

Trockenbau-Systeme

## HB01.ch

Technische Broschüre 07/2022



# Knauf Holzrahmenbau - Wände

## Bemessung der Scheibentragfähigkeit nach DIN EN 1995-1-1 und DIN EN 1995-1-1/NA

### ACHTUNG:

Die statischen und bauphysikalischen Angaben im vorliegenden Datenblatt HB01.ch basieren auf deutschen Normen. Diese sind mit Schweizer Normen nicht immer deckungsgleich. Für den Brandschutz beachten Sie die Schweizerischen VKF Vorschriften, u.a. die Lignum Dokumentation 4.1 resp. den Anhang Werkstoffoptimierte Bauteile Knauf oder kontaktieren Sie uns; Tel. +41 58 775 88 00, [info-ch@knauf.com](mailto:info-ch@knauf.com), [www.knauf.ch](http://www.knauf.ch)

Diamant X Hartgipsplatte für tragende Anwendung eco 1 zertifiziert  
Erfüllt die höchsten Anforderungen von **eco-bau** und **MINERGIE-ECO**

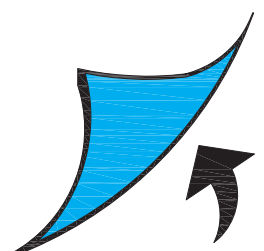


**NEU**

■ Zweilagige Beplankung

**Folgende Autoren waren an der Erstellung dieser Technischen Broschüre mit beteiligt:**

Prof. Ulrich Grimminger, Studiengangleiter Holzbau und Energieeffizienz,  
Leiter der Bauteilprüfhalle an der TH Rosenheim arbeitet als Hochschullehrer, Planer und Gutachter  
Felice Körner Studierende der TH Rosenheim im Studiengang Holzbau und Ausbau  
Jonas Reinhardt Studierender der TH Rosenheim im Studiengang Holzbau und Ausbau



Bemessungskonzept nach DIN EN 1995-1-1, DIN EN 1990 in Verbindung mit den nationalen Anhängen



# Inhalt

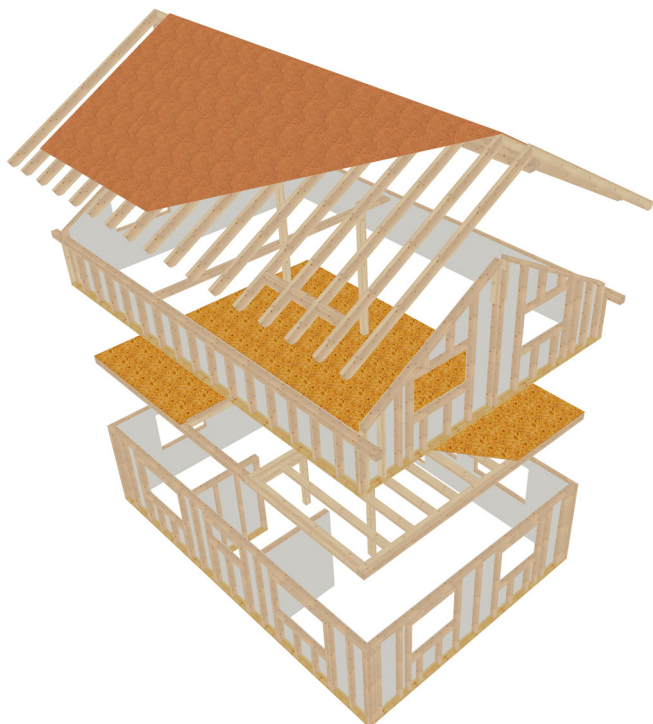
	<b>Vorwort</b>	
	Holztafelbau mit Knauf .....	6
	<b>Verantwortungsbereich der Planenden</b>	
	Prüfung der Statik und Brandschutz .....	8
	<b>Bemessungskonzept nach Eurocode 0 und Eurocode 5</b>	
	Einleitung, Einwirkungen (Lasten) .....	11
	Lastkombinationen .....	13
	<b>Einwirkung auf Tragwerke nach Eurocode 1</b>	
	<b>Vertikale Lasten</b> .....	18
	Eigengewicht nach DIN EN 1991-1-1/NA .....	18
	Nutzlasten nach DIN EN 1991-1-1 und DIN EN 1991-1-1/NA .....	18
	Schneelasten nach DIN EN 1991-1-3 und DIN EN 1991-1-3/NA .....	19
	Stabilitätslasten nach DIN EN 1995-1-1/NA .....	20
	Erdbebenlasten nach DIN EN 1998-1 und DIN EN 1998-1/NA .....	20
	<b>Horizontale Lasten</b> .....	20
	Windlasten nach DIN EN 1991-1-4 und DIN EN 1991-1-4/NA .....	21
	<b>Grundlagen der Aussteifung</b>	
	<b>Aussteifung im Holztafelbau</b> .....	26
	Einleitung .....	26
	Grundregeln .....	26
	Konstruktionsbeispiele .....	26
	Verteilung der Einwirkungen auf die Bauteile im Gebäude .....	27
	<b>Bemessung einer Holztafelbauwand</b>	
	<b>Allgemeine Grundlagen</b> .....	32
	Konstruktionsvorgaben .....	32
	Befestigungsmittel .....	34
	<b>Befestigungsmittel</b> .....	35
	<b>Statische Nachweise</b> .....	36
	Nachweis der Wandscheibe .....	36
	Lastermittlung für den Nachweis der Randständer .....	36
	Nachweis der zugbeanspruchten Randständer .....	36
	Nachweis der druckbeanspruchten Randständer/Mittelständer (Knicken) .....	36
	Nachweis der Schwellenpressung .....	37
	Nachweis der Verankerung .....	38
	Nachweis des Verbundes Ständer-Beplankung .....	38
	Bemessung zweilagige Beplankung mit Diamant X GKFI .....	41
	<b>Kurzbemessung in Kombination mit Bemessungstabellen</b>	
	<b>Grundlagen</b> .....	44
	Charakteristische Festigkeitswerte .....	44
	Winkelabhängige Zugfestigkeit der Diamant X GKFI nach ETA 13/0800 .....	44
	<b>Vereinfachte Ermittlung der horizontalen Einwirkung aus Wind</b> .....	46
	<b>Ermittlung der vertikalen Einwirkung</b> .....	49

	<b>Vorwort</b>	
	<b>Holztafelbau mit Knauf</b> .....	6
	<b>Verantwortungsbereich der Planenden</b>	
	<b>Prüfung der Statik und Brandschutz</b> .....	8
	<b>Bemessungskonzept nach Eurocode 0 und Eurocode 5</b>	
	<b>Einleitung, Einwirkungen (Lasten)</b> .....	11
	Lastkombinationen .....	13
	<b>Einwirkung auf Tragwerke nach Eurocode 1</b>	
	<b>Vertikale Lasten</b> .....	18
	Eigengewicht nach DIN EN 1991-1-1/NA .....	18
	Nutzlasten nach DIN EN 1991-1-1 und DIN EN 1991-1-1/NA .....	18
	Schneelasten nach DIN EN 1991-1-3 und DIN EN 1991-1-3/NA .....	19
	Stabilitätslasten nach DIN EN 1995-1-1/NA .....	20
	Erdbebenlasten nach DIN EN 1998-1 und DIN EN 1998-1/NA .....	20
	<b>Horizontale Lasten</b> .....	20
	Windlasten nach DIN EN 1991-1-4 und DIN EN 1991-1-4/NA .....	21
	<b>Grundlagen der Aussteifung</b>	
	<b>Aussteifung im Holztafelbau</b> .....	26
	Einleitung .....	26
	Grundregeln .....	26
	Konstruktionsbeispiele .....	26
	Verteilung der Einwirkungen auf die Bauteile im Gebäude .....	27
	<b>Bemessung einer Holztafelbauwand</b>	
	<b>Allgemeine Grundlagen</b> .....	32
	Konstruktionsvorgaben .....	32
	Befestigungsmittel .....	34
	<b>Befestigungsmittel</b> .....	35
	<b>Statische Nachweise</b> .....	36
	Nachweis der Wandscheibe .....	36
	Lastermittlung für den Nachweis der Randständer .....	36
	Nachweis der zugbeanspruchten Randständer .....	36
	Nachweis der druckbeanspruchten Randständer/Mittelständer (Knicken) .....	36
	Nachweis der Schwellenpressung .....	37
	Nachweis der Verankerung .....	38
	Nachweis des Verbundes Ständer-Beplankung .....	38
	Bemessung zweilagige Beplankung mit Diamant X GKFI .....	41
	<b>Kurzbemessung in Kombination mit Bemessungstabellen</b>	
	<b>Grundlagen</b> .....	44
	Charakteristische Festigkeitswerte .....	44
	Winkelabhängige Zugfestigkeit der Diamant X GKFI nach ETA 13/0800 .....	44
	<b>Vereinfachte Ermittlung der horizontalen Einwirkung aus Wind</b> .....	46
	<b>Ermittlung der vertikalen Einwirkung</b> .....	49



# Vorwort

Bild 1: Übersicht Aussteifung Musterhaus



Vom Einfamilienhaus über Gewerbe- oder Schulgebäude bis zu Aufstockungen oder mehrgeschossigen Neubauten, der Holzbau ist in allen Bereichen etabliert. Dementsprechend verschieden sind auch die Anforderungen an Gebäude in Holztafelbauweise. Eines haben alle Arten von Gebäuden gemeinsam:

Die Grundlage aller Anforderungen an ein Gebäude ist immer eine funktionierende Statik.

