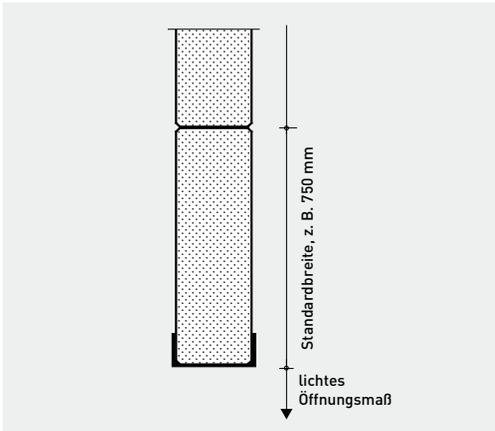
Öffnungen in stehend angeordneten Hebel Wandplatten.

Tor-, Tür- und Fenstermaße sollten mit dem Raster der Plattenbreiten in Einklang gebracht werden. OK Fensterbrüstung und UK Sturz aller Wandöffnungen werden jeweils in der Höhe einer Horizontalfuge angeordnet.



Vertikalschnitt Fensterbrüstung.

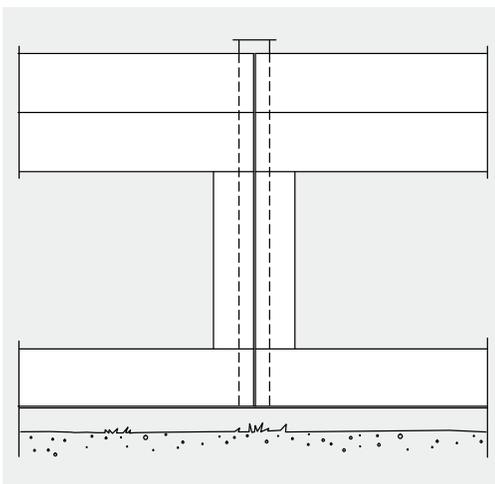
Bei erdgeschossigen Fenstern sollte die geforderte Brüstungshöhe durch eine Wandplatte in Standardbreite unter Ausnutzung der inneren Sockelhöhe ausgeführt werden.



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.



Fensterpfeiler vor Stützen.

Auf konsequent durchlaufende Vertikalfugen ist aus konstruktiven und optischen Gründen besonders zu achten.

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.

6.1.6 Modulare Planung mit Hebel Wandplatten

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.

Für eine optimierte Planung können folgende Längen und Höhen empfohlen werden:

- Modulares Achsraster Tragkonstruktion: 6,00 m
- Längenraster Hebel Wandplatten: 6,00 m
- Höhenraster Hebel Wandplatten: 625 mm bzw. 750 mm
- Sockelhöhe: 250 mm (240 mm + 10 mm Fuge)

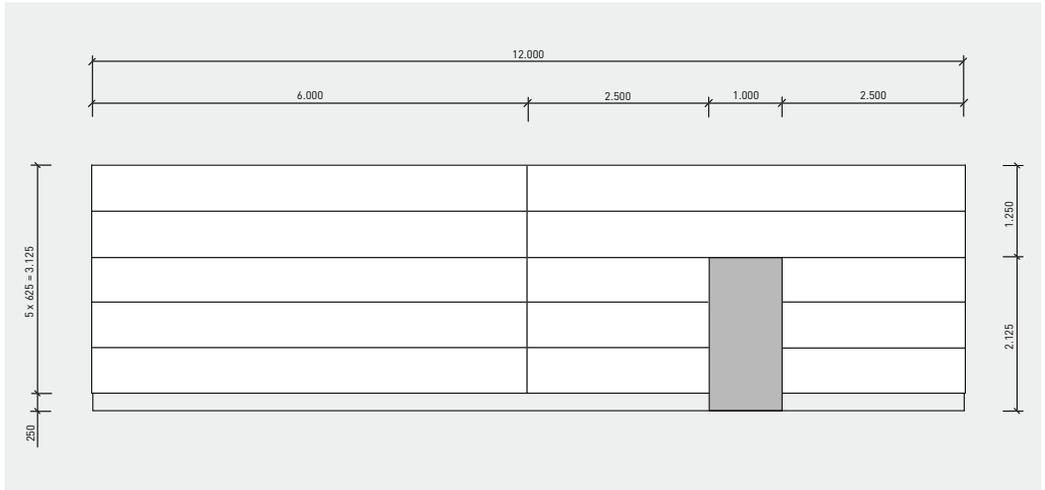
Hebel Wandplatten können vor, hinter oder zwischen der Tragkonstruktion verankert werden.

Die gewünschte Fassadestruktur entscheidet über die horizontale bzw. vertikale Verlegung der Platten.

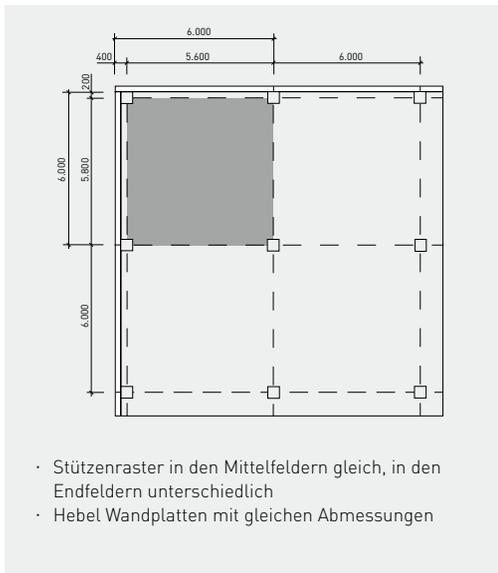
Als einfache Merkregel gilt:
Horizontale Hebel Wandplatten – horizontale Fenstergliederung

Vertikale Hebel Wandplatten – vertikale Fenstergliederung

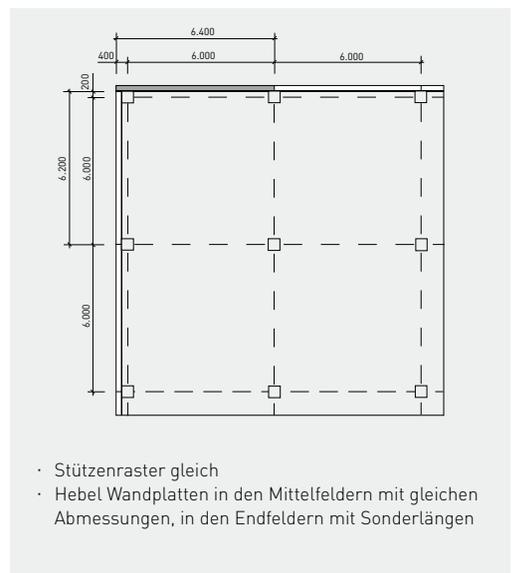
Elementierung – Ausschnitt



Eckausbildung mit Hebel Wandplatten in Standardlängen – wirtschaftlichste Lösung –



Eckausbildung mit Hebel Wandplatten in Sonderlängen



Türen

Das modulare Planungsraaster 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

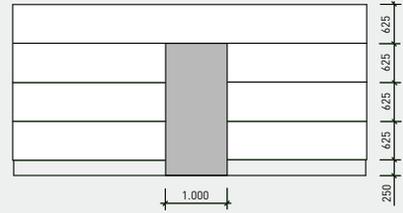
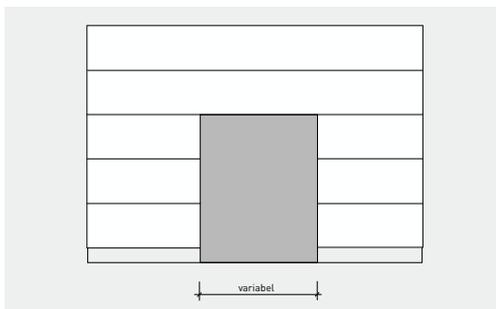
Türhöhe: $n \times 625$ mm + Sockel bzw.

$n \times 750$ mm + Sockel

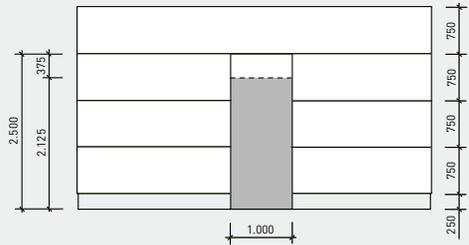
Geringfügig abweichende Maße können mit einer angepassten Sockelhöhe realisiert werden.

Mittellage von Standardtüren

Unter der Anordnung von Türen in Mittellage wird die Planung der Tür in der Mitte des Achsfeldes der Tragkonstruktion verstanden.



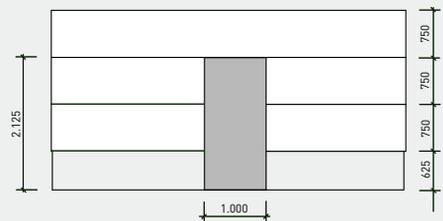
Unter Berücksichtigung der Normbreiten sind die Türhöhen bei einem Plattenraaster von 625 mm und einer Sockelhöhe von 250 mm mit 2,125 m zu planen.



Unter Berücksichtigung der Normbreiten sind die Türhöhen bei einem Plattenraaster von 750 mm und einer Sockelhöhe von 250 mm mit 2,500 m zu planen.

Türhöhen von 2,125 m sind möglich, wenn ein Passetück $b = 0,375$ m eingeplant wird.

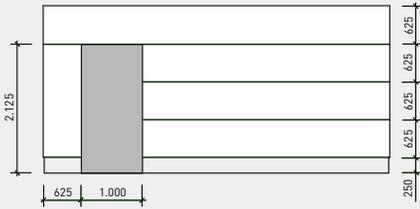
Die Passetücke können aus unterschiedlichen Materialien bestehen, z. B. Porenbeton, Glas oder Metall.



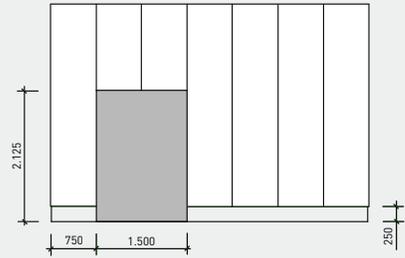
Bei Türhöhen von 2,125 m ohne Passetück ist die Sockelhöhe ab OKFF auf $H = 625$ mm zu erhöhen.

Die Festlegung der Sockelhöhe hat Auswirkungen auf die gesamte Fassadengestaltung.

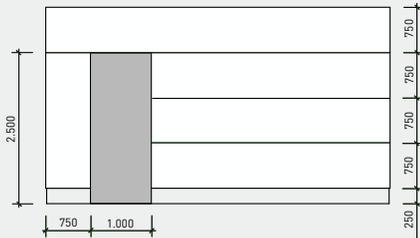
Randlage von Standardtüren



Mit folgende Pfeilerabmessungen ist zu planen:
Wirtschaftliche Breite 1×625 mm
Statische Mindestbreite 1×300 mm



Unter Berücksichtigung der Normhöhen sind die Türbreiten bei einem Plattenraster von 750 mm mit 1,50 m bzw. 2,25 m zu planen.



Mit folgende Pfeilerabmessungen ist zu planen:
Wirtschaftliche Breite 1×750 mm
Statische Mindestbreite 1×300 mm



Türbreiten von 1,25 m sind bei einem Plattenraster von 750 mm möglich, wenn ein Passtück $B = 250$ mm eingeplant wird.

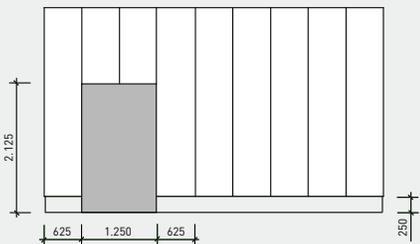
Die Passtücke können aus unterschiedlichen Materialien, z. B. Porenbeton, Glas oder Metall bestehen.

6

Türen in vertikal verlegten Hebel Wandplatten

Türbreite: $n \times 625$ mm bzw. $n \times 750$ mm

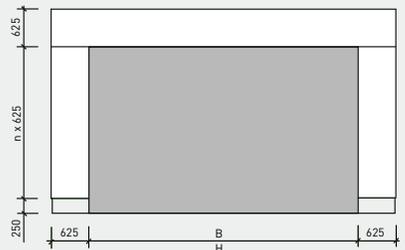
Türhöhe: variabel



Unter Berücksichtigung der Normhöhen sind die Türbreiten bei einem Plattenraster von 625 mm mit 1,25 m bzw. 2,50 m zu planen.

Industrietore

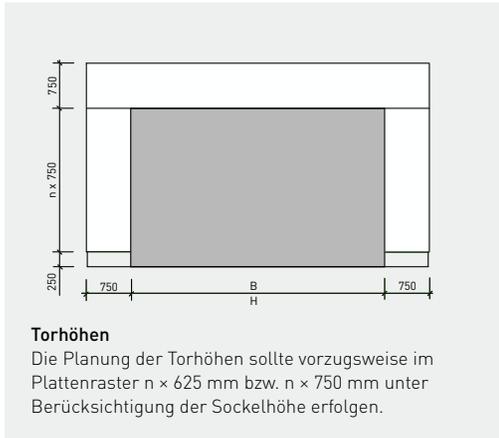
Das modulare Planungsraster ermöglicht die wirtschaftliche Einordnung von Industrietoren



Torbreiten

Die Systemmaße der Industrietore werden durch folgende Pfeilerabmessungen bestimmt:
Wirtschaftliche Breite 1×625 mm bzw. 1×750 mm je Seite

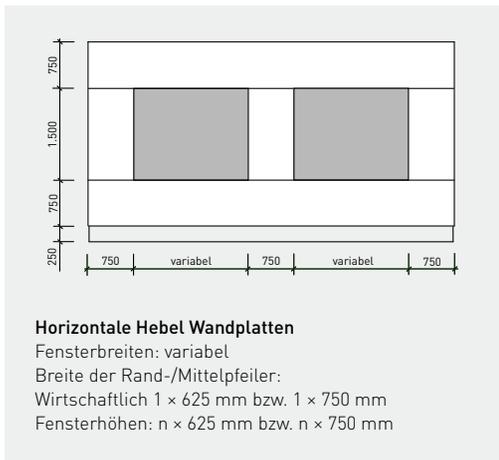
in verschiedenen Abmessungen.
Die Torabmessungen gemäß Herstellerangaben sind zu beachten.



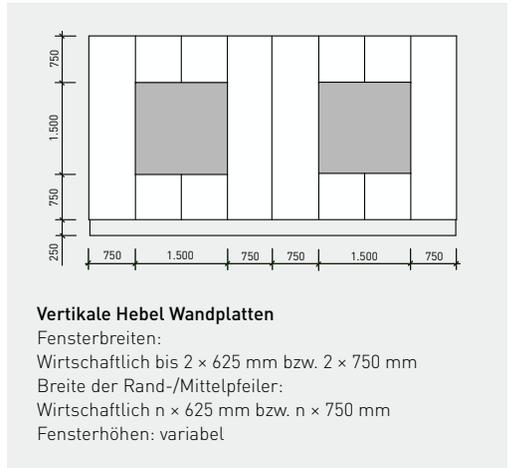
Die Sockelhöhe ist mit 250 mm definiert.

Fenster

Das modulare Planungs raster ermöglicht die wirtschaftliche Einordnung von Fenstern mit



individuellen Abmessungen.
Die Fensterabmessungen sollten in Abhängigkeit von der Verlegeweise der Hebel Wandplatten an ein Vielfaches des Grundmoduls von 625 mm



bzw. 750 mm angepasst werden.

6.1.7 Modulkonzept hebelHALLE

Planungssicherheit durch Standardisierung

Mit hebelHALLE bietet Hebel ein standardisiertes Baukastensystem, mit dem eine individuelle und schnelle Realisierung von Hallen möglich ist. Zusammen mit einem erfahrenen hebelHALLE Partner aus unserem deutschlandweiten Netzwerk können Sie die für sie passende Halle schlüsselfertig oder als erweiterten Rohbau bauen lassen. Dabei profitieren Sie von allen Vorteilen einer kostengünstigen und effizienten Modulbauweise.

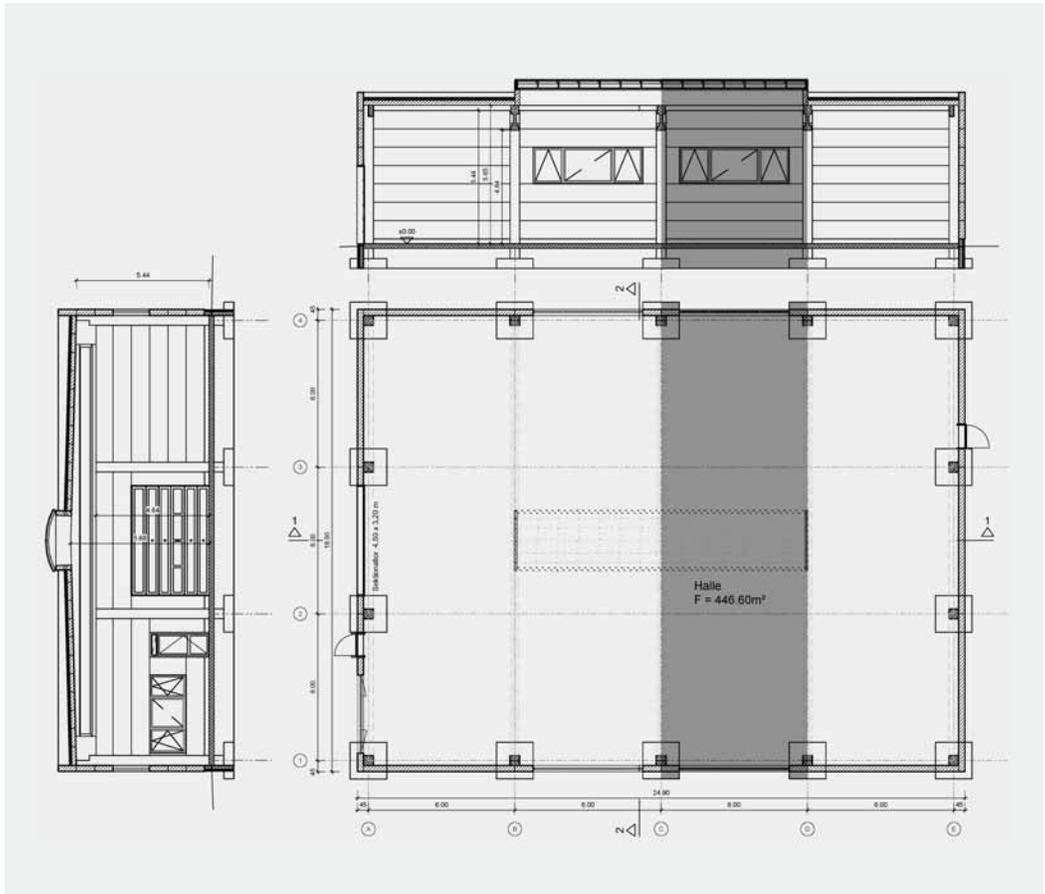
Als Basis für Ihre Planung stehen zwei Grundtypen (12×18 m und 18×18 m) im Achsraster 6 Meter mit den drei Dachvarianten Attika, Satteldach und Pultdach zur Verfügung. Jeder Grundtyp, bestehend aus je einem Front-, Mittel- und Endmodul, ist um beliebig viele Mittelmodule erweiterbar und auch in der Ausstattung individuell gestaltbar.

Als Tragkonstruktion kann zwischen Stahl- und Stahlbetonkonstruktionen, je nachdem, welche Anforderungen an Nutzung und Brandsicherheit erfüllt werden müssen, gewählt werden.

Hallentypen für jeden Bedarf

hebelHALLE bietet eine Vielzahl von Hallentypen, die für jede Branche passen. Egal ob Handwerk, Werkstatt oder Verwaltung, das Bausystem ist flexibel, so dass Sie planerisch und gestalterisch frei sind und letztlich eine nach Ihren Ansprüchen optimale Halle für Ihre Arbeitsprozesse verwirklichen können.

Im Internet unter www.hebel-halle.de sind die möglichen Varianten der Tragkonstruktionen, Größen und Dachformen ausführlich erläutert. Die Basisvarianten ermöglichen jederzeit eine individuelle Anpassung bei gleichzeitiger architektonischer Modifizierung für den jeweiligen Anwendungsfall.



Beispiel Seiten- und Grundriss einer hebelHALLE

Ausführliche Informationen zu hebelHALLE finden Sie unter www.hebel-halle.de.

6.2 Zeit- und kostenoptimiertes Bauen

Um zeit- und kostenoptimiert bauen zu können, eignet sich ein System aus einer Hand und einem Guss. Beim Hebel Bausystem für Gebäude im Wirtschaftsbau bestehen Dach, Decke und Wand aus Porenbeton – mit allen konstruktiven und bauphysikalischen Vorteilen der massiven Bauweise. Dazu kommt die schnelle Montage und Verfügung sowie der Witterungsschutz mit lang haltbaren Beschichtungen.

6.2.1 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 auf der langen Seite stehend angeliefert werden, lassen sie sich an den Transportankern einfach aus dem Stapel ziehen.

6.2.2 Trockenmontage beschleunigt das Arbeitstempo enorm

Die Ausbildung der Plattenlängsseiten mit Nut und Feder ermöglicht sowohl bei Hebel Wand- als auch Dachplatten eine trockene Montage.

Die Platten werden knirsch aneinander gestoßen und ebenfalls 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 die Finanzierungskosten senkt.

6.2.3 Flexibilität für schnellen Baufortschritt und rasche Nutzung

Baubegleitende Planung ist heute nahezu übliche Praxis. Unter diesen Umständen ist es äußerst wichtig und wertvoll, dass 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.

6.3 Wirtschaftliche Nutzung

6.3.1 Bei einem 30-jährigen Lebenszyklus entfallen 80 % bis 85 % der Gesamtkosten auf die Gebäudenutzung

Die Kostenentwicklung einer Immobilie über 30 Jahre hinweg zeigt laut AGI (Arbeitsgemeinschaft Industriebau) folgende Kostenanteile:

- Die Kosten für Planung und Ausführung des Bauvorhabens liegen bei 15 % bis 20 % 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. Nicht die Investitionskosten, sondern die laufenden Kosten sind somit für die Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes entscheidend.

Die größten Einsparpotentiale liegen also im Betrieb. Die Entscheidung zur Nutzung dieser Potentiale fällt bei Planung und Bau einer Immobilie.

6.3.2 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 durch Wärmedämmung und im Sommer durch seine Wärmespeicherung
- die neue Wandplatte $I = 0,10$ erfüllt dabei alle Anforderungen nach aktueller EnEV
- sommerlicher Wärmeschutz, in der Regel ohne Klimaanlage
- ausgewogene Wärmespeicherfähigkeit gleicht Temperaturschwankungen aus
- Diffusionsoffenheit sorgt für einen ausgewogenen Feuchtigkeitshaushalt
- Brandsicherheit ist höher als der in den Normen geforderte objektbezogene Mindestbrandschutz
- trocken und feucht – Porenbeton gleicht aus
- hoher Lärmschutz für innen und außen

6.3.3 Humanisierung des Arbeitsplatzes fördert Produktivität

Wenn der Produktionsausstoß gesteigert werden soll, müssen auch die Rahmenbedingungen für den Arbeitsplatz optimalen Bedingungen entsprechen. Die Forderung nach Humanisierung der Arbeit gilt daher selbstverständlich auch für den Arbeitsplatz.

In Bauten aus Porenbeton herrscht dank der hervorragenden bauphysikalischen Eigenschaften ein angenehmes Raumklima. Es ist medizinisch und psychologisch nachgewiesen, dass angenehme Arbeitsplatzbedingungen zu einer Verbesserung der Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft und somit letztlich zur Produktivitätssteigerung aller Gebäudenutzer führen.

6.4 Einfache Instandhaltung, Umbau und Umnutzung

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 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, einfach und kostengünstig 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 nicht brennbar sind und somit von vornherein höchste Anforderungen an die Brandsicherheit weit übertreffen.
- Ein- bis zweigeschossige Aufstockungen können wegen des leichten Gewichts der Porenbeton-Elemente meistens ohne Zusatzkonstruktionen oder Verstärkungen auf die vorhandene Bausubstanz gesetzt werden.
- Bei größeren Aufstockungen oder „Überstülpungen“ genügen meist schlanke Zusatzkonstruktionen, die die neuen Geschosse aus Porenbeton tragen. Der Betrieb im darunterliegenden Gebäude kann dabei ungestört weiter gehen.

6.4.1 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 die wechselnden bauphysikalischen Anforderungen erfüllen. Auch die Baustoffe müssen unterschiedlichen Ansprüchen gerecht werden.

Hier bietet Ihnen Porenbeton eine multifunktionale Lösung.

6.4.2 Anbau an bestehende Hallen

Bei Erweiterungen von bestehenden Hallen sind meist für diesen Bereich die Anforderungen der aktuellen EnEV einzuhalten. Hier bieten wir Ihnen unabhängig von der Rauminnentemperatur einschalige, monolithische Lösungen mit den Hebel Wandplatten $I = 0,10$ auch für Bereiche mit Innentemperaturen ≥ 19 °C.



Konstruktionsbeispiele

K

Wichtige Hinweise:

Die Anwendung der Konstruktionsbeispiele entbindet nicht vom statischen Nachweis im Einzelfall.

Die in diesem Kapitel dargestellten Konstruktionsbeispiele stellen keine vollständige Auflistung aller Möglichkeiten dar. Weitere Angaben und Konstruktionsbeispiele sind im Internet unter www.hebel.de im Bereich Download & Service für den Wirtschaftsbau verfügbar.

Der in den Legendentexten genannte Begriff „bauseitige Leistung“ bedeutet, 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 197
Mittelverankerung	Seite 198/199
Eckverankerung.....	Seite 200/201
Attika-Mittelverankerung	Seite 202/203
Attika-Eckverankerung	Seite 204/205
Verankerung zwischen Stützen.....	Seite 206
Auflagerkonsole.....	Seite 207/208

Brandwandkonstruktionen

Mittelverankerung	Seite 209
Eckverankerung.....	Seite 210
Verankerung zwischen Stützen.....	Seite 211
Feuerschutztor	Seite 212

Dachkonstruktionen

Aussparungen.....	Seite 213
Öffnungen in Hebel Dachplatten	Seite 214/215
Mittelverankerung	Seite 216/217/218
Endverankerung	Seite 219

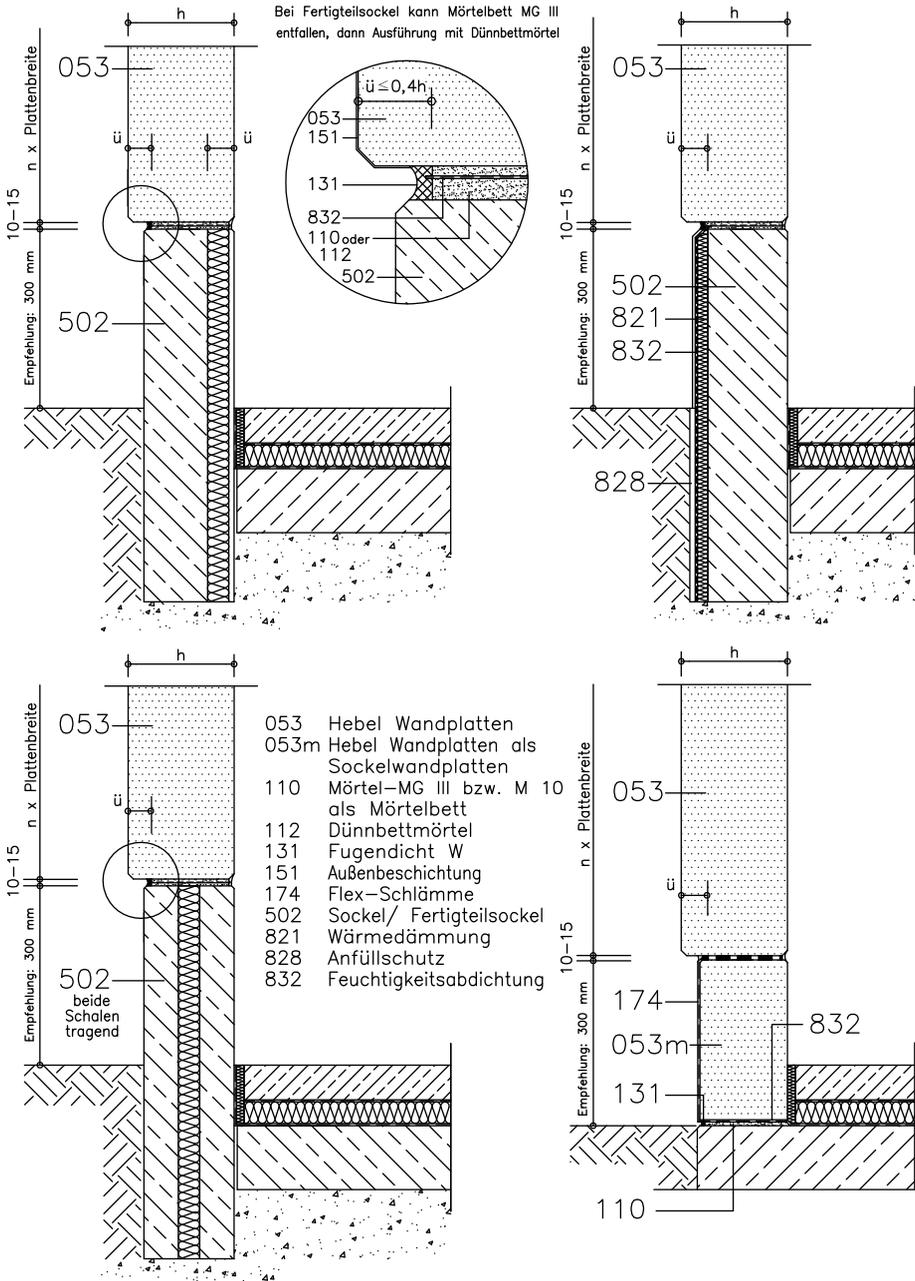
Sockelausbildung für liegend bzw. stehend angeordnete Hebel Wandplatten an Stahl- bzw. Stahlbetonkonstruktion

30060

 hebel

Unterkonstruktion ist nicht dargestellt !

Detail Nr.:

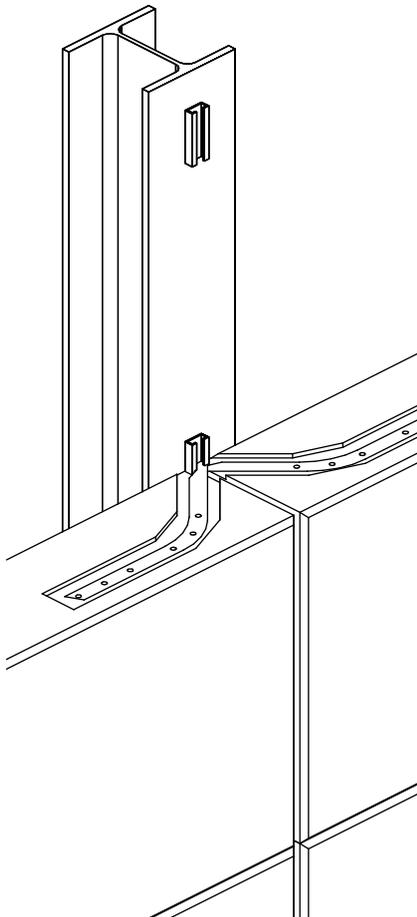
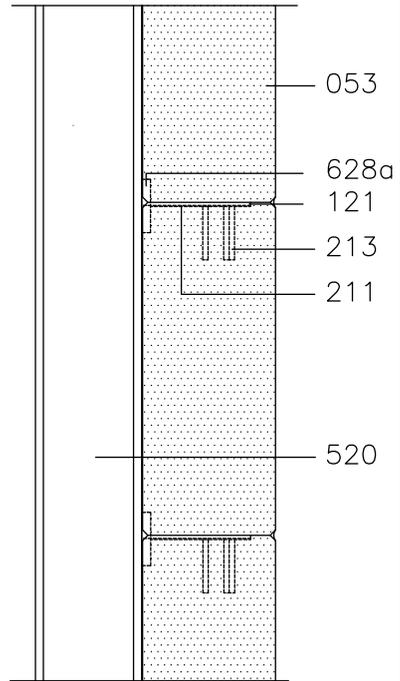
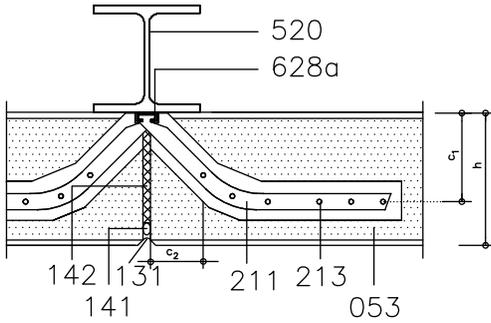


K

Mittelverankerung von
liegend angeordneten Hebel Wandplatten
an Stahlkonstruktion

310022 **hebel**

Detail Nr.:



Verankerungs- typ	Platten- dicke h	c ₁ c ₂	Bemessungswiderstand V _{Rd} (kN) je Verankerungslasche	
			Ankerschiene 38/17	
			P 3,3	P 4,4
17	150	siehe Zulassung Z-21.8-1857	—	—
	175		1,90	1,90
16	200		3,50	5,20
	250		3,50	5,20
	300		3,50	5,20
	365		3,50	5,20

- 053 Hebel Wandplatten
- 121 Kleber und Fugenfüller
- 131 Fugendicht W
- 141 PE-Rundschnur, offenporig,
nicht wassersaugend
- 142 Mineralfaserplatte
- 211 Nagellasche, Ausführung gem.
Zulassung Z-21.8-1857
- 213 Hülse, Edelstahl
- 520 Stahlkonstruktion
- 628a Ankerschiene 38/17 G, Ausführung gem.
Zulassung der Ankerschienenhersteller,
l=100mm, bauseitige Leistung