Seit 2014 ist die EN 1995-1-1 (Eurocode 5) die maßgebliche Bemessungsnorm für den Holzbau in den Ländern der Europäischen Union, in Deutschland eingeführt als DIN EN 1995-1-1. In den Mitgliedsstaaten wird diese Norm teilweise durch zusätzliche Nationale Anhänge ergänzt, welche nationale Belange und erweiterte Regelungen zur Bemessung enthalten. Für Deutschland existiert als nationaler Anhang die DIN EN 1995-1-1 NA. Seit Inkrafttreten der Musterverwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) ist in Deutschland einheitlich die Fassung 2013-08 des Nationalen Anhangs als technische Baubestimmung eingeführt worden.

Unter Anderem ist in diesem Nationalen Anhang geregelt wie die Aussteifung von Holztafelbauwänden mit Gipsplatten erfolgen kann. Zusätzlich enthält sie die erforderlichen Werte zur Bemessung von Standard Gipsplatten nach DIN 18180.

Über diese normativ geregelten Werte hinaus können durch eine Europäische Technische Bewertung (ETA) auch günstigere Werte für spezielle Gipsplatten für die Bemessung verwendet werden. Diese bestätigen die tatsächliche Leistungsfähigkeit eines Plattenwerkstoffs. Für die Knauf Gipsplatte Diamant X GKFI können auf Basis der ETA-13/0800 deutlich bessere Werte als für Gipsplatten gemäß DIN 18180 für die Nachweisführung verwendet werden.

Anhand dieser Unterlage möchten wir die Zusammenhänge der Nachweisführung gemäß dem aktuellen Regelwerk, dem System der Eurocode erklären. Für alle am Bau Beteiligten, vom Planer bis zum Zimmermann, möchten wir in den folgenden Kapiteln das Wissen über die statischen Nachweisführung vertiefen bzw. ein grundsätzliches Verständnis für die Zusammenhänge der Bemessung einer Wandscheibe im Holzbau vermitteln. Tiefer gehende Erläuterungen für die Bemessung finden Sie in den detaillierten Ausführungen. Am Ende dieser Technischen Broschüre sind Bemessungstabellen für die verschiedenen Konstruktionsvarianten dargestellt.

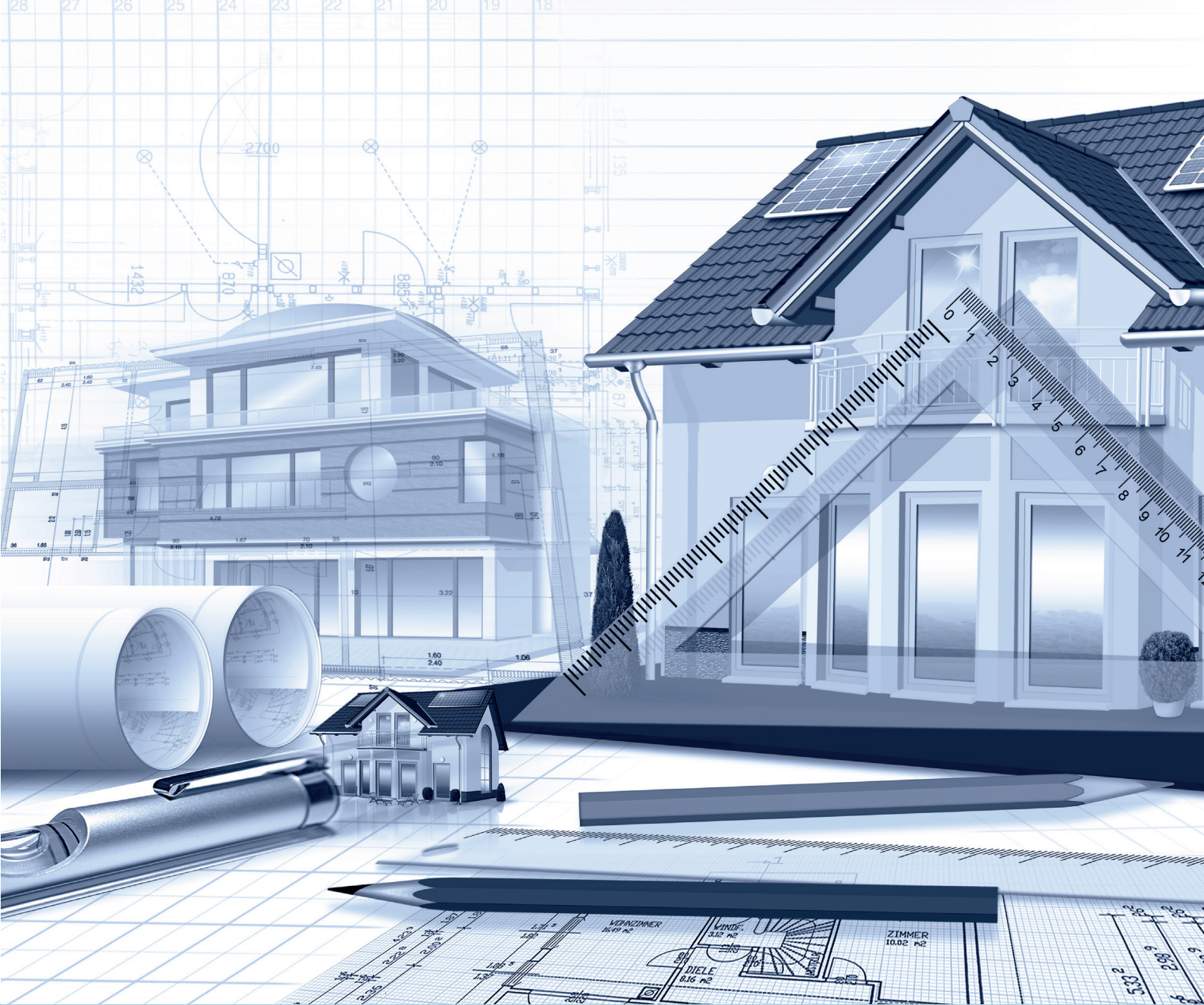
Mit der Übersicht in der Umschlagseite werden die Zusammenhänge der einzelnen Schritte im Bemessungskonzept dargestellt.

Durch die Verwendung der Diamant X GKFI im Holztafelbau mit Knauf sind Gebäude mit schlanken, wirtschaftlichen Konstruktionen möglich, die eine Kombination aus statischer Leistungsfähigkeit mit einfacher Verarbeitung und hoher Oberflächenqualität bieten. Die Konstruktionsvarianten der Knauf Holztafelbauwände, mit Angaben zu Brandschutz und Schallschutz, sind im Detailblatt [Knauf Holztafelbau-Wände W55.de](http://Knauf Holztafelbau-Wände W55.de) dargestellt.

**Hinweis**

Die Gipsplatte Diamant X GKFI ist als Bauprodukt für die Anwendung von tragenden und nicht tragenden aussteifenden Bekleidungen im Innen- und Außenbereich in einer Europäischen technischen Bewertung (ETA) geregelt. Eine ETA ist die Bewertung einer Produktleistung eines Bauprodukts im Sinne der Bauproduktenverordnung. Das ermöglicht die Verwendung höherer mechanischer Werte, als für Standard-Gipskarton-Platten in der Norm angegeben sind.

Die geballte Holzbau-Kompetenz der Knauf Gruppe finden Sie auf unserer Website [knauf-holzbau.de](http://knauf-holzbau.de). Dort finden Sie unsere Systemlösungen für verschiedene Anwendungsbereiche und Anforderungen und können sich von unseren Referenzen inspirieren lassen.



# Verantwortungsbereich der Planenden

Nach der Musterbauordnung (MBO) sind Gebäude selbstständig benutzbare, überdeckte bauliche Anlagen, die von Menschen betreten werden können. Abhängig von der Art, Höhe und Fläche werden diese in Gebäudeklassen (GKL) eingeteilt, siehe Tabelle 1.

Ist eine Einordnung nicht möglich, muss das Gebäude als Sonderbau behandelt werden.

Grundsätzlich gilt: Je höher die Gebäudeklasse, desto höher sind die Anforderungen an Statik, Brandschutz usw.

**Hinweis**

Die MBO dient als Grundlage für die Gesetzgebung der Landesbauordnungen. Sie ist kein Gesetz, sondern dient nur der Orientierung. Sie wurde von der Bauministerkonferenz (ARGEBAU) ausgearbeitet und wird von selbiger gelegentlich aktualisiert. Für die verbindliche Einführung sind die Bundesländer zuständig.