Maße in mm

Stand: 01.04.2016

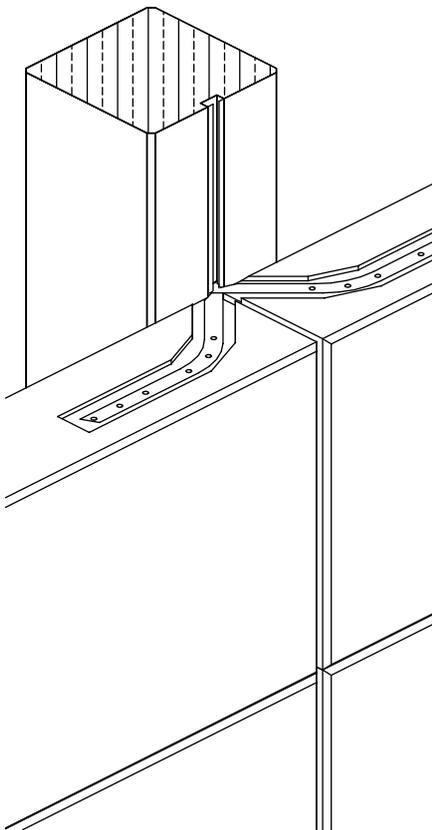
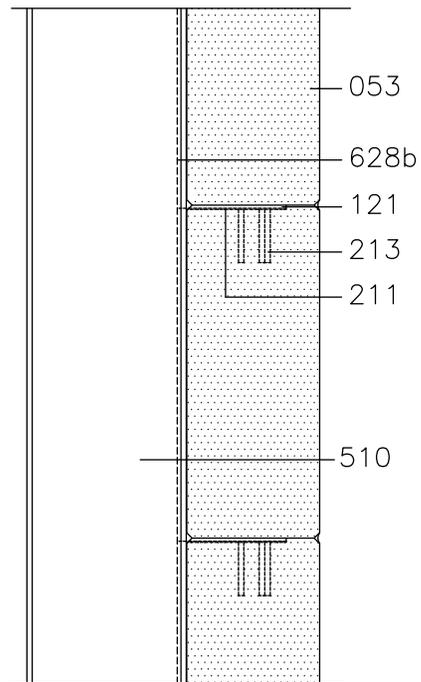
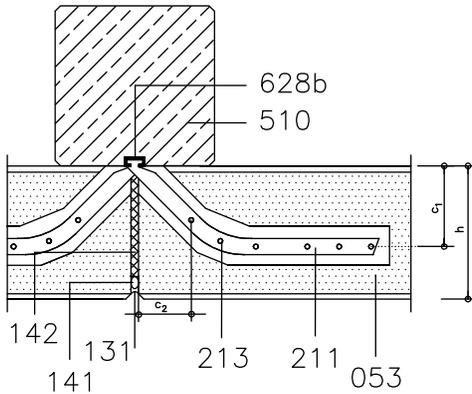
K

Mittelverankerung von
liegend angeordneten Hebel Wandplatten
an Stahlbetonkonstruktion

320022

hebel

Detail Nr.:



Bemessungswiderstand V_{Rd} (kN) je Verankerungslasche				
Verankerungs- typ	Platten- dicke h	c_1, c_2	Ankerschiene 38/17	
			P 3,3	P 4,4
17	150	siehe Zulassung Z-21.8-1857	–	–
	175		1,90	1,90
16	200		3,50	5,20
	250		3,50	5,20
	300		3,50	5,20
	365		3,50	5,20

- 053 Hebel Wandplatten
- 121 Kleber und Fugenfüller
- 131 Fugendicht W
- 141 PE-Rundschnur, offenporig,
nicht wassersaugend
- 142 Mineralfaserplatte
- 211 Nagellasche, Ausführung gem.
Zulassung Z-21.8-1857
- 213 Hülsen Nagel, Edelstahl
- 510 Stahlbetonkonstruktion
- 628b Ankerschiene 38/17, Ausführung
gemäß Zulassung der Anker-
schienerhersteller, durchlaufend
oder in Stücken, bauseitige Leistung

Maße in mm

Stand: 01.04.2016

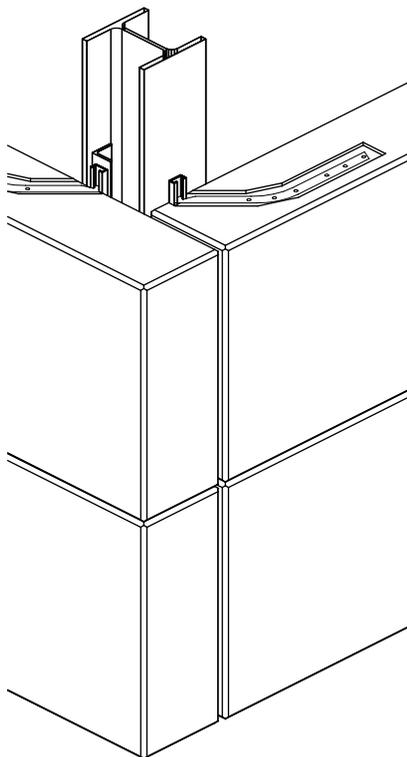
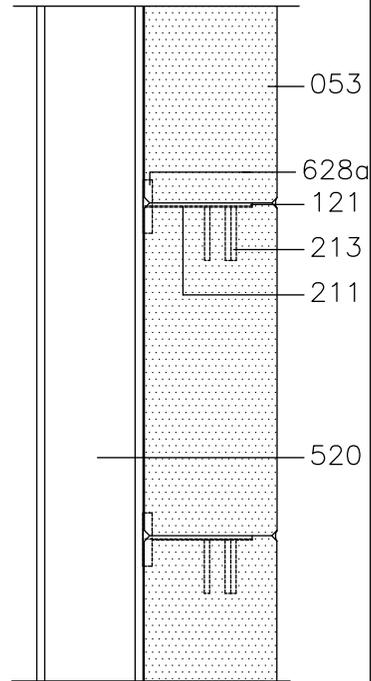
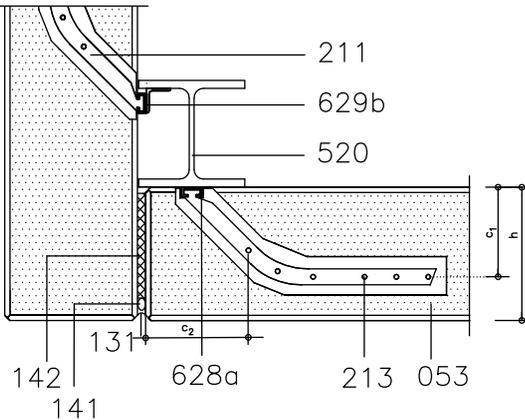
K

Eckverankerung von liegend angeordneten Hebel Wandplatten an Stahlkonstruktion

310212

hebel

Detail Nr.:



Verankerungs- typ	Platten- dicke h	c ₁ , c ₂	Ankerschiene 38/17	
			P 3,3	P 4,4
			17	150
	175	1,90	1,90	
16	200	3,50	5,20	
	250	3,50	5,20	
	300	3,50	5,20	
	365	3,50	5,20	

- 053 Hebel Wandplatten
- 121 Kleber und Fugenfüller
- 131 Fugendicht W
- 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=100mm, bauseitige Leistung
- 629b Winkelprofil, Abmessungen nach stat.
Berechnung, bauseitige Leistung

Maße in mm

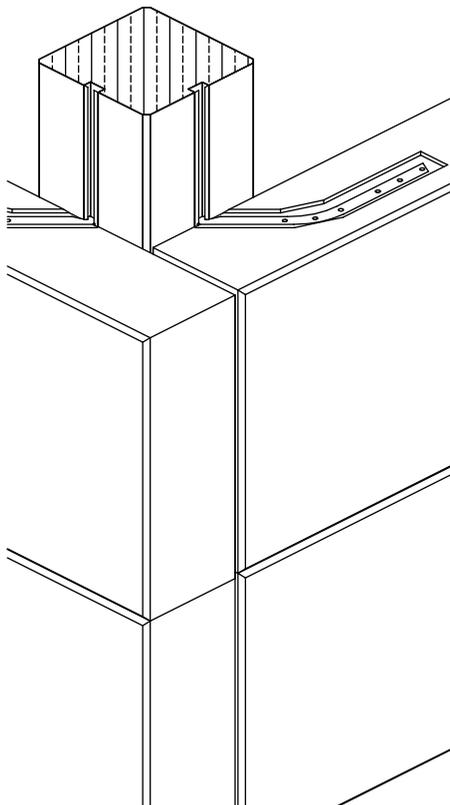
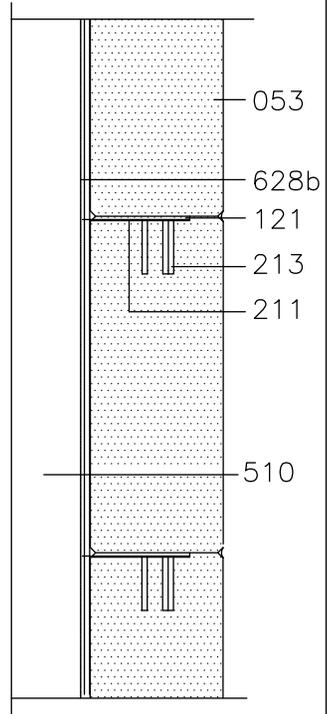
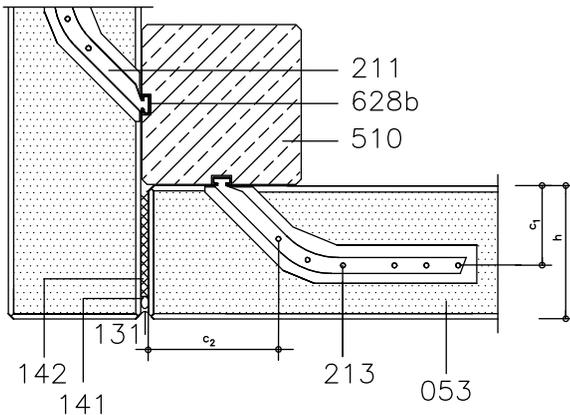
Stand: 01.04.2016

Eckverankerung von
liegend angeordneten Hebel Wandplatten
an Stahlbetonkonstruktion

320212

hebel

Detail Nr.:



Bemessungswiderstand V_{Rd} (kN) je Verankerungslasche				
Verankerungs- typ	Platten- dicke h	C_1, C_2	Ankerschiene 38/17	
			P 3,3	P 4,4
17	150	siehe Zulassung Z-21.8-1857	-	-
	175		1,90	1,90
16	200		3,50	5,20
	250		3,50	5,20
	300		3,50	5,20
	365		3,50	5,20

- 053 Hebel Wandplatten
- 121 Kleber und Fugenfüller
- 131 Fugendicht W
- 141 PE-Rundschnur, offenporig, nicht wassersaugend
- 142 Mineralfaserplatte
- 211 Nagellasche, Ausführung gem. Zulassung Z-21.8-1857
- 213 Hülsen Nagel, Edelstahl
- 510 Stahlbetonkonstruktion
- 628b Ankerschiene 38/17, Ausführung gem. Zulassung der Ankerschienerhersteller, durchlaufend oder in Stücken, bauseitige Leistung

Maße in mm

Stand: 01.04.2016

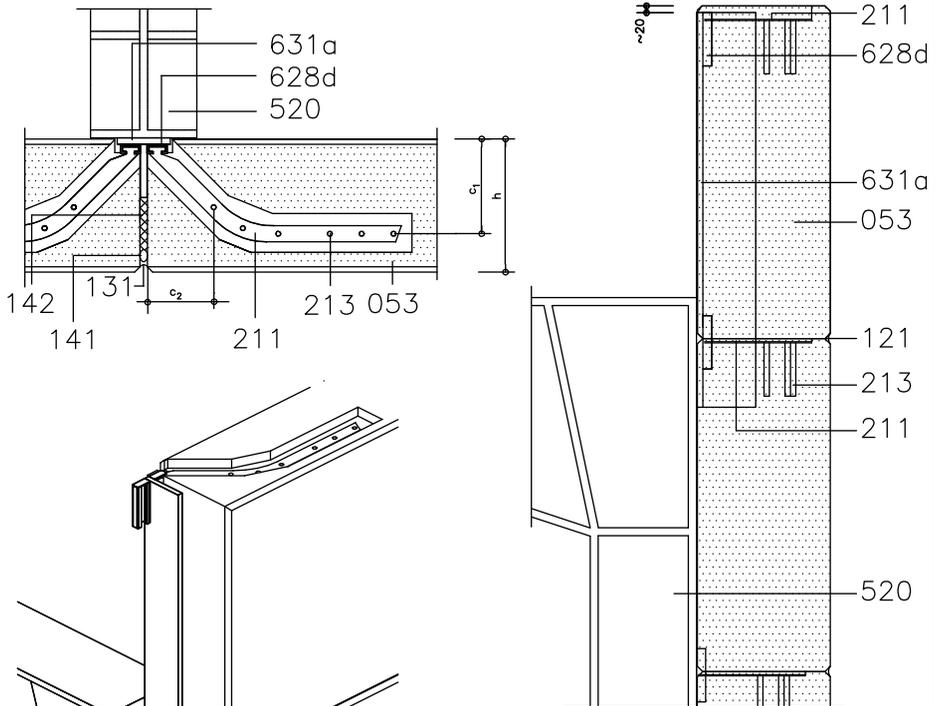
K

Attika-Mittelverankerung von
liegend angeordneten Hebel Wandplatten
an Stahlkonstruktion

310422

hebel

Detail Nr.:



Verankerungs- typ	Platten- dicke h	c_1, c_2	Ankerschiene 38/17	
			P 3,3	P 4,4
			17	150
	175	1,90	1,90	
16	200	siehe Zulassung Z-21.8-1857	3,50	5,20
	250;300;365		3,50	5,20

- 053 HebelWandplatten
- 121 Kleber und Fugenfüller
- 131 Fugendicht W
- 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
gem. Zulassung der Ankerschienenher-
steller, l=100mm, oberste Ankerschiene
zuschweißen, bauseitige Leistung
- 631a* T-Profil aus geschw. Flachstählen,
Abmessungen und Schweißnähte nach
stat. Berechnung, bauseitige Leistung

Maße in mm

Stand: 01.04.2016

*mit Korrosionsschutz DIN EN ISO 12944

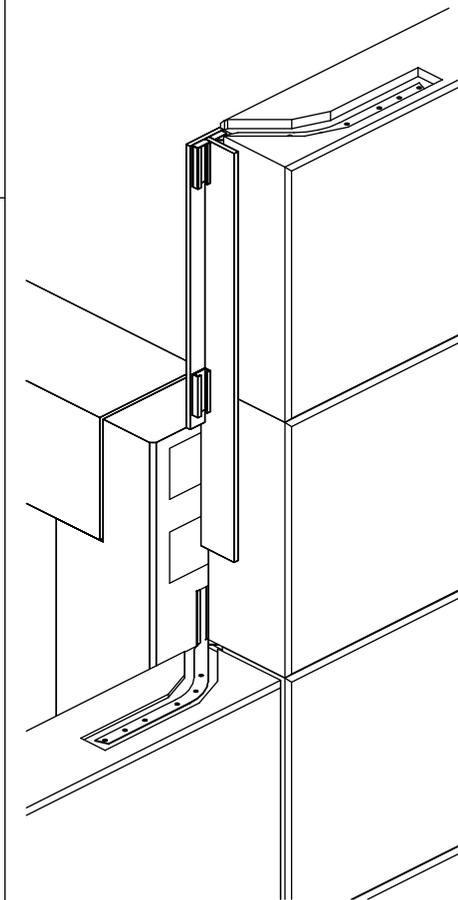
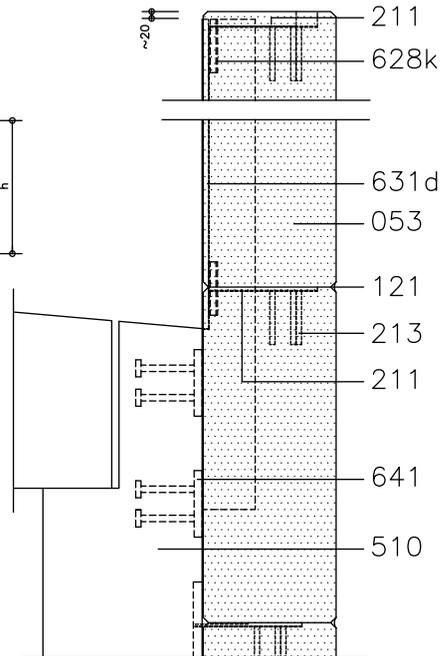
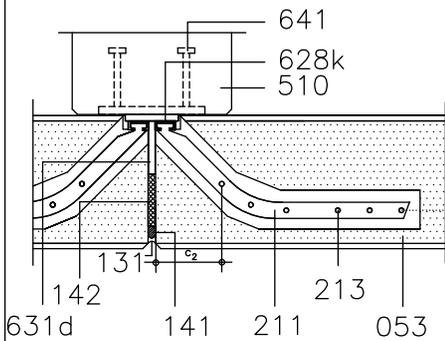
K

Attika-Mittelverankerung von
liegend angeordneten Hebel Wandplatten
an Stahlbetonkonstruktion

320422

hebel

Detail Nr.:



Bemessungswiderstand V_{Rd} (kN) je Verankerungslasche				
Verankerungs- typ	Platten- dicke h	$c_1 c_2$	Ankerschiene 38/17	
			P 3,3	P 4,4
17	150	siehe Zulassung Z-21.8-1857	—	—
	175		1,90	1,90
16	200		3,50	5,20
	250;300;365		3,50	5,20

- 053 Hebel Wandplatten
- 121 Kleber und Fugenfüller
- 131 Fugendicht W
- 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 gem.
Zulassung der Ankerschienenhersteller,
l=100mm, oberste Ankerschiene
zuschweißen
- 631d* T-Profil, aus geschw. Flachstählen,
Abmessungen und Schweißnähte nach
stat. Berechnung
- 641 Ankerplatte, Abmessungen nach stat.
Berechnung, bauseitige Leistung