Tabelle 1: Einteilung Gebäudeklassen

GKL 1 Freistehend Land- oder forstwirtschaft- lich genutzt		GKL 2 Nicht freistehend OKF ≤ 7 m und ≤ 2 NE und ≤ 400 m <sup>2</sup> gesamt <sup>1)</sup>	GKL 3 Sonstige Gebäude OKF ≤ 7 m	GKL 4 OKF ≤ 13 m und ≤ 400 m <sup>2</sup> gesamt <sup>1)</sup> je NE	GKL 5 13 m < OKF ≤ 22 m oder ≤ 400 m <sup>2</sup> gesamt <sup>1)</sup> je NE
<b>Bauaufsichtliche Anforderungen nach MBO 2002</b>					
<b>Tragende und aussteifende Wände, Stützen, Trennwände, Decken zwischen Nutzungseinheiten</b>					
Keine Anforderungen		Feuerhemmend		Hochfeuerhemmend	Feuerbeständig
<b>Feuerwehreinsatz</b>					
Mit Steckleiter möglich				Drehleiter nötig	

- NE Nutzungseinheit
- GKL Gebäudeklasse
- OK Oberkante
- OKF Oberkante des Fußbodens des höchstgelegenen Geschosses in dem Aufenthaltsräume möglich sind, ab OK Gelände
- 1) Brutto-Grundfläche der Nutzungseinheiten ohne Kellergeschoss

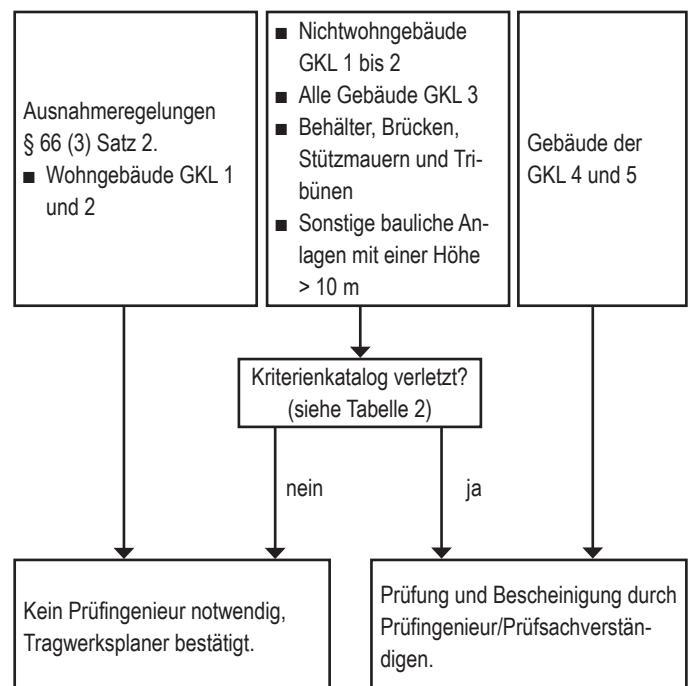
**Hinweis**

Grundsätzlich ist die Landesbauordnung maßgebend.

Die Einstufung in Gebäudeklassen hat Einfluss auf den Verantwortungsbereich des Tragwerksplaners. Generell muss für jedes Gebäude ein Standsicherheitsnachweis erstellt werden. Wenn das Gebäude aber eine festgelegte Höhe und Größe überschreitet (ab Gebäudeklasse 3) ist unter Umständen eine Prüfung der Statik erforderlich. In welchen Fällen eine solche Prüfung durch einen Prüfstatiker erforderlich ist, siehe Bild 2.

Landesbauordnungen bzw. Landesbauvorlagenverordnungen legen ggf. abweichende oder weiterführende Anforderungen fest und sind daher immer auf Übereinstimmung zu prüfen.

Bild 2: Prüfschema Statik nach der MBO 2002, zuletzt aktualisiert 2019



Geregelt in Bauvorlageverordnung MBauVorIV, Anhang 2

Tabelle 2: Kriterienkatalog gemäß Anlage 2 der MBauVorIV 2007

Nummer		Kriterium	ja	nein
Nr. 1	a)	Die Baugrundverhältnisse sind eindeutig und erlauben eine übliche Flachgründung entsprechend DIN 1054.		
	b)	Es liegen keine Gründungen auf setzungsempfindlichem Baugrund vor.		
Nr. 2	a)	Bei erddruckbelasteten Gebäuden beträgt die Höhendifferenz zwischen Gründungssohle und Erdoberfläche maximal 4 m.		
	b)	Einwirkungen aus Wasserdruck müssen rechnerisch nicht berücksichtigt werden.		
Nr. 3	a)	Angrenzende bauliche Anlagen oder öffentliche Verkehrsflächen werden nicht beeinträchtigt.		
	b)	Nachzuweisende Unterfangungen oder Baugrubensicherungen sind nicht erforderlich.		
Nr. 4	a)	Die tragenden und aussteifenden Bauteile gehen im Wesentlichen bis zu den Fundamenten unversetzt durch.		
	b)	Ein rechnerischer Nachweis der Gebäudeaussteifung, auch für Teilbereiche, ist nicht erforderlich.		
Nr. 5	a)	Die Geschossdecken sind linienförmig gelagert und dürfen für gleichmäßig verteilte Lasten (kN/m <sup>2</sup> ) und Linienlasten aus nichttragenden Wänden (kN/m) bemessen werden.		
	b)	Geschossdecken ohne ausreichende Querverteilung erhalten keine Einzellasten.		
Nr. 6	a)	Die Bauteile der baulichen Anlage oder die bauliche Anlage selbst können mit einfachen Verfahren der Baustatik berechnet oder konstruktiv festgelegt werden. Räumliche Tragstrukturen müssen rechnerisch nicht nachgewiesen werden.		
	b)	Besondere Stabilitäts-, Verformungs- und Schwingungsuntersuchungen sind nicht erforderlich.		
Nr. 7	a)	Außergewöhnliche sowie dynamische Einwirkungen sind nicht vorhanden.		
	b)	Beanspruchungen aus Erdbeben müssen rechnerisch nicht verfolgt werden.		
Nr. 8		Besondere Bauarten wie Spannbetonbau, Verbundbau, Leimholzbau und geschweißte Aluminiumkonstruktionen werden nicht angewendet.		
Nr. 9		Allgemeine Rechenverfahren zur Bemessung von Bauteilen und Tragwerken unter Brandeinwirkung werden nicht angewendet.		
		Die vorgenannten Kriterien wurden ausnahmslos mit ja beantwortet.	ja	
			nein	
		Eine Prüfung des Sicherheitsnachweises ist daher	nicht erforderlich	
			erforderlich	

**Hinweis** Muss auch nur ein Punkt im Kriterienkatalog mit **nein** angegeben werden, so ist eine Prüfung der Statik erforderlich.

### Holztafelbauwände und Brandschutz

Durch die Kombination des tragfähigen Baustoffs Holz und der guten Eigenschaften der Gipsplatte im Brandverhalten können Holztafelbauwände als im Brandfall hoch widerstandsfähige Bauteile konstruiert werden.

#### Anforderungen durch die Bauordnungen

Die Muster-Bauordnung (MBO) formuliert folgende Anforderung an den Brandschutz eines Gebäudes: „Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.“ (§14 Musterbauordnung MBO 2002, zuletzt geändert 2019).

Die konkretisierten Bestimmungen zu Erfüllung dieser Grundsatzanforderung sind in der MBO bzw. in den Landesbauordnungen (LBO) festgelegt. Die Anforderungen werden unterschieden nach den Gebäudeklassen (siehe Seite 9). An tragende und aussteifende Bauteile wird die Anforderung feuerhemmend, hochfeuerhemmend oder feuerbeständig gestellt. Diese Begriffe differenzieren u. a. die geforderte Brandwiderstandsdauer, in der das Bauteil nicht versagen darf.

- Feuerhemmend – 30 Minuten
- Hochfeuerhemmend – 60 Minuten
- Feuerbeständig – 90 Minuten

Je nach Anforderung und Funktion des Bauteils kann diese Feuerwiderstandsdauer für die Funktionen Tragfähigkeit, Raumabschluss und Isolation gefordert werden.

#### Baustoff – Bauteil – Bauwerk

Für eine ganzheitliche Betrachtung des Brandschutzes muss das Vorhaben auf den Ebenen Baustoff, Bauteil und Bauwerk betrachtet werden.

Als Grundlage der Beurteilung eines Bauteilwiderstandes dient zunächst das Brandverhalten des Baustoffes. Auf Bauteilebene wird das Zusammenwirken der einzelnen Bauteile und der Feuerwiderstand dieses Zusammenwirkens beurteilt. Darüber hinaus ist das ganze Gebäude brandschutztechnisch zu betrachten, insbesondere im Hinblick auf Rettungswege u. ä.

Für die Betrachtung einer Holztafelbauwand ist auf Baustoffebene zunächst das Brandverhalten der einzelnen Elemente Gipsplatte, Holz und Dämmung zu betrachten. Für die Beurteilung der gesamten Wand müssen Abmessungen, Geometrie, Verbindung und Ausführungsdetails der Holztafelbauwand bekannt sein.

#### Anforderung an tragende und aussteifende Bauteile nach Gebäudeklasse

Im Allgemeinen werden je nach Gebäudeklasse an tragende und aussteifende Bauteile folgende Anforderungen gestellt:

- Gebäudeklasse 1: keine Anforderungen
- Gebäudeklasse 2 und 3: feuerhemmend
- Gebäudeklasse 4: hochfeuerhemmend
- Gebäudeklasse 5: feuerbeständig

#### Nachweis von tragenden und aussteifenden Holztafelbauwände

Genormte Konstruktionen mit der entsprechenden Feuerwiderstandsdauer können der DIN 4102-4 entnommen werden. Alternativ können brandschutzgeprüfte Konstruktionen verwendet werden, wie sie z. B. in den Knauf Brandschutzunterlagen aufgeführt sind. Die vertikale Tragfähigkeit ist dabei mit der charakteristischen Tragfähigkeit der Querdruckspannung nachzuweisen. Die Gipsbeplankung erfüllt bei diesen Konstruktionen sowohl die aussteifende, als auch die brandschutztechnische Funktion. Daher muss die horizontale Beanspruchung auch für den Brandfall nachgewiesen werden. Dies kann entweder durch Berücksichtigung im Brandschutzkonzept durch Inselbildung oder durch Berechnung nach DIN EN 1995-1-2 erfolgen. Dabei muss bei zweilagig beplankten Wänden darauf geachtet werden, dass die Ausführung der Verbindungsmittelabstände entsprechend brandschutztechnischer Erfordernisse erfolgt.