Maße in mm

* mit Korrosionsschutz DIN EN ISO 12944

Stand: 01.04.2016

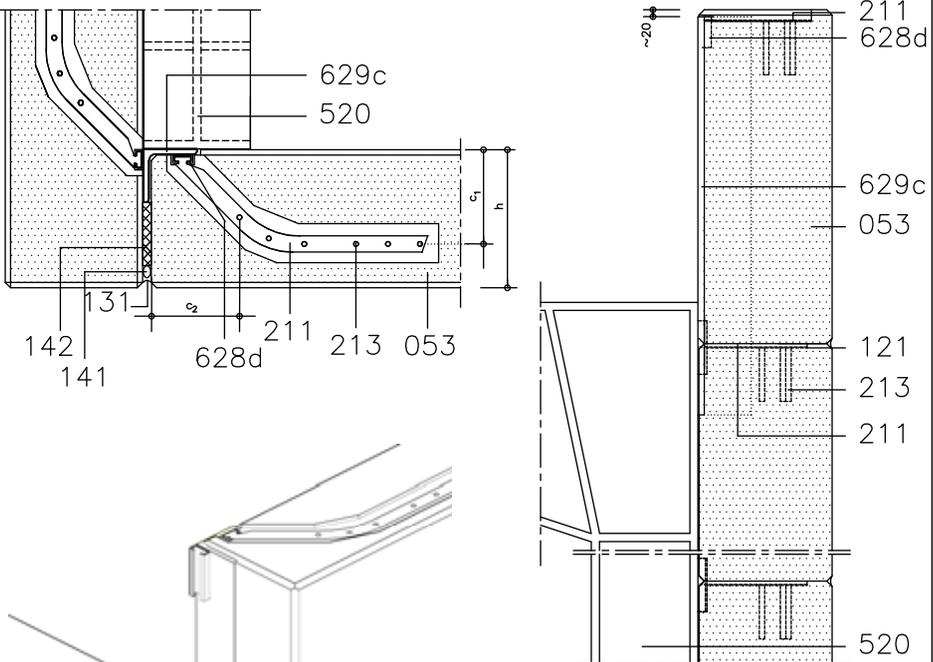
K

Attika-Eckverankerung von
liegend angeordneten Hebel Wandplatten
an Stahlkonstruktion

310612

 hebel

Detail Nr.:



K

Bernimmungswiderstand V_{Rd} (kN) je Verankerungslasche				
Verankerungs- typ	Platten- dicke h	C_1, C_2	Ankerschiene 38/17	
			P 3,3	P 4,4
17	150	siehe Zulassung Z-21.8-1857	-	-
	175		1,90	1,90
16	200		3,50	5,20
	250		3,50	5,20
	300		3,50	5,20
	365		3,50	5,20

- 053 Hebel Wandplatten
- 121 Kleber und Fugenfüller
- 131 Fugendicht W
- 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 gem.
Zulassung der Ankerschienenhersteller,
l=100 mm, oberste Ankerschiene
zuschweißen, bauseitige Leistung
- 629c* Winkel-Profil, Abmessungen und
Schweißnähte nach stat. Berechnung,
bauseitige Leistung

Maße in mm

*mit Korrosionsschutz DIN EN ISO 12944

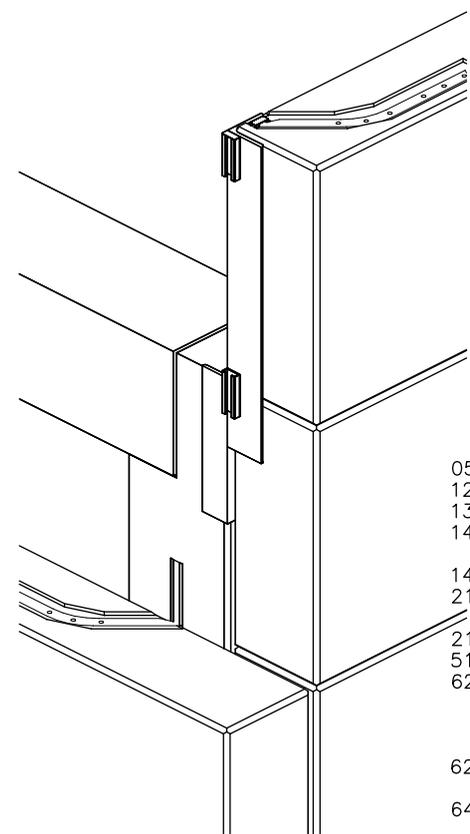
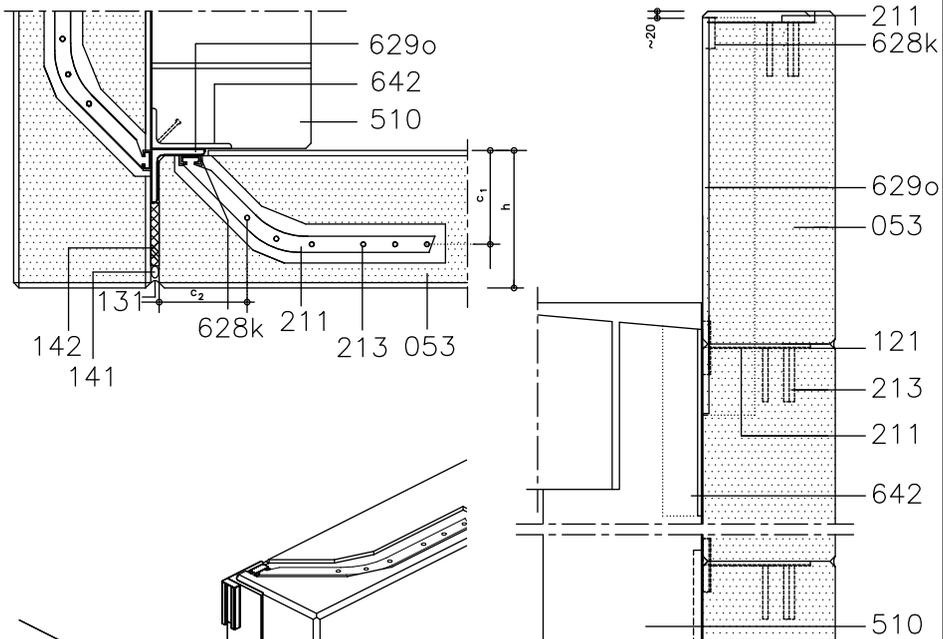
Stand: 01.04.2016

Attika-Eckverankerung von
liegend angeordneten Hebel Wandplatten
an Stahlbetonkonstruktion

320612

hebel

Detail Nr.:



Bemessungswiderstand V_{Rd} (kN) je Verankerungslasche				
Verankerungs- typ	Platten- dicke h	c_1, c_2	Ankerschiene 38/17	
			P 3,3	P 4,4
17	150	siehe Zulassung Z-21.8-1857	-	-
	175		1,90	1,90
16	200		3,50	5,20
	250		3,50	5,20
	300		3,50	5,20
	300		3,50	5,20

- 053 Hebel Wandplatten
- 121 Kleber und Fugenfüller
- 131 Fugendicht W
- 141 PE-Rundschnur, offenporig, nicht wassersaugend
- 142 Mineralfaserplatte
- 211 Nagellasche, Ausführung gem. Zulassung Z-21.8-1857
- 213 Hülsenagel, Edelstahl
- 510 Stahlbetonkonstruktion
- 628k Ankerschiene 38/17 G, Ausführung gem. Zulassung der Ankerschienenhersteller, l=100mm, oberste Ankerschiene zuschweißen, bauseitige Leistung
- 629o* Winkel-Profil, Abmessungen und Schweißnähte nach stat. Berechnung
- 642 Ankerwinkel, Abmessungen nach stat. Berechnung, bauseitige Leistung

Maße in mm

* mit Korrosionsschutz DIN EN ISO 12944

Stand: 01.04.2016

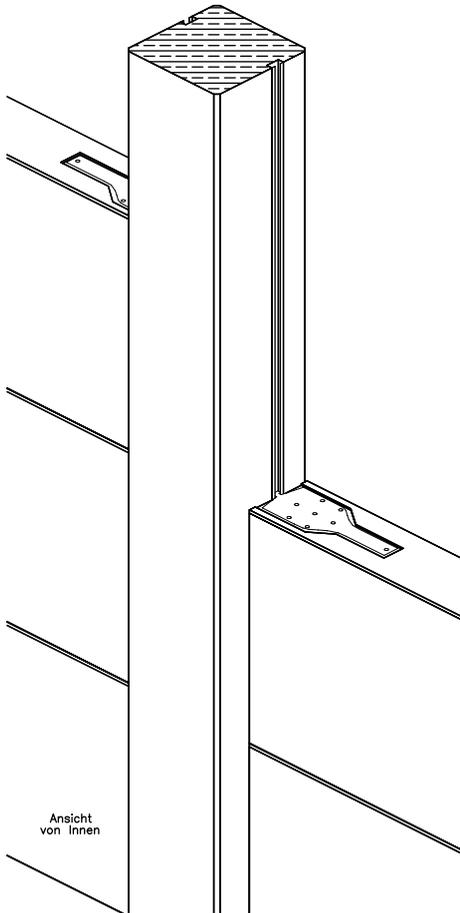
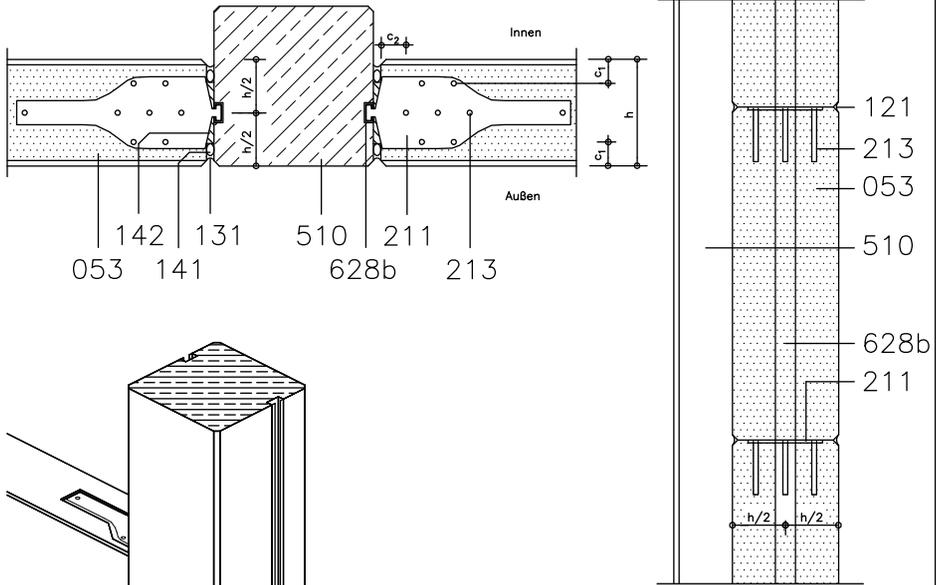
K

Verankerung von
liegend angeordneten Hebel Wandplatten
zwischen Stahlbetonkonstruktion

32601

hebel

Detail Nr.:



Ansicht
von Innen

Maße in mm

Stand: 01.04.2016

Verankerungs- typ	Platten- dicke h	c ₁ , c ₂ siehe Zulassung Z-21.8-1857	Bemessungswiderstand V _{Rd} (kN) je Verankerungslasche	
			Ankerschiene 38/17	
			P 3,3	P 4,4
12	200		2,10	2,60
	250		2,10	2,60
	300		2,10	2,60
	365		2,10	2,60

- 053 Hebel Wandplatten
- 121 Kleber und Fugenfüller
- 131 Fugendicht W
- 141 PE-Rundschnur, offenporig,
nicht wassersaugend
- 142 Mineralfaserplatte
- 211 Nagellasche, Ausführung gem.
Zulassung Z-21.8-1857
- 213 Hülsen Nagel, Edelstahl
- 510 Stahlbetonkonstruktion
- 628b Ankerschiene 38/17, Ausführung
gem. Zulassung der Ankerschiene-
hersteller, durchlaufend oder in
Stücken, bauseitige Leistung

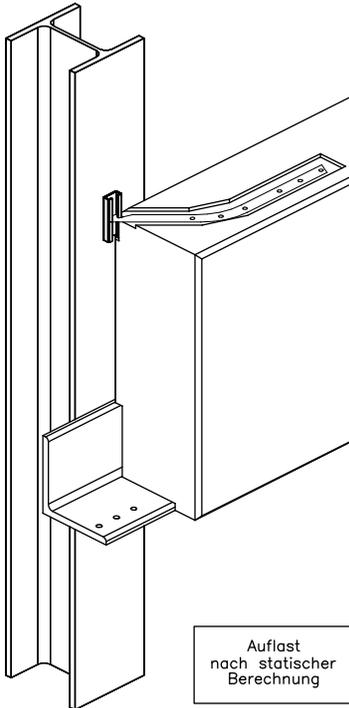
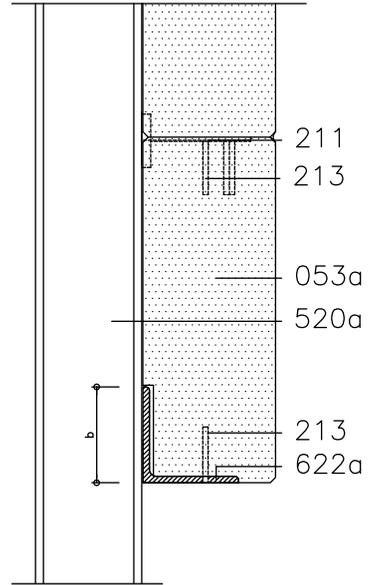
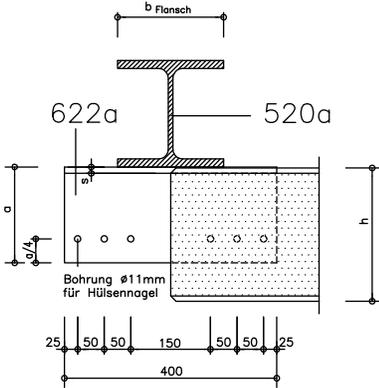
K

Auflagerkonsole für liegend angeordnete Hebel Wandplatten an Stahlkonstruktion

311222

hebel

Detail Nr.:



Platten- dicke (mm) h	Empf. Mindest- Stützen- profil	Abmessungen der Konsolen (mm)			
		a	x	b	s
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

- 053a Hebel Wandplatten als Sturzwandplatten
- 211 Nagellasche, Ausführung gem. Zulassung Z-21.8-1857
- 213 Hülseinnagel, Edelstahl
- 520a Stahlkonstruktion, Mindestabmessung lt. Tabelle
- 622a* Auflagerkonsole, Abmessungen lt. Tabelle, bauseitige Leistung, Schweißnaht a=4mm umlaufend

Maße in mm

* mit Korrosionsschutz DIN EN ISO 12944

Stand: 01.04.2016

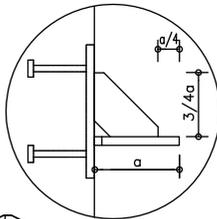
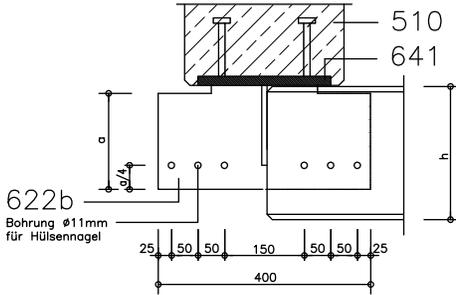
K

Auflagerkonsole für
liegend angeordnete Hebel Wandplatten
an Stahlbetonkonstruktion

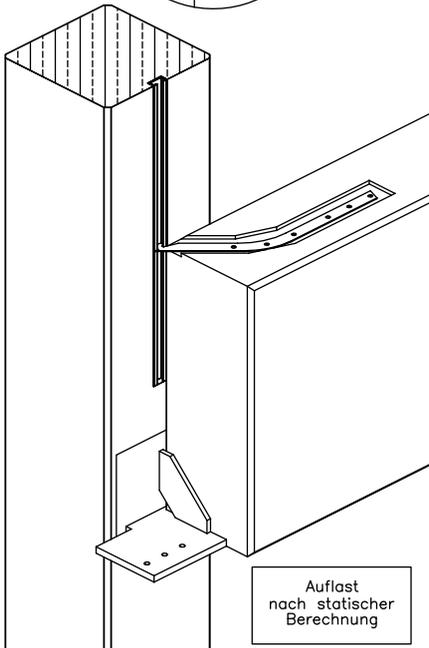
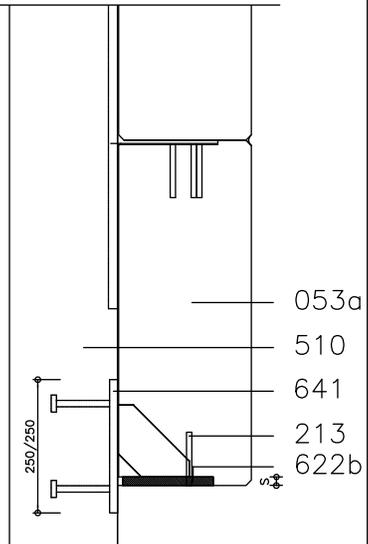
321222

hebel

Detail Nr.:



Detail Auflagerkonsole
siehe Werkstattzeichnung



Platten- dicke h (mm)	Abmessungen Variante 1 l x a x s (mm)	max. charakterische Einwirkung G_k (kN)	
		bei Druckfestigkeitsklasse/ Rohdichteklasse P3.3-0.5 / P4.4-0.55 AAC3.5-500 / AAC4.5-550	
150	400x100x10	16,5	
175	400x130x12	22	
200	400x130x12	22	
250	400x180x15	34	
300	400x220x15	37	
365	400x300x18	48	

Platten- dicke h (mm)	Abmessungen Variante 2 l x a x s (mm)	max. charakterische Einwirkung G_k (kN)	
		bei Druckfestigkeitsklasse/ Rohdichteklasse P3.3-0.5 / P4.4-0.55 AAC3.5-500 / AAC4.5-550	
150	400x100x15	20	25,5
175	400x130x15	27	33
200	400x130x15	27	33
250	400x180x18	38	50
300	400x220x18	48	53
365	400x300x18	48	48