#### Kapselkriterium

Für Holztafelbauwände mit der Anforderung hochfeuerhemmend ist die Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Holzbauteile (M-HFH HolzR) zu beachten. Diese regelt das so genannte Kapselkriterium. Bei hochfeuerhemmenden Holzbauteilen darf eine durchschnittliche Temperatur von 250 °C hinter der Bekleidung nicht überschritten werden. Dadurch werden besonders hohe Anforderungen an die Bekleidung und deren Stöße gestellt.

## Einleitung, Einwirkungen (Lasten)

### Einleitung

Bei der Bemessung von Holzbauten nach Eurocode 5 werden charakteristische Festigkeitswerte (Widerstand) und Lasten (Einwirkung) zu Grunde gelegt.

Diese charakteristischen Werte sind Grundangaben und enthalten noch keine Sicherheit.

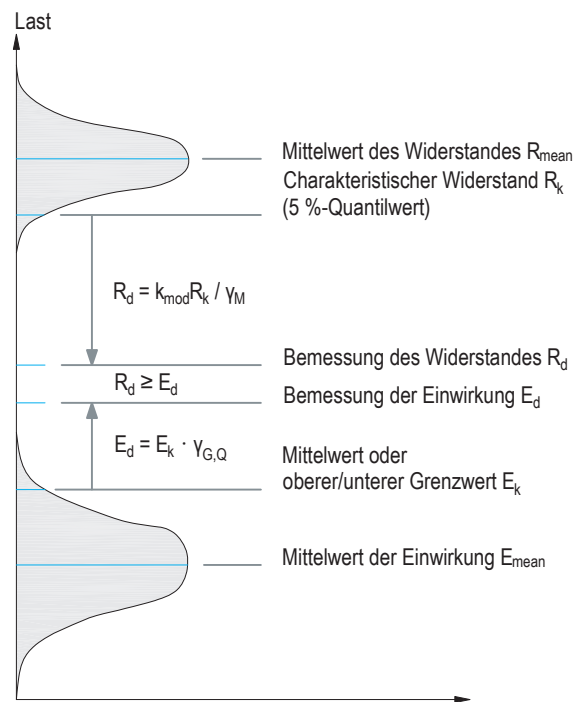
Unter anderem sind die folgenden Unsicherheiten abzudecken:

- Ungünstige Maßabweichungen (z. B. größere Stützweiten, Querschnittstoleranzen)
- Ungünstige Veränderungen durch Feuchtigkeits- und Temperatureinflüsse (z. B. geringere Festigkeit bei feuchtem Holz)
- Ungünstige Massenabweichungen bei der Einwirkung (z. B. nasses Holz, naturbedingte Dichteunterschiede)

Ein charakteristischer Widerstand wird in der Regel aus Versuchen gewonnen und entspricht dem 5 %-Quantilwert. Dies ist der Wert einer statistischen Verteilung, der genau von 5 % der Prüfkörper unterschritten wird.

Der charakteristische Wert einer **Einwirkung** wird je nach Bemessungssituation und Art der Einwirkung entweder als Mittelwert oder als oberer oder unterer Wert einer statistischen Verteilung beschrieben. Dieser Wert soll mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit nicht überschritten werden.

Bild 3: Schematische statistische Verteilung von Widerständen und Einwirkungen

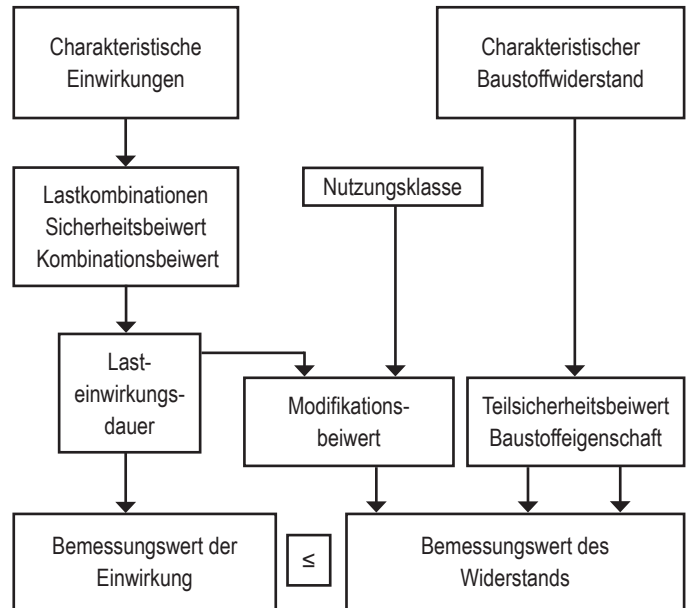


Die Berücksichtigung dieser Unsicherheiten erfolgt durch Sicherheitsbeiwerte auf der Einwirkungs- sowie auf der Widerstandsseite. Durch die Beachtung dieser Unsicherheiten wird aus einem charakteristischen Wert (Index k) der Bemessungswert (Index d für design).

In der Bemessung muss zwischen den Einwirkungen (z. B. Wind, Schnee) und Baustoffwiderstand (z. B. Festigkeit Gipsplatte) unterschieden werden, in Bild 4 ist der Ablauf bzw. der Zusammenhang zwischen diesen Größen und deren Beiwerten dargestellt.

Grundsätzlich muss im Nachweis der Bemessungswert des Widerstands des Baustoffs oder Bauteils größer gleich dem Bemessungswert der Einwirkung aus den Lastannahmen sein.

Bild 4: Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit



### Einwirkungen (Lasten)

Charakteristische Einwirkungen bzw. Lastannahmen sind in Eurocode 1 geregelt. Diese werden durch Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_{G,Q}$  aus Eurocode 0/NA erhöht und auf Designniveau gebracht. Somit ergibt sich für:

$$\text{Ständige Einwirkung (Eigenlasten)} \quad G_d = \gamma_G \cdot G_k$$

$$\text{Veränderliche Einwirkung (z. B. Nutzlasten, Schneelasten)} \quad Q_d = \gamma_Q \cdot Q_k$$

Tabelle 3: Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkung nach DIN EN 1990/NA:2010-12 Tab. NA.A.1.2(A) und DIN EN 1998-1/NA; STR/GEO

	$\gamma_G$	$\gamma_Q / \gamma_A$
<b>Bemessungssituation ständig/vorübergehend</b>		
Stabilisierende Auswirkung	1,00	–
Destabilisierende Auswirkung	1,35	1,50
<b>Bemessungssituation außergewöhnlich / Erdbeben</b>		
Stabilisierende/Destabilisierende Auswirkung	1,00	1,00

In Tabelle 3 sind die Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_{G,Q}$  aufgeführt für den Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit. Wirken die Eigenlasten stabilisierend, z. B. im Falle eines Zugverankerungsnachweises (die in Richtung Schwerkraft wirkenden Eigenlasten mindern die Zugkräfte), werden diese üblicherweise nur mit  $\gamma_G = 1,00$  angesetzt. Im Holzbau wird für den Zugverankerungsnachweis üblicherweise  $\gamma_G = 0,9$  angesetzt, da in der Regel mit einer erhöhten Eigenlast des Holzes gerechnet wird. Ein genauer Nachweis kann nach DIN EN 1990/NA NDP A.1.3.1(1) erfolgen.

Für die in dieser Technischen Broschüre gezeigten Rechnungen sind nur die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) maßgebend.

Dieser bezeichnet ganz allgemein Zustände bei deren Überschreitung entweder die Sicherheit von Personen oder die Sicherheit des Tragwerks betroffen sind.

Neben dem Nachweis im GZT gibt es noch den Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG). Im GZG wird das Tragwerk auf das Wohlbefinden der Nutzer, die Benutzbarkeit und das Erscheinungsbild geprüft. Dabei werden die Kriterien Verformung (z. B. Durchbiegung eines Deckenbalkens), ungewollte Rissbildung und Schwingungsanfälligkeit maßgebend.

Bei den üblichen Wandscheiben sind die Anforderungen nach DIN EN 1995-1-1/NA NCI 9.2.4.2 (NA.18) eingehalten und es muss kein Nachweis der Verformung (GZG) geführt werden (nähere Informationen zu den Anforderungen sind im Abschnitt „Stabilitätslasten nach DIN EN 1995-1-1/NA“ oder im Kapitel „Bemessung einer Holztafelbauwand“ zu finden).

Ein Tragwerk kann durch eine oder mehrere veränderliche Einwirkungen (z. B. Wind-, Nutz- und Schneelasten) belastet sein. Diese Lasten müssen miteinander kombiniert werden. Es ist statistisch gesehen unwahrscheinlich, dass alle veränderlichen Einwirkungen zur gleichen Zeit und mit ihren vollen charakteristischen Werten auftreten. Eine Berücksichtigung erfolgt durch den Kombinationsbeiwert  $\psi$ .

Bei der Kombination aus unterschiedlichen Lasten wird ein Lastanteil als führende veränderliche Einwirkung bezeichnet und in voller Größe berücksichtigt. Die Lastanteile der begleitenden veränderlichen Einwirkungen werden jeweils mit dem Kombinationsbeiwert  $\psi_0$  abgemindert. Um die maßgebende Kombination zu ermitteln, müssen alle möglichen Kombinationen, jeweils mit wechselnder führender Einwirkung, untersucht werden (siehe folgenden Abschnitt „Lastkombinationen“).