- 053a Hebel Wandplatten als Sturzwandplatten
- 213 Hülseinnagel, Edelstahl
- 510 Stahlbetonkonstruktion
- 622b* Auflagerkonsole, Fußplatte lt. Tabelle, Schweißnaht $a=4\text{mm}$ umlaufend
- 641 Ankerplatte, Abmessungen nach stat. Berechnung, bauseitige Leistung

*mit Korrosionsschutz DIN 18 800 Teil 1

Maße in mm

Stand: 01.04.2016

K

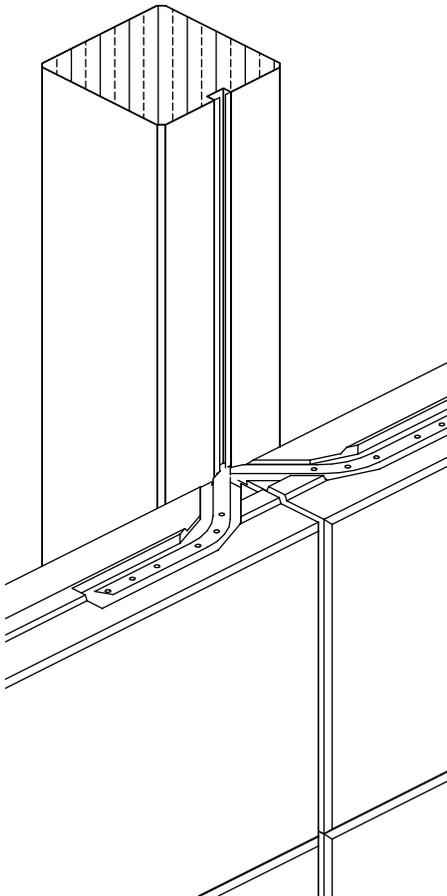
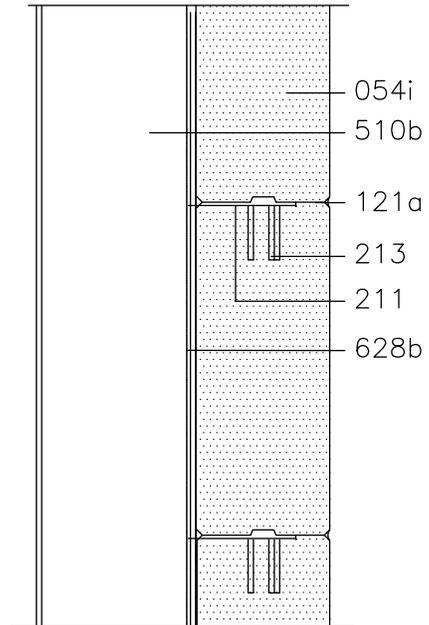
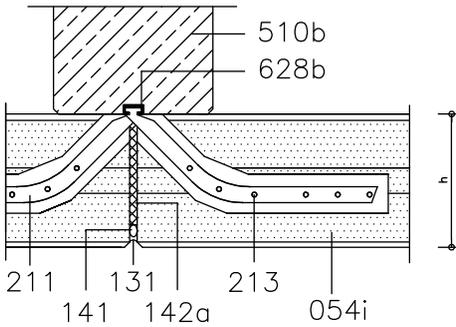
Brandwand

Mittelverankerung von liegend angeordneten Hebel Brandwandplatten an Stahlbetonkonstruktion

325012



Detail Nr.:



Mindestdicken von Brandwänden		
Festigkeitsklasse	Rohdichte kg/dm ³	Plattendicke h mm
P 4,4	550	≥175
AAC 4.5	550	≥175

- 054i Hebel Wandplatten mit Nut und Feder als Brandwandplatten
- 121a Kleber und Fugenfüller, Aufstandsfläche vollflächig verklebt
- 131 Fugendicht W
- 141 PE-Rundschnur, offenporig, nicht wassersaugend
- 142a Mineralfaserplatte, Baustoffklasse A nach DIN EN 13162, $\rho \geq 30 \text{ kg/m}^3$, Schmelzpunkt $\geq 1000^\circ\text{C}$
- 211 Nagellasche, Ausführung gem. Zulassung Z-21.8-1857
- 213 Hülsen Nagel, Edelstahl
- 510b Stahlbetonkonstruktion, mindestens F90 nach DIN 4102-4 erforderlich
- 628b Ankerschiene 38/17, Ausführung gem. Zulassung der Ankerschienen-Hersteller, durchlaufend oder in Stücken, bauseitige Leistung

Maße in mm

Stand: 01.04.2016

K

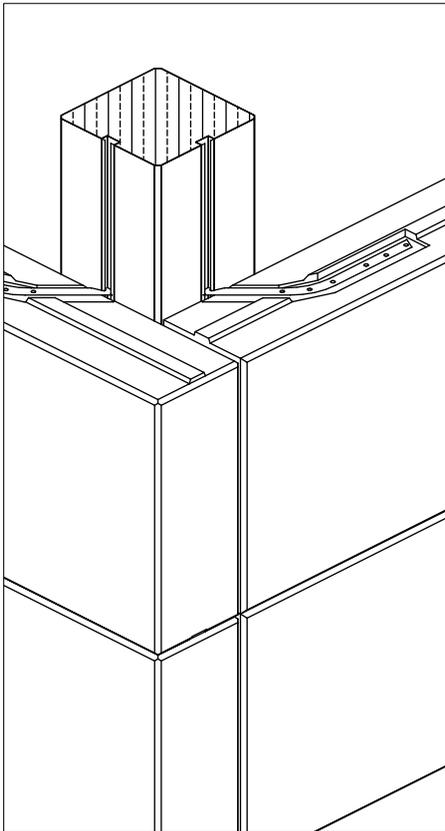
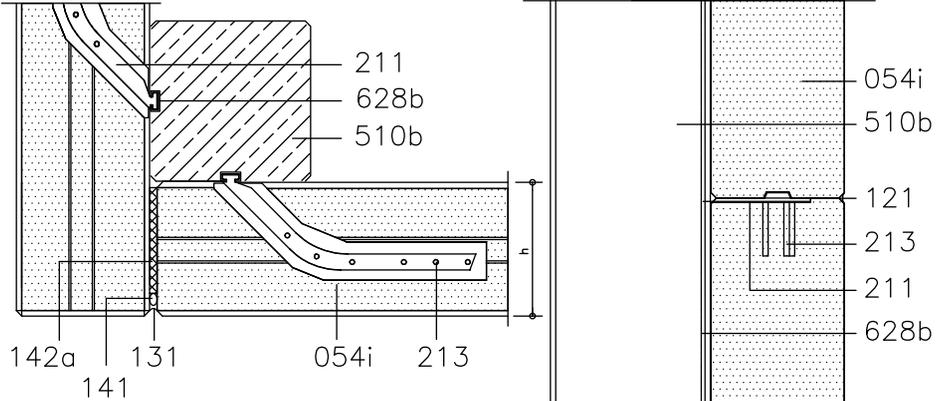
Brandwand

Eckverankerung von liegend angeordneten Hebel Brandwandplatten an Stahlbetonkonstruktion

325162



Detail Nr.:



K

Mindestdicken von Brandwänden		
Festigkeitsklasse	Rohdichte kg/dm ³	Plattendicke h mm
P 4,4	550	≥175
AAC 4,5	550	≥175

- 054i Hebel Wandplatten mit Nut und Feder als Brandwandplatten
- 121 Kleber und Fugenfüller
- 131 Fugendicht W
- 141 PE-Rundschnur, offenporig, nicht wassersaugend
- 142a Mineralfaserplatte, Baustoffklasse A nach DIN EN 13162, $\rho \geq 30\text{kg/m}^3$, Schmelzpunkt $\geq 1000^\circ\text{C}$
- 211 Nagellasche, Ausführung gem. Zulassung Z-21.8-1857
- 213 Hülsen Nagel, Edelstahl
- 510b Stahlbetonkonstruktion, mindestens F90 nach DIN 4102-4 erforderlich
- 628b Ankerschiene 38/17, Ausführung gem. Zulassung der Ankerschienenhersteller, durchlaufend oder in Stücken, bauseitige Leistung

Maße in mm

Stand: 01.04.2016

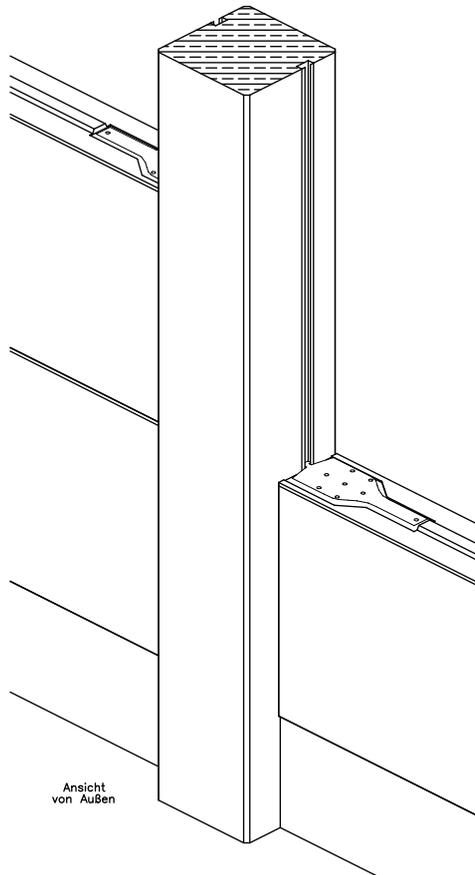
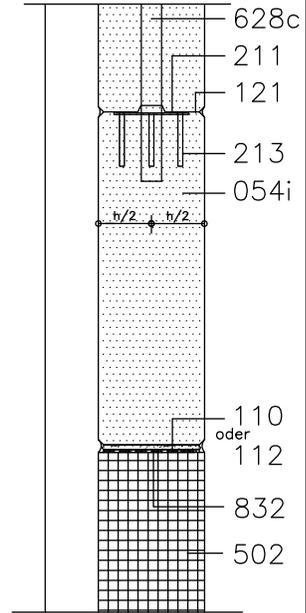
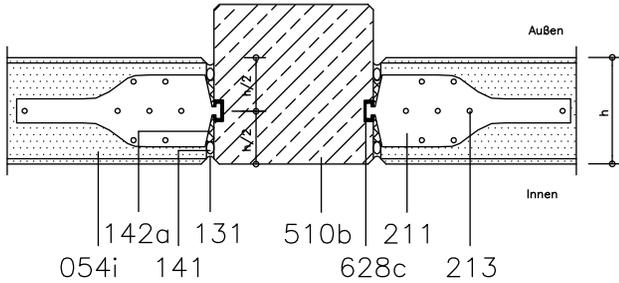
Brandwand

Verankerung von liegend angeordneten Hebel Brandwandplatten zwischen Stahlbetonkonstruktion

32552



Detail Nr.:



Mindestdicken von Brandwänden		
Festigkeitsklasse	Rohdichte kg/dm ³	Plattendicke h mm
P 4,4	550	≥175
AAC 4.5	550	≥175

- 054i Hebel Wandplatten mit Nut und Feder als Brandwandplatten
- 110 Mörtel-MG III bzw. M 10 als Mörtelbett
- 112 Dünnbettmörtel
- 121 Kleber und Fugenfüller
- 131 Fugendicht W
- 141 PE-Rundschnur, offenporig, nicht wassersaugend
- 142a Mineralfaserplatte, Baustoffklasse A nach DIN EN 13162, $p \geq 30\text{kg/m}^3$, Schmelzpunkt $\geq 1000^\circ\text{C}$
- 211 Nagellasche, Ausführung gemäß Zulassung Z-21.8-1857
- 213 Hülsenagel, Edelstahl
- 502 Sockel/Fertigteilssockel
- 510b Stahlbetonkonstruktion, mindestens nach DIN 4102-4 erforderlich
- 628c Ankerschiene 38/17, Ausführung gem. Zulassung der Ankerschienenhersteller, durchlaufend oder in Stücken, bauseitige Leistung
- 832 Feuchtigkeitsabdichtung

Maße in mm

Stand: 01.04.2016

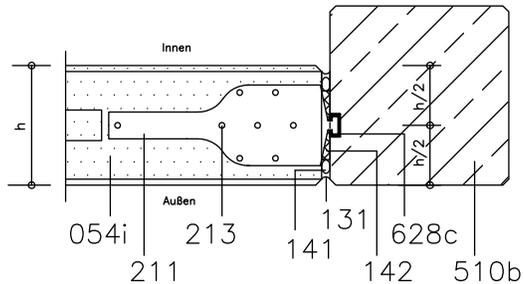
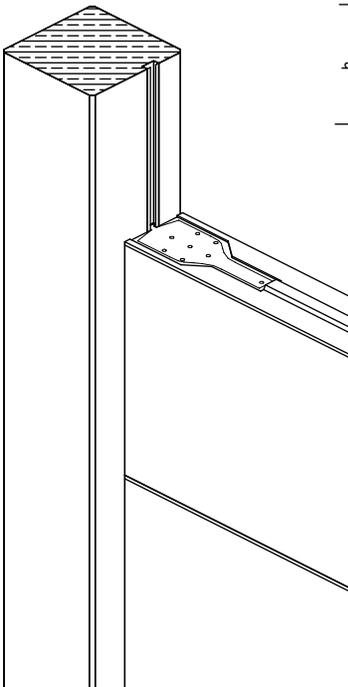
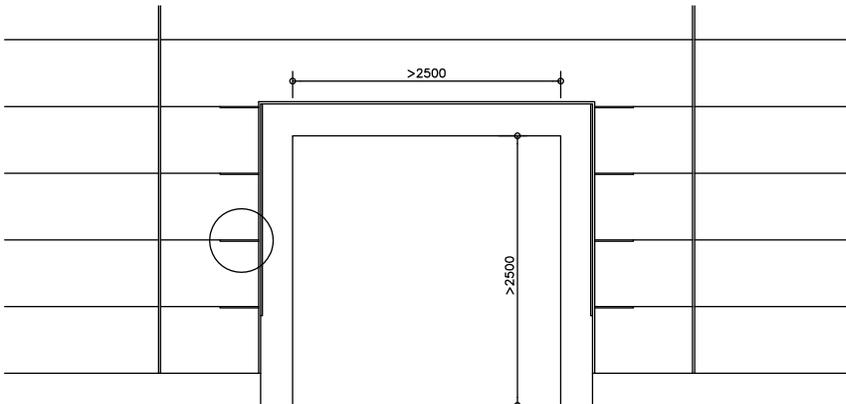
K

Torrahmen für Feuerschutztor
in Brandwänden aus
liegend angeordneten Hebel Wandplatten

32095

 hebel

Detail Nr.:



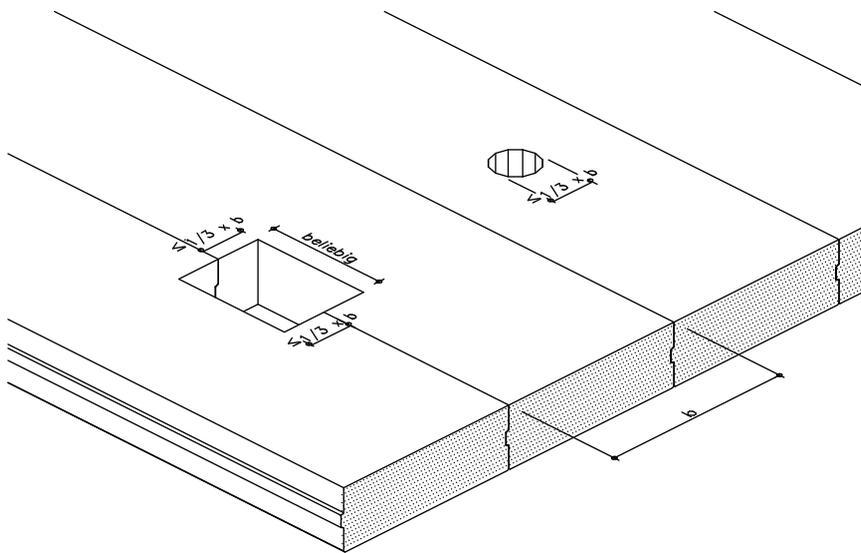
Mindestdicke von Brandwänden bzw.
Komplextrennwänden

Druck- festigkeits- klasse	Rohdichte- klasse	Plattendicke h (mm)	
		Brandwände	Komplex- trennwände
P 4,4	0,55	≥ 175	≥ 250
AAC 4.5	550	≥ 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 gem. Zulassung Z-21.8-1857
- 213 Hülsennagel, Edelstahl
- 510b Stahlbetonkonstruktion, mindestens F 90 (bei Brandwänden) oder F 180 (bei Komplextrennwänden)
- 628c Ankerschiene 38/17, Ausführung gem. Zulassung der Ankerschienenhersteller, durchlaufend oder in Einzellängen, bauseitige Leistung

Maße in mm

Stand: 01.04.2016



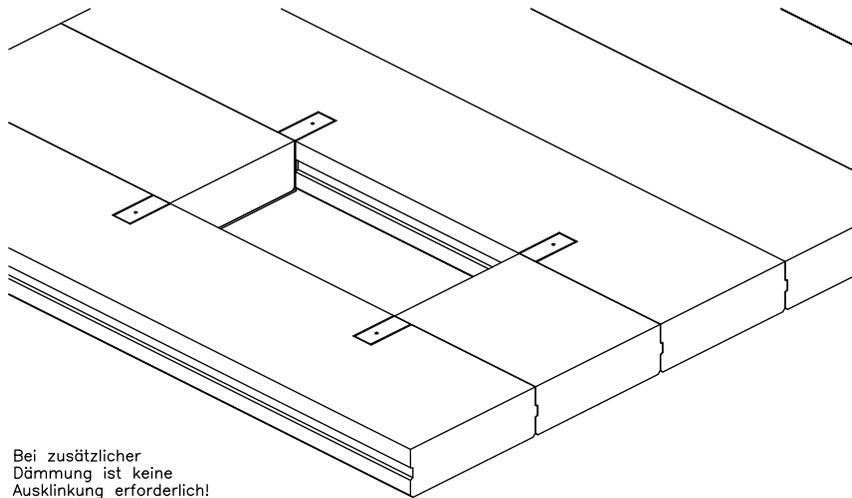
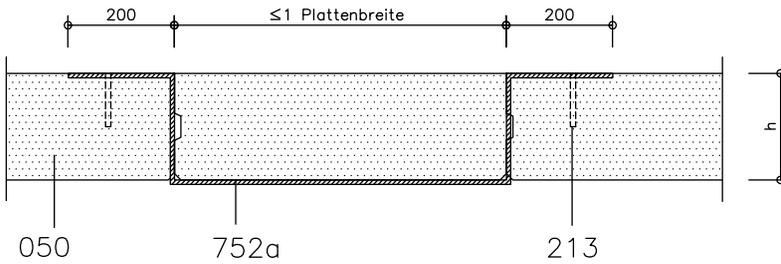
Der Restquerschnitt der Platte ist statisch nachzuweisen!