Für die Anwendung von Teilsicherheitsbeiwerten und Kombinationsbeiwerten und das Kombinieren von ständigen und veränderlichen Lasten gibt der Eurocode 0 Regeln vor.

Grundkombination nach DIN EN 1990 Abschnitt 6.4.3.2 im Grenzzustand der Tragfähigkeit für:

*Ständige und vorübergehende Bemessungssituation (z. B. Eigenlast, Wind, Schnee)*

$$E_d = \sum_{j \geq 1} Y_{G,i} \cdot G_{k,j} \oplus Y_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} Y_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Verwendung von  $\psi_0$  (siehe Tabelle 4) ab der 2. veränderlichen Einwirkung Teilsicherheitsbeiwerte  $Y_{G,Q}$  aus Tabelle 3 auf Seite 12

*Außergewöhnliche Bemessungssituation (z. B. Brandbelastung, bei Brandschutzanforderungen aus der Bauordnung)*

$$E_{dA} = \sum G \oplus A_d \oplus \psi_{2,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum \psi_{2,i} \cdot Q$$

Gemäß DIN EN 1991-1-2/NA NDP zu 4.3.1 (2) darf für die Leiteinwirkung in der Regel der quasi-ständige Kombinationsbeiwert  $\psi_{2,1}$  verwendet werden. Wenn jedoch Wind die Leiteinwirkung ist, ist der häufige Kombinationsbeiwert  $\psi_{1,1}$  zu verwenden. Für alle weiteren veränderlichen Einwirkungen ist  $\psi_{2,i}$  (siehe Tabelle 4) zu verwenden.

$\oplus$  bedeutet nach Norm „ist zu kombinieren“. In der Regel ist damit eine Addition der Auswirkungen einzelner vorhandener Einwirkungen gemeint (Beispiel, siehe nächste Seite).

Tabelle 4: Kombinationsbeiwerte und Klasse der Lasteinwirkungsdauer (KLED) nach DIN EN 1990/NA Tab. NA.A.1.1 und DIN EN 1995-1-1/NA Tab. NA.1

Einwirkung	KLED	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Eigenlasten nach DIN EN 1991-1-1	Ständig	–	–	–
Nutzlasten im Hochbau nach DIN EN 1991-1-1				
A Wohn- und Aufenthaltsräume	Mittel	0,7	0,5	0,3
B Büros	Mittel	0,7	0,7	0,6
C Versammlungsräume	Kurz	0,7	0,7	0,6
D Verkaufsräume	Mittel	0,7	0,7	0,6
E Lagerräume	Lang	1,0	0,9	0,8
H Dächer (nicht begehbar, außer für übliche Erhaltungsmaßnahmen)	Kurz	0	0	0
Schneelast und Eislasten nach DIN EN 1991-1-3				
Standort Höhe $\leq$ 1000 m ü. NN	Kurz	0,5	0,2	0
Standort Höhe $>$ 1000 m ü. NN	Mittel	0,7	0,5	0,2
Windlasten nach DIN EN 1991-1-4	Kurz / sehr kurz	0,6	0,2	0

Definition KLED siehe Tabelle 6 auf Seite 15.

### Lastkombinationen

Im Abschnitt zuvor wird auf die Grundkombination für den Bemessungswert der Einwirkung im Grenzzustand der Tragfähigkeit eingegangen. Ein einfaches Rechenbeispiel zeigt anhand eines Einfeldträgers, wie die Anzahl der veränderlichen Einwirkungen die Menge der möglichen Lastkombinationen beeinflusst. Zudem wird in einem Zahlenbeispiel die Anwendung der Kombinationsregeln erläutert.

Für die Ermittlung der maßgebenden Lastkombination ist die Lasteinwirkungsdauer (KLED) der einwirkenden Lasten zu berücksichtigen. Bei Lastkombinationen wird immer die kürzeste KLED der einwirkenden Lasten maßgebend und bestimmt zusammen mit der Nutzungsklasse (NKL) den Modifikationsbeiwert  $k_{mod}$  (siehe folgendes Kapitel). Dieser modifiziert die Festigkeit des Baustoffes in Abhängigkeit von der Art der Einwirkung und ist daher bei Kombinationen einzukalkulieren. Eine Berücksichtigung kann erfolgen, indem die Ergebnisse aus den Lastkombinationen durch  $k_{mod}$  geteilt werden. Der größte Wert gibt die maßgebende Lastkombination an. Die für die Nachweise im GZT maßgebende Bemessungslast kann dadurch geringer als der größte Bemessungswert der Beanspruchung sein.

Zahl der zu berechnenden Kombinationen bei  $n$  voneinander unabhängigen veränderlichen Einwirkungen:

$$m = 1 + n \cdot 2^{(n-1)}$$

Beispiel: Sparren eines Carports (Nutzungsklasse 2)

- Eigengewicht  $g$  (0,7 kN/m)
- Schnee  $s$  (0,8 kN/m)
- Wind  $w$  (0,2 kN/m), Winddruck in Richtung des Eigengewichts

Zwei veränderliche Einwirkungen (Schnee, Wind)  $\rightarrow n = 2$

$$m = 1 + 2 \cdot 2^{(2-1)} = 5$$

$$n = 3 \rightarrow m = 13$$

$$n = 4 \rightarrow m = 33$$

### Widerstand

Auf der Widerstandsseite müssen die spezifischen Eigenschaften von Holz und Gips berücksichtigt werden. Das erfolgt mittels Beiwerten für die Einflüsse von Lasteinwirkungsdauer und Feuchte welche im Folgenden erläutert werden.

Für den Bemessungswert des Widerstands (Baustoffeigenschaften) gilt:

$$R_d = \frac{k_{mod}}{\gamma_m} \cdot R_k$$

bzw.

$$f_d = \frac{k_{mod}}{\gamma_m} \cdot f_k$$

$k_{mod}$  = Siehe Tabelle 8

$\gamma_m$  = Siehe Tabelle 5

$R_k, f_k$  = Charakteristische Tragfähigkeit einer Verbindung bzw. Festigkeit eines Baustoffs

■ Gipsplatten siehe Tabelle 17 auf Seite 45

■ Knauf Diamant X GKFI siehe Tabelle 19 auf Seite 46

■ Vollholz siehe Tabelle 18 auf Seite 45

Tabelle 5: Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_M$  nach DIN EN 1995-1-1/NA Tab. NA.1, Tab. NA.2

Baustoff	$\gamma_M$
Ständige und vorübergehende Bemessungssituation	
Vollholz, Holzwerkstoffe, Gipsplatten, faserverstärkte Gipsplatten	1,3
Stahl in Verbindungen Auf Biegung beanspruchte stiftförmige Verbindungsmittel	1,3
Außergewöhnliche Bemessungssituation (z. B. Brandbelastung, Erdbeben)	1,0

Bei der Bemessung von Holzbauteilen und Gipsplatten wird der Einfluss von Feuchte und Lasteinwirkungsdauer berücksichtigt, indem die Konstruktion in *Nutzungsklassen*, siehe Tabelle 7 und die Lasten in *Klassen der Lasteinwirkungsdauer*, siehe Tabelle 6 eingeordnet werden. Die Kombination dieser beiden Einflussfaktoren wird durch den Modifikationsbeiwert  $k_{mod}$ , siehe Tabelle 8 berücksichtigt. Bezüglich  $k_{mod}$  ist nach Eurocode 5 3.1.3 (2) folgendes zu beachten:

Wenn Einwirkungen in einer Lastkombination, z. B. Eigengewicht + Wind + Schnee, in verschiedene Klassen der Lasteinwirkungsdauer eingeteilt werden, dann ist der Modifikationsbeiwert zu verwenden, der zu der Einwirkung mit der **kürzesten** Dauer gehört. In der Kombination aus Eigengewicht + Wind + Schnee wäre das der Wert aus der Einwirkung Wind, denn dieser hat die kürzeste Lasteinwirkungsdauer von kurz / sehr kurz.

Holz zeigt unter Belastung einen erheblichen Verlust seiner Festigkeit im Laufe der Zeit. Die Festigkeitswerte, die bei der Bemessung von Holzbauteilen unter ständigen Lasten verwendet werden, liegen nur bei etwa 60 % der Festigkeitswerte, die in Kurzzeitversuchen im Labor ermittelt werden. Dieser Einfluss wird berücksichtigt, indem die Lasteinwirkungen in Klassen der Lasteinwirkungsdauer aufgeteilt werden.

Tabelle 6: Klasse der Lasteinwirkungsdauer (KLED) nach Eurocode 5

KLED	Größenordnung der akkumulierten Lastdauer	Beispiel
Ständig	Länger als 10 Jahre	Eigenlasten
Lang	6 Monate bis 10 Jahre	Nutzlasten in Lagerhäusern
Mittel	1 Woche bis 6 Monate	Verkehrslasten auf Decken, Schneelasten, Orte über NN +1000 m
Kurz	Kürzer als 1 Woche	Schneelasten, Orte bis NN +1000 m
Kurz / Sehr kurz	Kürzer als 1 Woche / Länger als 1 Minute	Windlasten (DIN EN 1995-1-1 / NA)
Sehr kurz	Kürzer als 1 Minute	Anpralllasten (DIN EN 1995-1-1 / NA)

Ebenso hat die Feuchte einen großen Einfluss auf die Festigkeit. Eine Feuchtezunahme bewirkt eine Verringerung der Festigkeits- und Steifigkeitswerte und kann deshalb bei der Bemessung nicht unberücksichtigt bleiben. Die Konstruktion wird daher in unterschiedliche Nutzungsklassen (NKL) aufgeteilt, denen ein bestimmtes Umgebungsklima zugewiesen ist.

Tabelle 7: Nutzungsklassen (NKL) nach Eurocode 5

NKL	Ausgleichsfeuchte $u_{gl}$ in %	Umgebungsklima	Einsatzbereich (Beispiele)
1	$10 \pm 5$	20 °C und 65 % relative Luftfeuchtigkeit, die nur für einige Wochen pro Jahr überschritten wird	Beheizte Innenräume
2	$15 \pm 5$	20 °C und 85 % relative Luftfeuchtigkeit, die nur für einige Wochen pro Jahr überschritten wird	Überdachte, offene Tragwerke
3	$18 \pm 6$	Klimabedingungen, die zu höheren Holzfeuchten führen	Frei der Witterung ausgesetzte Bauteile

In der folgenden Tabelle wird der Faktor  $k_{mod}$  dargestellt, der die Einflussfaktoren KLED und NKL berücksichtigt.

<b>Hinweis</b>	Bei Wind darf nach DIN EN 1995-1-1/NA NDP 2.3.1.2 (2) für $k_{mod}$ das Mittel aus kurz und sehr kurz verwendet werden.
----------------	---

Tabelle 8: Modifikationsbeiwert ( $k_{mod}$ ) nach Eurocode 5

Baustoff	NKL	Vollholz Brettschichtholz Balkenschichtholz Furnierschichtholz Brettsperrholz			Gipsplatten GKBI, GKFI, GKB <sup>1)</sup> , GKF <sup>1)</sup> , Diamant X GKFI	
		1	2	3	1	2
KLED	Ständig	0,60	0,60	0,50	0,20	0,15
	Lang	0,70	0,70	0,55	0,40	0,30
	Mittel	0,80	0,80	0,65	0,60	0,45
	Kurz	0,90	0,90	0,70	0,80	0,60
	Sehr kurz	1,10	1,10	0,90	1,10	0,80

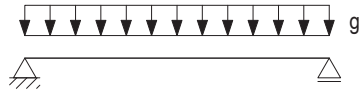
1) GKB und GKF nur in NKL 1

## Einwirkungen (Lasten)

### Zahlenbeispiel Grundkombination (ständige und vorübergehende Bemessungssituation)

#### Lastfallkombination 1 (g)

Bild 5: Lastkombinationen an einem Einfeldträger



$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

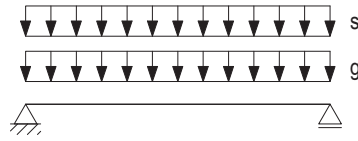
$$E_d = 1,35 \cdot 0,7 \text{ kN/m} = 0,95 \text{ kN/m}$$

KLED ständig  $\rightarrow k_{\text{mod}} = 0,6$

$$\frac{E_d}{k_{\text{mod}}} = \frac{0,95}{0,6} = 1,58 \text{ kN/m}$$

#### Lastfallkombination 2 (g + s)

Bild 6: Lastkombinationen an einem Einfeldträger



$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

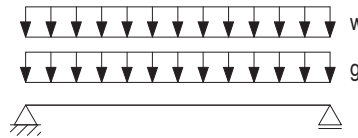
$$E_d = 1,35 \cdot 0,7 \text{ kN/m} + 1,5 \cdot 0,8 \text{ kN/m} = 2,15 \text{ kN/m}$$

Maßgebende KLED (Schnee) = kurz  $\rightarrow k_{\text{mod}} = 0,9$

$$\frac{E_d}{k_{\text{mod}}} = \frac{2,15}{0,9} = 2,39 \text{ kN/m}$$

#### Lastfallkombination 3 (g + w)

Bild 7: Lastkombinationen an einem Einfeldträger



$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

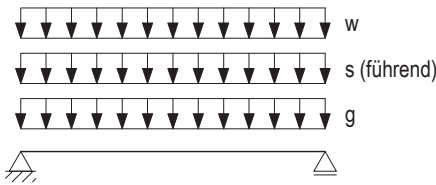
$$E_d = 1,35 \cdot 0,7 \text{ kN/m} + 1,5 \cdot 0,2 \text{ kN/m} = 1,25 \text{ kN/m}$$

Maßgebende KLED (Wind) = kurz / Sehr kurz  $\rightarrow k_{\text{mod}} = 1,0$

$$\frac{E_d}{k_{\text{mod}}} = \frac{1,25}{1,0} = 1,25 \text{ kN/m}$$

### Lastfallkombination 4 (g + s (führend) + w)

Bild 8: Lastkombinationen an einem Einfeldträger



$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

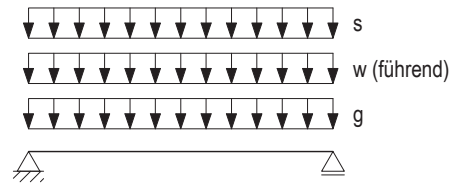
$$E_d = 1,35 \cdot 0,7 \text{ kN/m} + 1,5 \cdot 0,8 \text{ kN/m} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,2 \text{ kN/m} = 2,33 \text{ kN/m}$$

Maßgebende KLED (Wind) = kurz / sehr kurz  $\rightarrow k_{mod} = 1,0$

$$\frac{E_d}{k_{mod}} = \frac{2,33}{1,0} = 2,33 \text{ kN/m}$$

### Lastfallkombination 5 (g + s + w (führend))

Bild 9: Lastkombinationen an einem Einfeldträger



$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$E_d = 1,35 \cdot 0,7 \text{ kN/m} + 1,5 \cdot 0,2 \text{ kN/m} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \text{ kN/m} = 1,85 \text{ kN/m}$$

Maßgebende KLED (Wind) = kurz / sehr kurz  $\rightarrow k_{mod} = 1,0$

$$\frac{E_d}{k_{mod}} = \frac{1,85}{1,0} = 1,85 \text{ kN/m}$$

An diesem Beispiel wird erkennbar, dass die Lastfallkombination mit dem größten Bemessungswert der Beanspruchung nicht zwangsläufig maßgebend für die Nachweise im GZT ist. Lastfallkombination 4 liefert den betragsmäßig größten Bemessungswert der Beanspruchung (2,33 kN/m). Die für die Nachweise im GZT maßgebende Lastfallkombination wird durch Division der Bemessungslasten durch den zugehörigen Modifikationsbeiwert bestimmt.

Unter Berücksichtigung von  $k_{mod}$  wird die Lastkombination 2 (g + s) maßgebend. Die Nachweise sind mit der Last 2,15 kN/m zu führen.



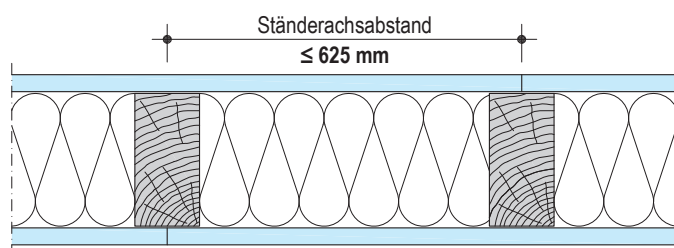
# **Einwirkung auf Tragwerke nach DIN EN 1991-1-1 und DIN EN 1991-1-1/NA**

### Eigengewicht nach DIN EN 1991-1-1/NA

Die Last aus Eigengewicht besteht aus ständigen, ortsfesten Einwirkungen aus Konstruktion und Ausbauteilen. Diese sind abhängig von Material und Bauteilaufbau.

In DIN EN 1991-1-1 Anhang A und NA sind tabellarisch die Wichten ( $\text{kN/m}^3$ ) verschiedener Baustoffe aufgeführt. Sind für die Dichte der tatsächlich geplanten Baustoffe genauere Werte bekannt, sollten diese verwendet werden. Bezogen auf die Dicke des Bauteilaufbaus lässt sich mit diesen Werten die Flächenlast ( $\text{kN/m}^2$ ) eines Bauteilaufbaus ermitteln. Wer zusätzlich die Höhe eines Bauteils berücksichtigt, erhält eine Linienlast ( $\text{kN/m}$ ).

Bild 10: Darstellung Beispiel Holztafelbauwand



### Nutzlasten nach DIN EN 1991-1-1 und DIN EN 1991-1-1/NA

Nutzlasten stellen eine veränderliche oder bewegliche Einwirkung auf das Bauteil dar. Diese können durch Personen, Einrichtungsgegenstände, Fahrzeuge (Verkehrslasten), Lagerstoffe usw. verursacht werden. Der charakteristische Wert der Nutzlast  $q_k$  in  $\text{kN/m}^2$  ist abhängig von der Nutzungsart und kann mittels der Tabelle 6.1DE der DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12 ermittelt werden. Die dort aufgeführte Punktlast  $Q_k$  in  $\text{kN}$  muss angesetzt werden, wenn keine ausreichende Querverteilung der Decken gegeben ist (z. B. Holzbalkendecken).

Lasten leichter unbelasteter Trennwände (Wandlast  $\leq 5 \text{ kN/m}$  Wandlänge) dürfen vereinfacht als gleichmäßig verteilter Zuschlag angenommen werden (Trennwandzuschlag). Als Zuschlag zur Nutzlast ist bei Wänden, die einschließlich des Putzes höchstens eine Last von  $3 \text{ kN/m}$  Wandlänge erbringen, mindestens  $0,8 \text{ kN/m}^2$ , bei Wänden, die mehr als eine Last von  $3 \text{ kN/m}$  und von höchstens  $5 \text{ kN/m}$  Wandlänge erbringen, mindestens  $1,2 \text{ kN/m}^2$  anzusetzen. Bei Nutzlasten von  $5 \text{ kN/m}^2$  und mehr ist dieser Zuschlag nicht erforderlich. Ausgenommen sind Wände, die parallel zu den Balken von Decken ohne ausreichende Querverteilung (z. B. Holzbalkendecken) stehen (DIN EN 1991-1-1/NA, NCI zu 6.3.1.2(8)).