Stahlauswechslung für
 Öffnungen \leq Plattenbreite bei
 Hebel Dachplatten, mit Randlasten

10011



Detail Nr.:



Bei zusätzlicher
 Dämmung ist keine
 Ausklinkung erforderlich!

050 Hebel Dachplatten mit Nut und Feder
 213 Hülsennagel, Edelstahl
 752a* Wechselfügel, Flachstahl 80x8,
 verschweißt

* mit Korrosionsschutz DIN EN ISO 12944

Maße in mm

Stand: 01.04.2016

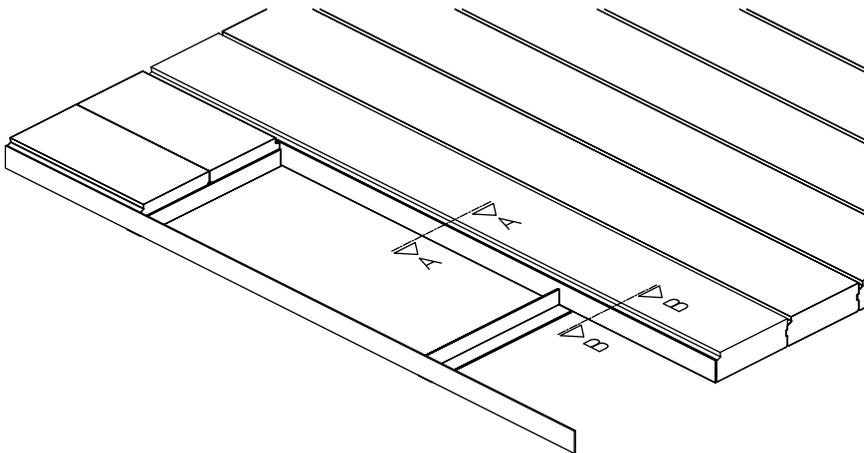
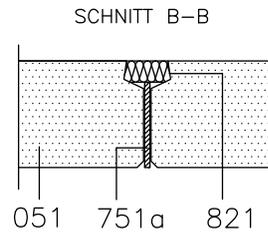
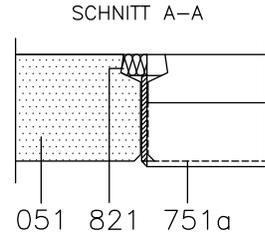
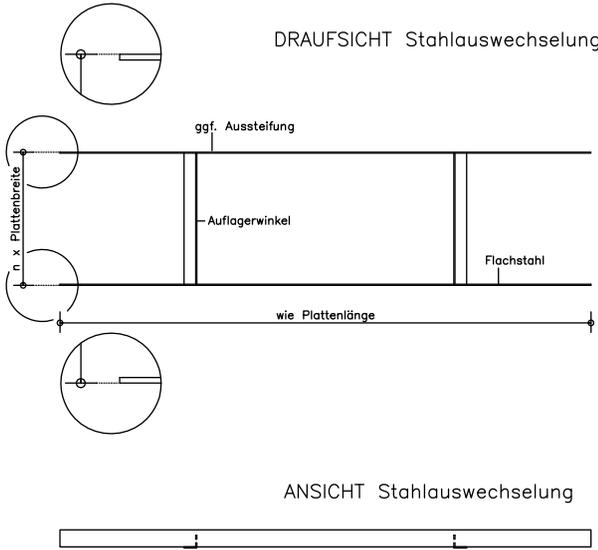
K

Stahlauswechslung für
Öffnungen bei
Hebel Dachplatten, ohne Randlasten

10023

hebel

Detail Nr.:



– Auswechslung während der
Montage nicht durch Material-
transporte belasten!

051 Hebel Dachplatten
751a* Wechselrahmen aus Profilstahl,
Abmessungen der Profile und
Schweißnähte nach stat. Berechnung
821 Wärmedämmung

Maße in mm

* mit Korrosionsschutz DIN EN ISO 12944

Stand: 01.04.2016

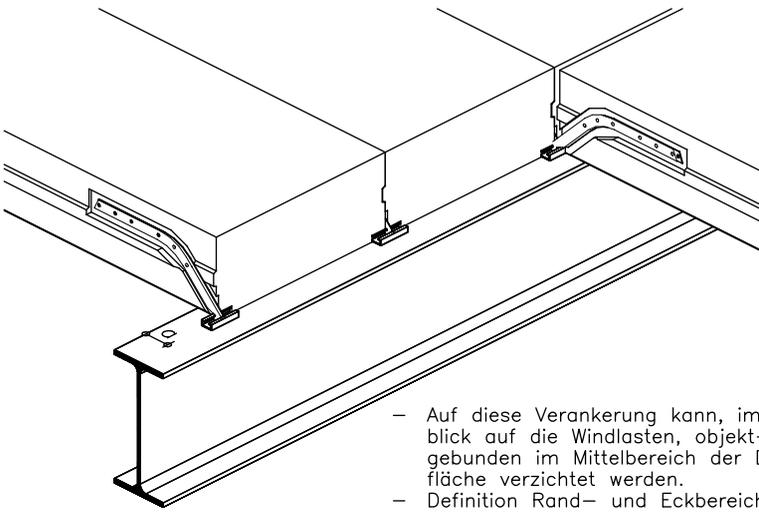
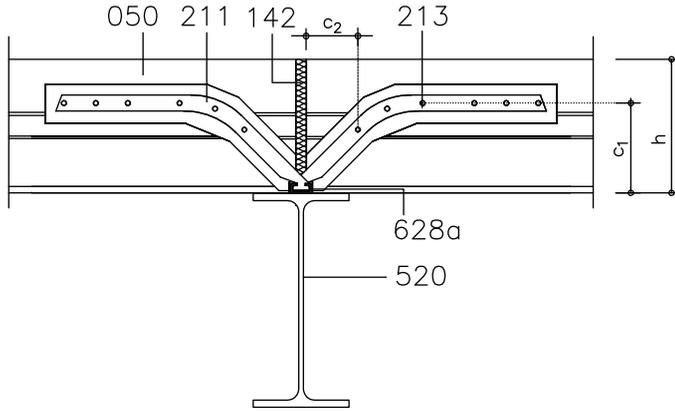
K

Mittelverankerung von Hebel Dachplatten
mit Nut und Feder
auf Stahlkonstruktion

110022



Detail Nr.:



- Auf diese Verankerung kann, im Hinblick auf die Windlasten, objektgebunden im Mittelbereich der Dachfläche verzichtet werden.
- Definition Rand- und Eckbereich gem. DIN EN 1991-1-4, Abschn. 7.2.3, Bild 7.6 "Flachdächer".

Mindestauflager: DIN 4223-2, Abschn.12.6
a ≥ 50mm bzw. ≥ l/80.

Bemessungswiderstand V_{Rd} (kN) je Verankerungslasche			
Verankerungstyp	Plattendicke h	c_1, c_2	P 4,4
			Ankerschiene 38/17
17	150	siehe Zulassung Z-21.8-1857	-
	175		1,90
16	200		5,20
	250		5,20
	300		5,20

- 050 Hebel Dachplatten mit Nut und Feder
- 142 Mineralfaserplatte
- 211 Nagellasche, Ausführung gem. Zulassung Z-21.8-1857
- 213 Hülsen Nagel, Edelstahl
- 520 Stahlkonstruktion
- 628a Ankerschiene 38/17 G, Ausführung gem. Zulassung der Ankerschienersteller, l=100mm, bauseitige Leistung

Maße in mm

Stand: 01.04.2016

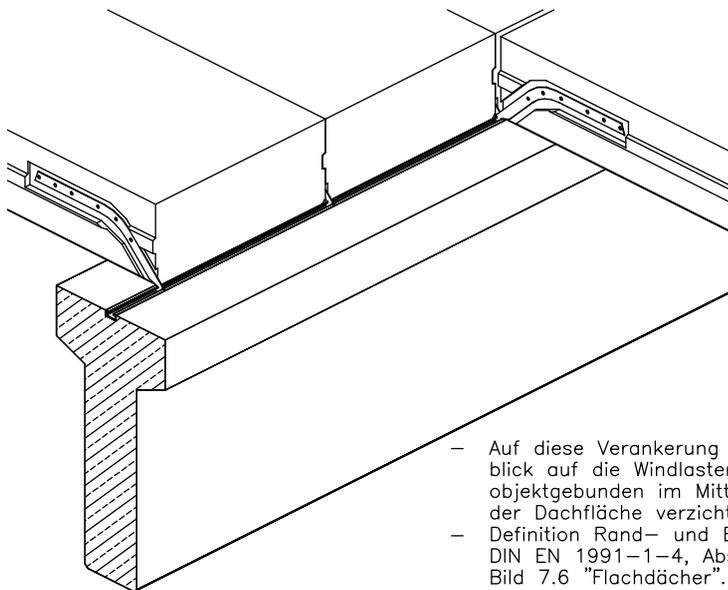
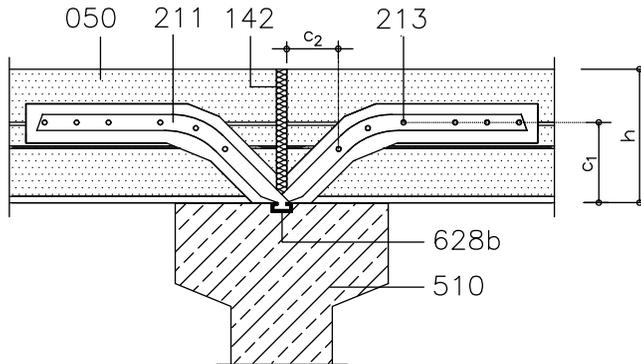
K

Mittelverankerung von Hebel Dachplatten
mit Nut und Feder
auf Stahlbetonkonstruktion

120022

hebel

Detail Nr.:



- Auf diese Verankerung kann, im Hinblick auf die Windlasten, nach Prüfung objektgebunden im Mittelbereich der Dachfläche verzichtet werden.
- Definition Rand- und Eckbereich gem. DIN EN 1991-1-4, Abschn. 7.2.3, Bild 7.6 "Flachdächer".
- Mindestauflager:
DIN 4223-2, Abschn. 12.6
 $a \geq 50\text{mm}$ bzw. $\geq 1/80$.

Bemessungswiderstand V_{Rd} (kN) je Verankerungslasche			
Verankerungs- typ	Platten- dicke h	c_1, c_2	P 4,4
			Ankerschiene 38/17
17	150	siehe Zulassung Z-21.8-1857	-
	175		1,90
16	200		5,20
	250		5,20
	300		5,20

- 050 Hebel Dachplatten mit Nut und Feder
- 142 Mineralfaserplatte
- 211 Nagellasche, Ausführung gem. Zulassung Z-21.8-1857
- 213 Hülsen Nagel, Edelstahl
- 510 Stahlbetonkonstruktion
- 628b Ankerschiene 38/17, Ausführung gem. Zulassung der Ankerschienenhersteller, durchlaufend oder in Einzelstücken, bauseitige Leistung

Stand: 01.04.2016

mit Korrosionsschutz DIN EN ISO 12944

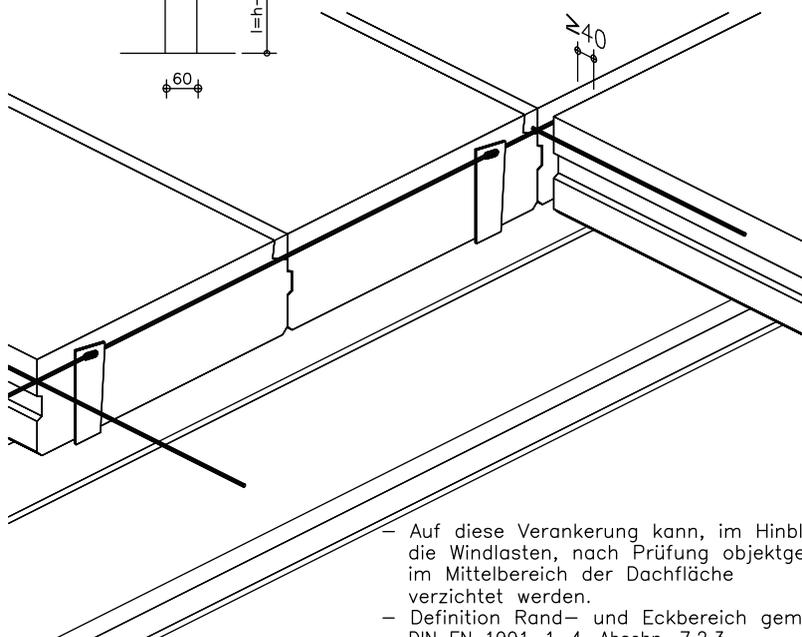
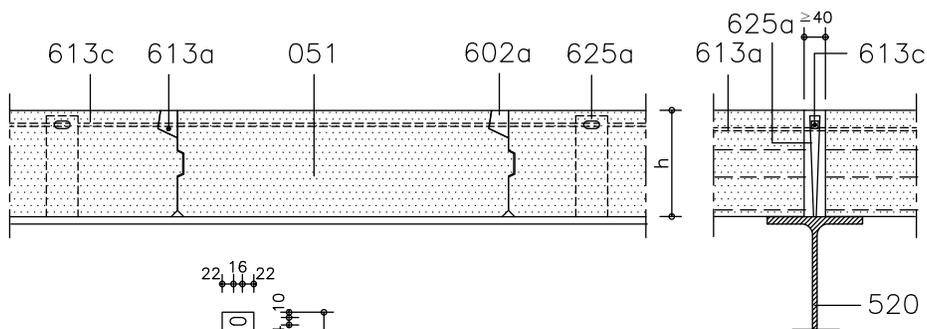
K

Mittelverankerung von Hebel Dachplatten
auf Stahlkonstruktion

11010

 hebel

Detail Nr.:



- Auf diese Verankerung kann, im Hinblick auf die Windlasten, nach Prüfung objektgebunden im Mittelbereich der Dachfläche verzichtet werden.
- Definition Rand- und Eckbereich gem. DIN EN 1991-1-4, Abschn. 7.2.3 Bild 7.6 "Flachdächer"

- 051 Hebel Dachplatten
- 520 Stahlkonstruktion
- 602a Verfüllung Mörtel MG III, DIN 1053 bzw. Mörtelklasse M10, DIN EN 998-2
- 613a Abhubsicherung B500A (1,0438), $\phi 6\text{mm}$ / $l=1000\text{mm}$, als Steckstab
- 613c Abhubsicherung B500A (1,0438), $\phi 6\text{mm}$ / als durchlaufende Fugenbewehrung
- 625a Halblech $60\text{mm} \times 5\text{mm} \times (h-10\text{mm})$, Abstand= 1000mm , bauseitige Leistung

Mindestauflager:
DIN 4223-2, Abschn. 12.6
 $a \geq 50 \text{ mm}$ bzw. $\geq l/80$.