Bei Wänden mit Wandlast  $> 5 \text{ kN/m}$  Wandlänge muss ein genauer Nachweis erfolgen. Lasten infolge beweglicher Trennwände müssen als Nutzlast behandelt werden.

Tabelle 9: Beispielrechnung Eigengewicht Holztafelbauwand

	Aufbau	Aufbauhöhe in mm	Berechnung	Flächenlast in $\text{kN/m}^2$
1.	Diamant X GKFI nach ETA 13/0800 $d = 15 \text{ mm}$ , $\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3 \hat{=} 10 \text{ kN/m}^3$	15	$0,015 \text{ m} \cdot 10 \text{ kN/m}^3$	= 0,15
2.	Holzständer 60/120 mm Ständerachsabstand $e = 625 \text{ mm}$ $\gamma = 4,2 \text{ kN/m}^3$ Knauf Insulation Klemmplatte KP-035/HB Steinwolle $d = 120 \text{ mm}$ $\gamma = 50 \text{ kg/m}^3 \hat{=} 0,5 \text{ kN/m}^3$	120,0	$0,12 \text{ m} \cdot (0,06 \text{ m} / 0,625 \text{ m}) \cdot 4,2 \text{ kN/m}^3$	= 0,05
		120,0	$0,12 \text{ m} \cdot (0,565 \text{ m} / 0,625 \text{ m}) \cdot 0,5 \text{ kN/m}^3$	= 0,05
3.	Diamant X GKFI nach ETA 13/0800 $d = 15 \text{ mm}$ , $\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3 \hat{=} 10 \text{ kN/m}^3$	15	$0,015 \text{ m} \cdot 10 \text{ kN/m}^3$	= 0,15
	<b>Gesamt</b>	<b>150,0</b>	–	<b>0,40</b>
	<b>Gesamt Linienlast (2,60 m Höhe)</b>	–	<b><math>0,40 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,60 \text{ m}</math></b>	<b>= 1,04 kN/m</b>

### Schneelasten nach DIN EN 1991-1-3 und DIN EN 1991-1-3/NA

#### Schneelasten auf dem Boden

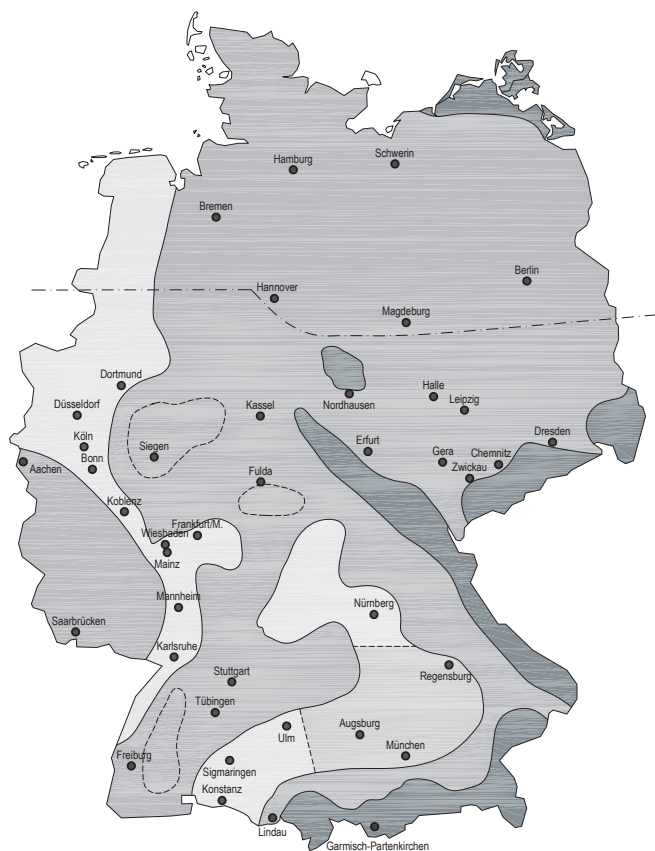
Die charakteristischen Werte der Schneelast auf dem Boden sind abhängig von der Schneelastzone und der Höhe über den Meeresspiegel.

Die Tabellen des DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) geben Auskunft darüber, in welcher Schneelastzone sich das Bauvorhaben befindet. Hier ist die Zuordnung der Landkreise oder einzelner Kommunen zu den Zonen tabellarisch aufgeführt.

Eine Möglichkeit zur näherungsweisen Bestimmung der Schneelastzone bietet die Schneelastzonenkarte in Bild 11.

In Schneelastzone 3 werden für bestimmte Gebiete höhere Werte maßgebend.

Bild 11: Schneelastzonenkarte nach DIN EN 1991-1-3/NA



- Schneelastzone 1
- Schneelastzone 2a
- Schneelastzone 1a
- Schneelastzone 3
- Schneelastzone 2
- Grenzlinie Norddeutsches Tiefland

Bestimmte Gebiete werden der Schneelastzone 3a zugeordnet. Diese Gebiete sind den Tabellen des DIBt zu entnehmen

#### Schneelasten auf Dächern

Die Schneelast auf Dächern ist abhängig von der Dachform, Dachneigung und der charakteristischen Schneelast. Bei der Berechnung wird die Schneelast lotrecht, bezogen auf die Projektion der Dachfläche (Grundrissfläche), angenommen.

Es muss berücksichtigt werden, dass sich Schnee durch Windeinwirkung ungleich auf dem Dach verteilen kann. Dabei muss bei Satteldächern jeweils der Fall *verwehter Schnee*, *nicht verwehter Schnee* untersucht werden. Zudem sind ggf. erhöhte Schneeannehmungen an Schneefanggittern und erhöhte Schneeannehmung an der Traufe gesondert zu betrachten.

Bild 12: Flach- und Pultdächer

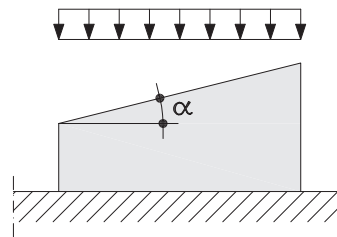
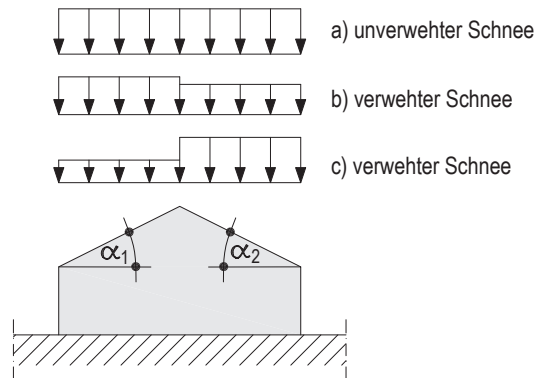


Bild 13: Satteldächer



### Stabilitätslasten nach DIN EN 1995-1-1/NA

Für Wandscheiben gilt nach DIN EN 1995-1-1/NA NCI zu 9.2.4.2 NA.17, dass eine Schrägstellung der Wandscheibe (z. B. aus Montageungenauigkeiten) berücksichtigt werden muss. Dabei wird, abhängig von der Länge der Wandscheibe und der Auflast auf die Wandscheibe, eine Kraft rechtwinklig zur Plattenebene angesetzt. Diese wirkt als Kräftepaar am oberen und unteren Ende der Wand und muss von den dazu rechtwinklig stehenden Wandscheiben aufgenommen werden. Die daraus resultierende Verformung wird durch einen Maximalwert begrenzt.

Es gibt allerdings eine Ausnahme die im nachfolgenden Absatz, also DIN EN 1995-1-1/NA NCI zu 9.2.4.2 NA.18, beschrieben wird. In diesem Absatz sind Kriterien gelistet bei deren Einhaltung ein Nachweis der Schrägstellung entfallen kann. Folgende Punkte sind einzuhalten:

- Plattenbreite  $b_{\text{Platte}}$  muss mindestens  $1/4$  der Tafelhöhe  $h$  betragen
- Länge der Wandtafel  $b$  muss mindestens  $1/3$  der Tafelhöhe  $h$  betragen
- Tafel wird in steifer Unterkonstruktion gelagert
- Erhöhung der Tragfähigkeit von Verbindungsmitteln nach 9.2.4.2 (5) wird nicht in Anspruch genommen

Wandscheiben, die hier behandelt werden, halten diese Vorgaben in der Regel ein.

Die Berücksichtigung von Stabilitätslasten sollte im Einzelfall geprüft werden.

### Erdbebenlasten nach DIN EN 1998-1 und DIN EN 1998-1/NA

Gebäude in Holzbauweise beeinflussen durch ihre Duktilität (Zähigkeit) der Tragstruktur das Verhalten unter Erdbebeneinwirkung positiv. Eine entsprechende Dimensionierung der Verbindung zwischen Beplankung (Lochleibungsschlupf) – Verbindungsmittel (Ausbildung Fließgelenk) – Ständerkonstruktion (Lochleibungsschlupf) gewährleistet eine Verformung durch plastische Anteile. Abhängig davon, wie groß diese plastischen Anteile der Verbindungen sind, kann im Falle eines Bebens Energie umgewandelt werden. Durch die plastische Verformung wird also Energie abgebaut, die bei der weiteren Bemessung abgezogen werden darf.