Maße in mm

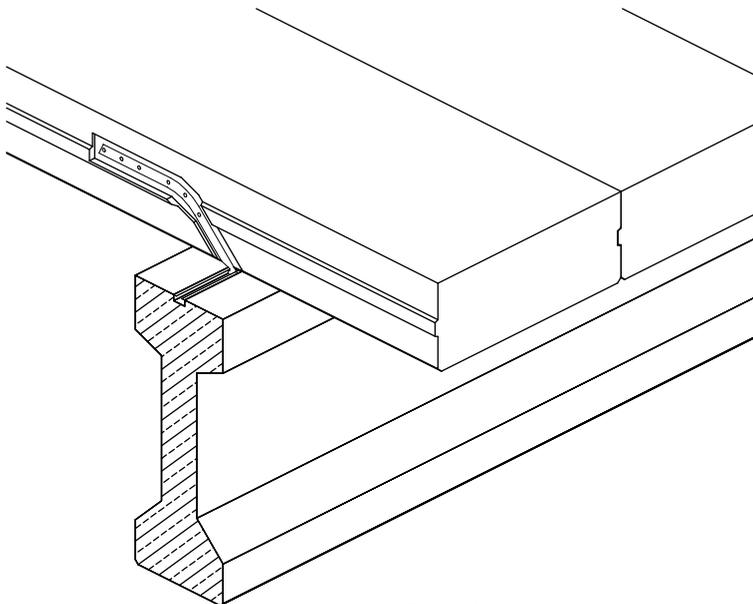
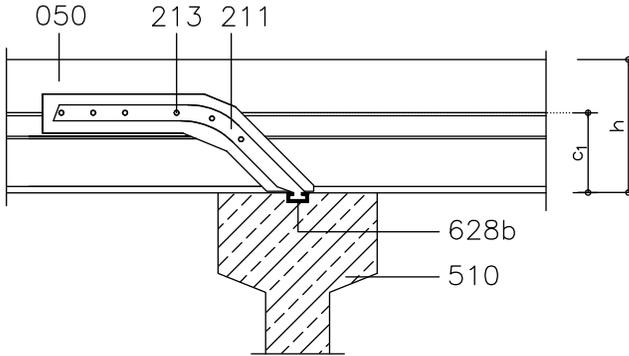
Stand: 01.04.2016

Endverankerung von Hebel Dachplatten
mit Nut und Feder
auf Stahlbetonkonstruktion,
mit Ortgangüberstand

120612



Detail Nr.:



Bemessungswiderstand V_{Rd} (kN) je Verankerungslasche			
Verankerungs- typ	Platten- dicke h	c_1	P 4,4
			Ankerschiene 38/17
17	150	siehe Zulassung Z-21.8-1857	—
	175		1,90
16	200		5,20
	250		5,20
	300		5,20

- 050 Hebel Dachplatten mit Nut und Feder
- 211 Nagellasche, Ausführung gem. Zulassung Z-21.8-1857
- 213 Hülsenagel, Edelstahl
- 510 Stahlbetonkonstruktion
- 628b Ankerschiene 38/17, Ausführung gem. Zulassung der Ankerschienenhersteller, durchgehend oder in Einzelstücken, bauseitige Leistung

Maße in mm

Stand: 01.04.2016

K

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 Unfallverhütungsvorschriften, die Merkblätter der Berufsgenossenschaft, unsere Leistungsbeschreibung sowie die Montagezeichnungen und Verlegepläne mit den dazugehörigen Details zu beachten.

Weitere Informationen finden Sie im Internet unter www.hebel.de im Bereich Download & Service für den Wirtschaftsbau.

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 vorab ist die beste Voraussetzung für einen schnellen und rationalen Baufortgang auf der Baustelle.

Die Befahrbarkeit der Baustelle von allen Außenseiten 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/AAC 3,5-400 690 kg/m³;

P 3,3-0,50/AAC 3,5-500 790 kg/m³ und für P 4,4-0,55/AAC 4,5-550 840 kg/m³ 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, darf diese weder ausgebessert noch verlegt werden.

Die Lagerflächen müssen eben sein. Die gebänderten Plattenpakete werden mit einem Abladebügel entladen und auf Kanthölzer gesetzt. Werden Plattenpakete in mehreren Lagen gestapelt, ist darauf zu achten, dass die Lagerhölzer fluchtend übereinander liegen. Beim Lösen der Bänder sind die Platten gegen Kippen zu sichern.

Bei Transport, Lagerung und Montage von Hebel Bauteilen sind die entsprechenden Sicherheitshinweise zu beachten, die bei Hebel angefordert oder im Internet unter www.hebel.de im Bereich Wirtschaftsbau 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 als bauseitige Leistung vom Auftraggeber vor Eis und Schnee zu schützen.

Die Montagebauteile sind grundsätzlich vor Feuchte zu schützen, ggf. durch Abdecken. Für das Abtauen von Schnee und Eis darf kein Salz verwendet werden; evtl. ist der Einsatz eines Gasbrenners möglich. 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 Schutz-

maßnahmen 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 EN 206, Tabelle 1, Klassen XD, XS, XF und XA) 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 CO₂-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

DIN-Vorschriften	
DIN EN 206	Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
DIN 488	Betonstahl
DIN EN 1363	Feuerwiderstandsprüfungen
DIN EN 1991	Einwirkungen auf Tragwerke
DIN EN 1991/NA	Einwirkungen auf Tragwerke/Nationale Anhänge
DIN EN 1992	Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken
DIN EN 1992/NA	Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken/Nationale Anhänge
DIN EN 1993	Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
DIN EN 1996	Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten
DIN EN 1996/NA	Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten/Nationale Anhänge
DIN 4102	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
DIN 4108	Wärmeschutz und Energieeinsparung
DIN 4109	Schallschutz im Hochbau
DIN 4223	Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton
DIN V 4701	Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen
DIN EN ISO 6946	Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient
DIN EN ISO 10211	Wärmebrücken im Hochbau
DIN EN 12602	Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton
DIN EN ISO 12944	Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme
DIN EN 13162	Wärmedämmstoffe für Gebäude

DIN EN ISO 13370	Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden
DIN EN 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 EN ISO 14025	Umweltkennzeichnungen und Deklarationen
DIN 18195	Bauwerksabdichtungen
DIN 18550	Putz und Putzsysteme
DIN V 18599	Energetische Bewertung von Gebäuden

Folgende Zulassungsbescheide für Montagebauteile aus Porenbeton der Marke Hebel stehen unter www.hebel.de im Bereich Downloads im Wirtschaftsbau zur Verfügung:

Zulassungsbescheide	
Z-21.8-1857	Xella Nagellaschen (Typ 12, Typ 16 und Typ 17) zur Verankerung von Porenbetonmontagebauteilen
Z-23.11-1781	Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton nach DIN 4223-1 (Wärmeleitfähigkeiten)

Für Ergänzungsprodukte liegen, soweit erforderlich, weitere Zulassungen, Bescheide, Prüfzeugnisse und Übereinstimmungszertifikate vor.

Hebel Bauteile werden wärmedämmtechnisch fremdüberwacht: Durch eine verschärfte Form der Qualitätsüberwachung wird eine niedrigere Wärmeleitfähigkeit gesichert als in DIN 4108-4 angegeben. Diese bessere Wärmedämmung wird durch Zulassungsbescheid Z-23.11-1781 bescheinigt.

Index

Zum Gebrauch:

Der besseren Übersichtlichkeit wegen werden in diesem Index Produktnamen vereinfachend ohne den Markennamen „Hebel“ genannt, z. B.:

Dachplatten	36
statt	
Hebel Dachplatten	36

A

Abdichtung: siehe Feuchtigkeitsabdichtung
Abfangkonsolen: siehe Konsolen
Abhängehaken 58
Abladebügel 30
Achismaße 180
Acryl-Außenbeschichtung 54 f
Acryl-Spachtel 53
Anker: siehe Dübel
Ankerbolzen 74
Ankerschienen 72 ff
Anlagentechnik 114
Anschlussfugen: siehe Fugen
Arbeitsplatzbedingungen 192
Arbeitsvorbereitung 221
A-Schalldruckpegel 172 ff
Auflager
 Dachplatten 39, 90
 Deckenplatten 94 f
Auflagerkonsolen: siehe Konsolen
Auflast
 Wandplatten 69
Ausbesserungen 221
Auskragungen
 Dachplatten 37, 91
Aus Kühlverhalten 122
Außenbeschichtung 51 ff
 Renovierung 55
 Wandplatten 51 ff
Außendruckbeiwert 66 f
Außenlärm 160 ff
Außenlärmpegel
 maßgeblicher 160 f
 zulässiger 166
Außenwand 24
 Wandplatten 27
Aussparungen: siehe Öffnungen
Autoklaven 17 f

B

Bauphysik 99 ff
Bau-Schalldämm-Maß 156 f
Baustellenvorklärung 221
Baustoffklasse 28, 148 ff

Baustoffklasse nach DIN 4102 28
Bausystem 24 ff
 Gebäude im Wirtschaftsbau 24
Befestigungen 59 ff
Behaglichkeit 122
Bekleidungen: siehe Fassadenbekleidungen
Bemessung
 Brandwandplatten 79
 Dachplatten 80 ff
 Deckenplatten 94 ff
 Komplextrennwandplatten 79
 Verankerungsmittel 72 ff
 Wandplatten 62 ff
Bemessungswiderstände 73 f
Beratung 25
Beschichtung 49 ff
Betonverguss
 Deckenplatten 43
Bewegungsfugen: siehe Fugen
Bewehrung 17
 Dachplatten 80
 Dachscheiben 91
 Deckenplatten 94
 Wandplatten 62
Biegemoment
 Dachscheiben 91
Blocklasten
 Wandplatten 69
Blower-Door-Test 112
Bohrungen
 Dachplatten 37
 Deckenplatten 40
 Wandplatten 28
Brandschutz: siehe Brandsicherheit
Brandschutzverglasungen 34, 151
Brandsicherheit 14, 147
 Brandwandplatten 32
 Dachplatten 36, 150
 Einstufung der Hebel Bauteile 151
 Klassifizierung 151
 Komplextrennwandplatten 35
 Wände 151
Brandsicherheitsdach 150
Brandsicherheitswände 150
Brandverhalten von Baustoffen 147 f
Brandwände 32 ff, 150 ff

Brandwandplatten 32, 79
Brüstungshöhe 185
Brüstungswandplatten 71

C

Calciumhydroxid 17
Calcium-Silikat-Hydrat 17

D

Dachdeckung 40
Dächer 22, 36 ff
 Abdichtung 57
 belüftet 57
 Dachdeckung 55
 Dachhaut 57
 Formen 36
 nicht belüftet 57
Dachplatten 36 ff
Dachscheiben 39, 91
 Bemessung 92
 Bewehrung 91
 Typen 91
Dampfdruck-Ausgleichsschicht
 Dach 57
Dampfhärtung 17
Decken 22, 41
 abgehängt 58
Deckenplatten 41 ff
Deckenplatten-Verlegezange 43
Deponierung 19
Dichtheitsprüfung 112
Dienstleistungen 25
Diffusionsdiagramme 141 ff
Diffusionsnachweis 139
Diffusionsverhalten
 Beschichtung 49
 Porenbeton-Bauteile 15, 137
DIN-Vorschriften 223
Dispersions-Klebmörtel 46 ff
Dispersionssilikatbeschichtung 53
Drahtabhänger 58
Druckbogen-Zugband-System 91 f
Druckfestigkeit, charakteristische
 Dachplatten 38, 80

Deckenplatten 41, 94
Wandplatten 28, 62
Druck- und Schubkraftübertragung
 Dachscheiben 92
Dübel 59 ff
Dünnbettmörtel 31

E

Eigenlast
 Brandwandplatten 79
 Dachplatten 80
 Deckenplatten 94
 Komplextrennwandplatten 79
 Wandplatten 62
Elastizitätsmodul 62
Elementierung 186
Elementkleber 47
Energieausweis 117
Energiebedarf 108
Energieeffizienz 106
Energieeinsparverordnung 106 ff
 Anforderungen 107 f
Energiesparen 100, 122
EPD 19
Erneuerbare Energien 115
Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz 121

F

Farbgestaltung
 Außenbeschichtung 52
Fassadenbekleidungen 56
Fensterpeiler 185
Feuchteschutz 136
Feuchtigkeitsabdichtung 44
 Wände
 horizontal 46
Feuchtigkeitsausfall 136
Feuchtigkeitschutz 46
Feuerschutz: siehe Brandsicherheit
Feuerschutztüren 33 f, 151

Feuerwiderstandsdauer 27, 148, 152
Feuerwiderstandsfähigkeit 149
Feuerwiderstandsklasse 27 f, 149 f
Flachdach: siehe Dächer
Flächenlasten
 Brandwandplatten 79
 Komplextrennwandplatten 79
 Wandplatten 62
Fluglärm 160
Folgearbeiten 26, 45 ff
Formate
 Brandwandplatten 33
 Dachplatten 38
 Deckenplatten 42
 Komplextrennwandplatten 35
 Wandplatten 29
Fugen 46 ff
 Anschlussfugen 50
 Bewegungsfugen 50
 Fugentiefe 48
 horizontal 49 f
 Wandplatten, liegend 49
 Wandplatten, stehend 49
 Kleber und Fugenfüller 46
 konstruktiv bedingt 50
 Längsfugen 47
 vertikal 49 f
 Wandplatten, liegend 49
 Wandplatten, stehend 49
Fugenbewehrung
 Deckenplatten 41
Fugendichtungsmasse
 elastoplastisch 49
 plastoelastisch 48
 Materialbedarf 48
Fugenverguss
 Deckenplatten 41
Füllmörtel 222

G

Gebäudeheizung 105
Gebäudezonierung 109
Gebrauchstauglichkeit 97

Geräte
 Abladebügel 30
 Montagedorn 30
 Verlegebügel 40
 Verlegezange 40, 43
Gesamtenergieeffizienz 106
Geschwindigkeitsdruck 63
Gesundheitsschutz 222
Gewährleistung 18
Gewerbe- und Industrielärm 160
Gewindebolzen 60
Grundgeräuschpegel 155
Grundierung 52
Güteüberwachung 18

H

Haltekonstruktionen 75 ff
Halteteile
 Wandplatten 72 ff
Hebel Bausystem 23 ff
Hebel Bauteile 25 ff
Heizkosten 100, 123
Herstellung von Porenbeton 14 ff

I

Immisionsrichtwerte für Anlagengeräusche 167
Innenausbau 26
Innenbeschichtung 58
Innengeräuschpegel 166 f
Innenwand 24
Instandhaltung 193

J

Jahres-Primärenergiebedarf 107

K

Kiesschüttung 57
Kippaussteifung 39
Kleber und Fugenfüller 46 ff
Klimaanlagen 123

Komplextrennwände 35, 150 ff
Komplextrennwandplatten 35
 Stoßbelastung 79
Kondensationszonen 137
Konsolen 75 ff
 aus Flachstahl 75
 aus Winkelstahl 76
 Randdruckspannung 75 f
 Tragfähigkeit 75
Konstruktionsbeispiele 195 ff
Korrosionsschutz
 Ankerschienen 78
 Verankerungen und
 Haltekonstruktionen 77
Kriechzahl 96
Kunstharz-Dispensionsbeschichtung 54
Kunststoff-Dachbahnen 57

L

Längsfugen 47
Längsseiten
 Wandplatten 29
Lastannahmen
 Dachplatten 80
 Wandplatten 63
Lastfälle
 Wandplatten 69
Lautheit 155
Leistungen
 Vertriebspartner 25
Luftdichtheit 15, 112
 Prüfung 113
Luftschall 156
Luftschichtdicke, diffusionsäquivalente 137
 Beschichtung 49

M

Masse, flächenbezogene 158
Massivbaustoff 14
Materialkennwerte
 Brandwandplatten 79
 Dachplatten 80
 Deckenplatten 94
 Komplextrennwandplatten 79
 Wandplatten 62
Materialtransport 222
Metallabdeckungen 57
Metallfassaden 56
Modularität 188
Modulhallen 185
Montage: siehe Verarbeitung
Montagebeschädigungen 222
Montagedorn 30
Mörtelbett
 Wandplatten 30

N

Nachhallzeit 167 f
Nachhaltigkeit 19
Nägel 59
Nagellasche
 Endverankerung 73
 Mittelverankerung 73
 Verankerung zwischen Stützen 73
Normen 223
Nuten: siehe Profilierung
Nut-und-Feder-Profilierung: siehe Profilierung
Nutzenergie 110
Nutzung 192
Nutzungsänderungen 193

O

Oberflächenbehandlung
 Wandplatten
 außen 51 ff
 innen 58

Oberflächentemperatur 122
Öko-Label 20

P

PE-Rundschnur 49
Phasenverschiebung 133 ff
Planung 23, 180
 Dachplatten 35, 181
 Deckenplatten 39, 40
 Wandplatten 187 ff
Plattenlastfälle
 Wandplatten 69
Poren 17
Porenbeton-Nägel 59
Porenbildner 17
Primärenergiebedarf 106, 115
Primärenergieverbrauch
 Herstellung 19
Produktion: siehe Herstellung
Produkt-Kenndaten
 Brandwandplatten 79
 Dachplatten 38
 Deckenplatten 41
 Elementkleber 47
 Kleber und Fugenfüller 46
 Komplextrennwandplatten 79
 plastoelastische Fugenmasse 48
 Wandplatten 28
Produktpalette 24
Produktqualität 18
Profilieren 17
Profilierung
 Dachplatten 36, 37
 Deckenplatten 41
 Wandplatten 27

Q

Qualitätssicherung 18 f
Quarzsand 18
Querdehnungszahl
 Wandplatten 62
Querkräfte, zulässige
 Wandplatten 72

R

Randlasten
 Wandplatten 69
Rasterplanung 183
Raumklima 17, 122 ff, 192
Raumlufttemperatur 122
Recycling 19
Referenzgebäude 108
Regenschutz 136
Relaxation 96
Ringanker
 Deckenplatten 43
Ringkupplung 30
Rohdichte
 Brandwandplatten 79
 Dachplatten 80
 Deckenplatten 94
 Komplextrennwandplatten 79
 Wandplatten 62
Rohstoffe 16, 19

S

Sägen
 Dachplatten 39
 Deckenplatten 43
 Wandplatten 30
Schadstoffe 17
Schadstoffemissionen
 Herstellung 19
Schallabsorption 15, 165 ff
 Schallabsorptionsfläche, äquivalente 168
 Schallabsorptionsgrad 165
Schallabstrahlung 166 ff
Schallausbreitung 168

- Schalldämm-Maß
 - bewertetes 154 ff
 - erforderliches resultierendes Anforderungen 160
 - Außenwände 162
 - Schalldämm-Maße von Hebel Porenbeton-Bauteilen
 - Dächer 165
 - Wände
 - einschalig 162
 - Wände mit vorgehängter Fassade 162
 - Schalldruckpegel 169
 - Schallpegel 155 f, 166
 - Abnahme 168
 - Minderung 167
 - Verlauf 167
 - Schallquelle 154
 - Schallschutz 15, 154 ff
 - Außenwände 160
 - Dächer 165
 - Nachweisführung 162
 - Prüfungen 154
 - Schallschutzanforderungen 155, 160
 - Außenwände 162
 - Schallschutznachweise
 - Außenwände 160 ff
 - Scheibenbelastung 69
 - Scheibenlastfälle
 - Wandplatten 69
 - Schienenverkehrslärm 160
 - Schlagregenschutz 46, 136
 - Schlankheit
 - Wandplatten 69
 - Schneelasten 85 ff
 - Schneiden der Bauteile 17
 - Schubspannung
 - Dachplatten 80
 - Deckenplatten 94
 - Wandplatten 62
 - Brandwandplatten 79
 - Komplextrennwandplatten 79
 - Schutz gegen Außenlärm 160
 - Schwinden 96
 - Service 25
 - Sheddach 36
 - Sicherheitsmaßnahmen 222
 - Silikat-Außenbeschichtung 53
 - Silikon-Außenbeschichtung 52
 - Sonneneintragskennwert 125 f
 - Spachtelung
 - Acryl-Außenbeschichtung 54
 - Silikat-Außenbeschichtung 53
 - Silikon-Außenbeschichtung 52
 - Spannungsrelaxation 96
 - Standard-Lieferprogramm
 - Brandwandplatten 33
 - Dachplatten 37
 - Deckenplatten 42
 - Komplextrennwandplatten 35
 - Wandplatten 29
 - 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 54
 - Silikat-Außenbeschichtung 53
 - Silikon-Außenbeschichtung 52 f
 - Sturzwandplatten 27
 - Stützweiten, maximale
 - Dachplatten 89
 - Deckenplatten 94
- T**
- Tauwasserbildung 136 ff
 - Hebel Dachplatten 137
 - Hebel Wandplatten 143
 - Wassermasse 139 ff
 - Tauwasserschutz 136
 - Teilsicherheitsbeiwerte 97
 - Temperaturamplitudenverhältnis 133 ff
 - Temperaturdämpfung 32, 110, 147
 - Temperaturschwankungen 132 f
 - Tobermorit 17
 - Tonnendach 36

Transmissionswärmeverlust 103
Transport 26, 222
Transportanker 30
Transportbeschädigungen 222
Transportlastfall
 Wandplatten 70
Trittschall 155 ff

U

Umbau 193
Umnutzung 193
Umweltproduktdeklaration 19
Unfallschutz 223 f
Unterdecken, leichte 58
Untergrund-Vorbehandlung
 Acryl-Außenbeschichtung 54
 Elementkleber 47
 Kleber und Fugenfüller 46
 plastoelastische Fugenmasse 48
 Silikat-Außenbeschichtung 53
 Silikon-Außenbeschichtung 52
Unterhaltskosten 192
U-Wert: siehe Wärmedurchgangskoeffizient
U-Wert, mittlerer 107, 110

V

Verankerung: siehe auch Konstruktionsbeispiele
 Ankerbolzen 74
 Ankerschienen 72
 Korrosionsschutz 77
 Nagellasche 73
 Nageltechnik 73
 Verankerungstypen 75 f
 Wandplatten 72 ff
 Eckverankerung 73
 Mittelverankerung 73
 Schraubverbindungen 74
 Verankerungsmittel 72
 Winkel 74
Verankerungsmittel 72 f
 Bemessungswiderstände 73 f

Verarbeitung 23, 26
 Acryl-Außenbeschichtung 52
 Dachplatten 36
 Deckenplatten 41
 Elementkleber 47
 Kleber und Fugenfüller 46
 plastoelastische Fugenmasse 48
 Silikat-Außenbeschichtung 53
 Silikon-Außenbeschichtung 52
 Wandplatten 27
Verarbeitungshinweise 221
Verformung bei Hitzeeinfluss 147
Verformungsverhalten 96
Verfugung: siehe Fugen
Verkehrslasten
 Dachplatten 80
Verklebung
 Längsfugen von Hebel Wandplatten 47
Verlegebügel
 für Dachplatten 40
Verlegen: siehe Verarbeitung
Verlegezange
 für Dach- und Deckenplatten 40, 43
Vertriebspartner 25
Vorhangfassaden 56

W

Wandabdichtungen: siehe Feuchtigkeitsabdichtung
Wandplatten 27 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
Wärmedämmung 14, 100
Wärmedehnkoeffizient 96
Wärmedehnzahl 28, 38, 41

Wärmedurchgangskoeffizient 103
 Dachplatten 104
 Decken 104
 Montagebauteile 104
 Wandplatten 104
Wärmedurchgangskoeffizient, mittlerer 107
Wärmedurchgangswiderstand 103
Wärmedurchlasswiderstand 101
 Luftschichten 102
 Montagebauteile 104
Wärmeeindringkoeffizient 131
Wärmekapazität
 spezifische 131
Wärmeleitfähigkeit 100
 Hebel Porenbeton 101
Wärmeschutz
 sommerlicher 113
 Nachweis 124 ff
 winterlicher 100 ff
 Nachweis 106
Wärmespeicherung 15
Wärme, spezifische 131
Wärmeübergangswiderstand 102
Wasseraufnahmekoeffizient
 Baustoff 146
 Beschichtung 51
Wasserdampfdiffusionswiderstand 137
Wasserdampf-Durchlässigkeit
 Beschichtung 51
Wasserdampfsättigungsdruck 139
Wasserdampfteildruck 139
Wassereindringzahl
 Beschichtung 51
Wasserverkehrslärm 160
Wetterschutz 52
Winddichtheit: siehe Luftdichtheit
Winddruck 65
Windgeschwindigkeit 63

Windlast
 Dachplatten 80
 Wandplatten 63 ff
Winterbaumaßnahmen 222
 Deckenplatten 41
Wirtschaftlichkeit 20, 192
Wirtschaftsbau-Bausystem 24
Witterungsschutz
 Dächer 57
 Montagebauteile 57

Z

Zonierung 109
Zugdehnung 96 ff
Zulassungsbescheide 223
Zusatzdämmung
 Dach 57
Zwischenstützenverankerung 72 f

Impressum

Herausgeber:

Xella Aircrete Systems GmbH
Düsseldorfer Landstraße 395
47259 Duisburg

Verantwortlich:

Torsten Schinkel
Leitung Produktmanagement Hebel
Xella Deutschland GmbH

Redaktion:

Mario Schmitz, Dipl. Ing.; Xella Deutschland GmbH
Michael Protz, Dipl.-Ing.; Xella Aircrete Systems GmbH
Torsten Schoch, Dipl.-Ing.; Xella Technologie- und Forschungsgesellschaft mbH

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

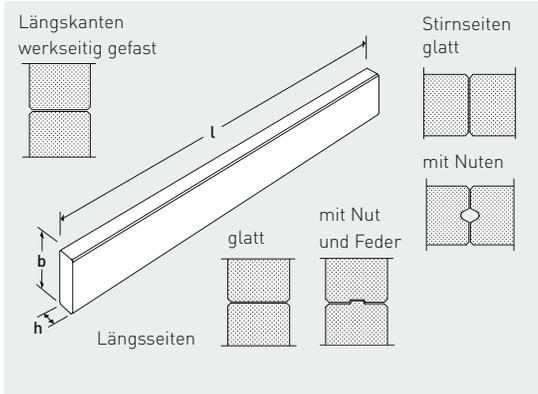
Auflage:

5.000 Stück

Produkt-Kenndaten Hebel Montagebauteile

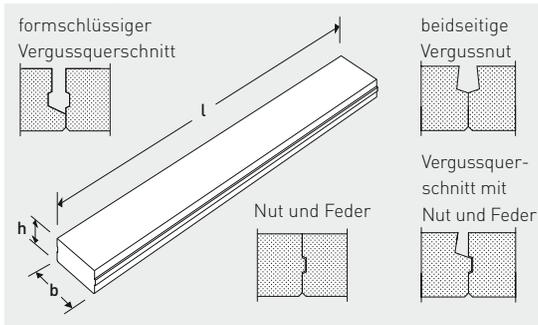
Druckfestigkeitsklasse	P 3,3/ AAC 3,5	P 3,3/ AAC 3,5	P 4,4/ AAC 4,5	Dimension
Charakteristische Druckfestigkeit f_{ck}	3,3/3,5	3,3/3,5	4,4/4,5	MPa
Rohdichte max.	400	500	550	kg/m ³
Wärmeleitfähigkeit λ	0,10	0,13	0,14	W/(mK)
Rechenwert für Eigenlasten einschließlich Bewehrung	5,2	6,2	6,7	kN/m ³
Elastizitätsmodul E_{cm}	1.250	1.750	2.000	MPa

Hebel Wandplatten



P 3,3-0,40/ AAC 3,4-400	P 3,5-0,5/ AAC 3,5-500	P 4,4-0,55/ AAC 4,5-550
Breite 600/625/750mm		
-	-	150
-	-	175
-	-	200
-	250	250
300	300	300
365	365	365
Systemmaß 6.000 mm		
Belastungs- und Dickenabhängig bis 8.300 mm		

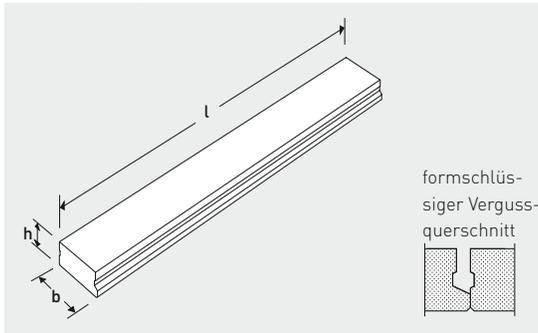
Hebel Dachplatten



Breite b [mm]	Dicke h [mm]	Länge l [mm]
600/625/750	150	Standard 6.000
	175	
	200	
	250	
	300	

* In Abhängigkeit von der Belastung und Dicke sind Plattenlängen bis zu 8.300 mm und statische Stützweiten bis zu 7.500 mm möglich.

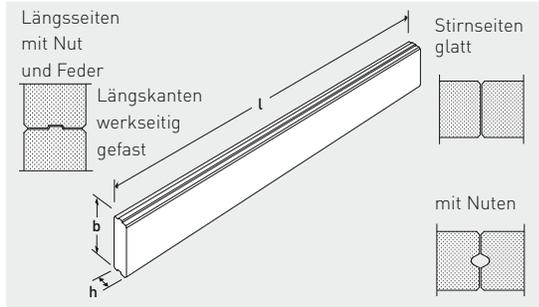
Hebel Deckenplatten



Breite b [mm]	Dicke h [mm]	Standardlänge l [mm]
600/625/750	200	5.000
	250	6.000
	300	6.000

* belastungs- und dickenabhängig auch andere Längen bis max. 8.000 mm möglich bei maximaler Stützweite von 7,50 m

Hebel Brandwandplatten und Hebel Komplextrennwandplatten



In Abhängigkeit von der Belastung und Dicke sind maximale Längen von **8.000 mm** möglich.

Hebel Brandwandplatten		
Breite b [mm]	Dicke h [mm]	Länge l [mm]
625/750	175*, 200 250, 300	Standard 6.000

Hebel Komplextrennwände		
Breite b [mm]	Dicke h [mm]	Länge l [mm]
625/750	250, 300	Standard 6.000

* Mindestdicke

Brandwände aus nicht tragenden Hebel Brandwandplatten mit Feuerwiderstandsdauer F 90 bis F 360	Mindestdicke h [mm]
Druckfestigkeitsklasse 4,4; Rohdichteklasse $\geq 0,55$; Nut und Federausbildung sowie Bewehrung gegenüber DIN 4102-4, 4.8.1 bzw. 4.8.9 verringert;	
Stoßbelastung nach 90 Minuten	175*
Stoßbelastung nach 120 Minuten	200*

Komplextrennwände aus nicht tragenden Hebel Komplextrennwandplatten mit erhöhter Feuerwiderstandsdauer F 180 bis F 360	Mindestdicke h [mm]
Druckfestigkeitsklasse 4,4; Rohdichteklasse $\geq 0,55$; Nut- und Federausbildung	250*

* Mindeststabsabstand der Bewehrung $u = 30$ mm

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

Rohdichte- klasse	Wärmeleit- fähigkeit	Dicke	Wärmedurchlass- widerstand	Wärmedurchgangs- koeffizient Wand	Wärmedurchgangs- koeffizient Dach
	λ [W/(mK)]	h [mm]	R [m ² K/W]	U-Wert [W/(m ² K)]	U-Wert [W/(m ² K)]
0,40	0,10	300	3,00	0,32	-
		365	3,65	0,26	-
0,50	0,13	250	1,92	0,48	-
		300	2,31	0,40	-
		365	2,81	0,34	-
0,55	0,14	150	1,07	0,81	0,83
		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	-

Wärmedurchgangskoeffizienten U von Hebel Dachplatten mit Zusatzdämmung

Roh- dichte- klasse	Wärmeleit- fähigkeit λ [W/(mK)]	Dicke h [mm]	Wärmedurchgangskoeffizient U mit Dämmung 040		
			d = 60 mm [W/(m ² K)]	d = 80 mm [W/(m ² K)]	d = 100 mm [W/(m ² K)]
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

Richtwerte maximaler Stützweiten l_{eff} für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen Hebel Dachplatten P 4,4-0,55; F 90; für Flachdächer, Auflagerlänge = 100 mm

Plattendicke h [mm]	G_{k1} [kN/m ²]	G_{k2} [kN/m ²]	$Q_{k,s}$ [kN/m ²] Schneelast auf dem flachen Dach in Abhängigkeit von der charakteristischen Schneelast s_e auf dem Boden								
			charakteristische ständige Einwirkung aus								
			0,52	0,68	0,88	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	4,00
			l_{eff} [mm]								
150	1,005	0,20	5.200	5.200	5.200	5.200	5.200	4.900	4.500	4.200	3.750
		0,50	4.750	4.750	4.750	4.750	4.750	4.650	4.350	4.000	3.650
		1,00	4.350	4.350	4.350	4.350	4.350	4.350	4.100	3.900	3.550
		1,50	4.050	4.050	4.050	4.050	4.050	4.050	3.900	3.700	3.400
175	1,172	0,20	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	5.750	5.300	5.000	4.500
		0,50	5.600	5.600	5.600	5.600	5.600	5.550	5.200	4.900	4.450
		1,00	5.150	5.150	5.150	5.150	5.150	5.150	4.950	4.700	4.250
		1,50	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.700	4.500	4.100
200	1,340	0,20	6.700	6.700	6.700	6.700	6.700	6.700	6.150	5.800	5.200
		0,50	6.200	6.200	6.200	6.200	6.200	6.200	5.950	5.600	5.050
		1,00	5.750	5.750	5.750	5.750	5.750	5.750	5.650	5.350	4.900
		1,50	5.350	5.350	5.350	5.350	5.350	5.350	5.350	5.150	4.700
250	1,675	0,20	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.100	6.300
		0,50	7.300	7.300	7.300	7.300	7.300	7.300	7.250	6.600	5.600
		1,00	6.800	6.800	6.800	6.800	6.800	6.800	6.700	6.100	5.250
		1,50	6.400	6.400	6.400	6.400	6.400	6.400	6.150	5.700	4.950
300	2,010	0,20	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.100	6.300
		0,50	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.250	6.600
		1,00	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.350	6.700	6.100	5.250
		1,50	7.350	7.350	7.350	7.350	7.350	6.750	6.150	5.700	4.950

**Hebel Deckenplatten P 4,4-0,55, F90
Empfohlene maximale Stützweite l_{eff} [mm] für Auflagerlängen = 100 mm**

Plattendicke h [mm]	$Q_K^{1)}$ [kN/m ²]		$G_K^{2)}$ [kN/m ²]
	2,30 ³⁾	3,00	
	l_{eff} [mm]		
200	4.960	4.800	2,84
250	5.940	5.550	3,18
300	6.240	5.550	3,51

¹⁾ charakteristische veränderliche Einwirkung: nach DIN EN 1991-1-1/NA
²⁾ charakteristische ständige Einwirkung bestehend aus Eigenlast der Platte (6,7 kN/m³) und 1,5 kN/m² für die ständige Einwirkung des Deckenaufbaus
³⁾ z.B. bestehend aus 1,5 kN/m² nach Kategorie A2 + 0,8 kN/m² für leichte Trennwände nach NCI zu 6.3.1.2 (8)
 Bei Belastungen mit einer charakteristischen Einwirkung $\geq 3,50$ kN/m² ist zusätzlich ein bewehrter Aufbeton mit 50 mm Stärke zu berücksichtigen. Zugehörige maximale Stützweiten erhalten Sie auf Anfrage.

Schallabsorptionsgrade verschiedener Materialien

Material	Schallabsorptionsgrad α					
	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

Hinweis: Diese Broschüre wurde von der Xella Aircrete Systems GmbH herausgegeben. Wir beraten und informieren in unseren Druckschriften nach bestem Gewissen und dem neuesten Stand der Technik bis zum Zeitpunkt der Drucklegung. Da die rechtlichen Regelungen und Bestimmungen Änderungen unterworfen sind, bleiben die Angaben ohne Rechtsverbindlichkeit. Eine Prüfung der geltenden Bestimmungen ist in jedem Einzelfall notwendig.

11/2016/XAS-001-00083/5.000/1.1.16

Xella Aircrete Systems GmbH

Düsseldorfer Landstraße 395
47259 Duisburg

Vertrieb

Roßdörfer Straße 52
64409 Messel
Telefon 06159 59-304
Telefax 06159 59-344
info@hebel.de
www.hebel.de

Hebel is a registered Trademark of the Xella Group.