Die DIN EN 1998-1 gibt je nach Aussteifungssystem sogenannte Verhaltensbeiwerte  $q$  vor. Diese Beiwerte mindern die anzusetzende Horizontallast aus Erdbeben. Holzgebäude können mindestens in die Duktilitätsklasse 1 ( $q = 1,5$ ) eingestuft werden. Je nach Dissipationsfähigkeit (Energievernichtung durch plastische Verformung) des Aussteifungssystems ist eine Einordnung in die Duktilitätsklasse 2 oder 3 möglich.

In der Regel wird nach DIN EN 1998-1/NA Tabelle NA.D.2 für Gebäude in der Bedeutungskategorie II (kleinere Wohn- und Bürogebäude) kein Erdbebenachweis erforderlich. Voraussetzung ist, dass in Erdbebenzone 1 die maximale Anzahl von Vollgeschossen  $\leq 4$ , in Erdbebenzone 2  $\leq 3$  und in Erdbebenzone 3  $\leq 2$  ist.

#### Hinweis

Darüber hinaus wird in Deutschland aufgrund der geringen Erdbebengefährdung und der Einstufung als außergewöhnlicher Lastfall in vielen Fällen die Horizontalbeanspruchung aus Windlast maßgebend. Dies ergibt sich entsprechend aus dem Vergleich der Lastkombinationen.

#### Definition Vollgeschosse

Bei der Geschossanzahl darf das Geschoss auf der Gründungsebene unberücksichtigt bleiben, wenn es als steifer Kasten ausgebildet ist und sich die Gründung durchgängig auf einer Höhe befindet.

## Horizontale Lasten

### Windlasten nach DIN EN 1991-1-4 und DIN EN 1991-1-4/NA

Windeinwirkungen sind über die Zeit veränderlich und werden als veränderliche, freie Einwirkung eingestuft (DIN EN 1990-1 4.1.1). Der Winddruck wirkt 90° zu der betreffenden Oberfläche und wird bei Druckbelastung als positiver Druck, bei Sogbelastung als negativer Druck bezeichnet.

Die folgend ermittelten Windeinwirkungen sind charakteristische Werte, die mit einer Basisgeschwindigkeit oder einem entsprechenden Geschwindigkeitsdruck ermittelt werden. Die Basiswerte hierfür sind charakteristische Größen mit einer jährlichen Überschreitungswahrscheinlichkeit von 2 %, die einer mittleren Wiederkehrperiode von 50 Jahren entspricht.

#### Geschwindigkeitsdruck

Im Folgenden wird nur das vereinfachte Windlastermittlungsverfahren für Bauwerke bis 25 m Höhe behandelt. Im Vergleich zum Regelverfahren und zum genauen Ermittlungsverfahren (DIN EN 1991-1-4/NA Anhang NA.B1) kann der Unterschied der Werte ca. ± 10 % betragen. Für eine wirtschaftliche Berechnung kann sich der Vergleich lohnen.

Die charakteristische Windlast  $w_k$  berechnet sich wie folgt:

$$w_k = c_{pe} \cdot q_p$$

$c_{pe}$  = Aerodynamischer Außendruckbeiwert

$q_p$  = Böengeschwindigkeitsdruck (Staudruck)

Außendruckbeiwerte berücksichtigen die Geometrie des angeströmten Bauteils. Möchte man beispielsweise die Windlast auf vertikale Wände von Gebäuden ermitteln, wird das Verhältnis zwischen der Gebäudehöhe und der Gebäudelänge entscheidend. Bei Satteldächern ist es die Dachneigung, die den Beiwert maßgebend beeinflusst.

Es wird in lokale ( $c_{pe,1}$ ) und globale ( $c_{pe,10}$ ) Außendruckbeiwerte unterschieden, die in Abhängigkeit von der Lasteinflussfläche des belasteten Bauteils anzuwenden sind.

Neben den Außendruckbeiwerten gibt es äquivalent dazu Innendruckbeiwerte. Diese müssen nur bei offenen Gebäuden, wie z. B. Viehställe, Lagergebäude (bis zu 30 % Öffnungsanteil), berücksichtigt werden.

Im ersten Schritt muss der Böengeschwindigkeitsdruck  $q_p$  ermittelt werden. Dieser ist abhängig von der Windzone und der Entfernung zur Küste, siehe Tabelle 10.

Bild 14: Windzonen nach DIN EN 1991-1-4/NA Anhang A



Eine weitere Möglichkeit zur Windzonenbestimmung bieten die Tabellen des DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik). Hier ist die Zuordnung von Landkreisen oder einzelnen Kommunen zu Windzonen in Tabellenform aufgeführt. Tabelle 10: Geschwindigkeitsdruck nach DIN EN 1991-1-4/NA Tab. NA.B.3

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

1) Zur Küste zählt ein 5 km breiter Streifen, der entlang der Küste verläuft und landeinwärts gerichtet ist.

2) Auf den Inseln der Nordsee ist der Böengeschwindigkeitsdruck für Bauwerke über 10 m Höhe nach DIN EN 1991-1-4/NA NA.B.3.3 zu bestimmen.

Die Außendruckbeiwerte ( $c_{pe}$ -Werte) für Außenwände und Dächer unterscheiden sich und müssen deshalb getrennt betrachtet werden.

### Außendruckbeiwert Wand

Der Außendruckbeiwert  $c_{pe}$  vertikaler Wände von Baukörpern mit rechteckigem Grundriss wird in Abhängigkeit vom Verhältnis Baukörperhöhe  $h$  zu Baukörperbreite  $d$  bestimmt.

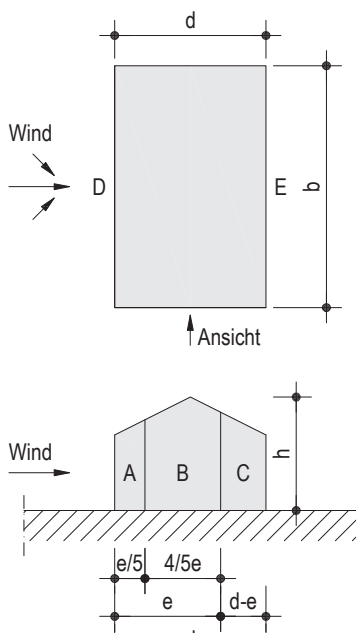
$c_{pe,1}$  = Lasteinzugsfläche  $A \leq 1 \text{ m}^2$   
(z. B. Verkleidung- und Dachelemente, für die Aussteifung i. d. R. nicht relevant)

$c_{pe,10}$  = Lasteinzugsfläche  $A > 10 \text{ m}^2$   
Für Bemessung des gesamten Tragwerks einschließlich Gebäudeaussteifung

Die Wände werden hierbei in die Bereiche A bis E eingeteilt. Die Bereiche D und E sind dem Wind senkrecht zugewandt und für die Gebäudeaussteifung relevant. Die Bereiche A, B und C sind zum Wind parallel orientiert und werden z. B. für die Bemessung der Fassadenverankerung benötigt.

Somit sind für die Gebäudeaussteifung nur die Außendruckbeiwerte in den Bereichen D und E relevant.

Bild 15: Windanströmrichtung nach DIN EN 1991-1-4 7.2



Grundriss

Ansicht

- $d$  = Abmessung des Grundrisses parallel zum Wind
- $b$  = Abmessung des Grundrisses senkrecht zum Wind

Beide Windanströmrichtungen müssen betrachtet werden.

Nachfolgender Tabelle können die Außendruckbeiwerte entnommen werden.  
Tabelle 11: Außendruckbeiwerte nach DIN EN 1991-1-4/NA Tab. NA.1

Bereich	Lasteinzugsfläche	h/d		
		$\geq 5$	1	$\leq 0,25$
D	$c_{pe,10}$	+0,8	+0,8	+0,7
E	$c_{pe,10}$	-0,5	-0,5	-0,3

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, Abschnitte 7.6 bis 7.8 und 7.9.2 zu ermitteln.

### Außendruckbeiwert Dach

Dachflächen von Satteldächern werden in die Bereiche F bis K eingeteilt. Es wird nach Dachform und Dachneigung unterschieden. Bei Satteldächern müssen immer zwei Fälle untersucht werden:

Anströmrichtung auf Traufe  $\theta = 0^\circ$

Anströmrichtung auf Giebel  $\theta = 90^\circ$

Die Außendruckbeiwerte für Satteldächer werden in den nachfolgenden Tabellen aufgeführt. Für weitere Dachformen (z. B. Pult- und Flachdächer gibt DIN EN 1994-1-4 weitere Werte an.

Bei Flachdächern erzeugt Wind auf die Dachfläche zwar keine Horizontallast, mindert jedoch die Auflast.

## Horizontale Lasten

### Satteldächer

Bild 16: Gebäudeschnitt Satteldach

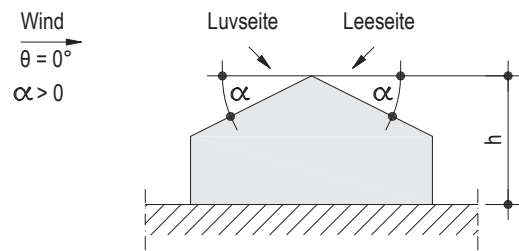


Bild 17: Windströmrichtung 0°

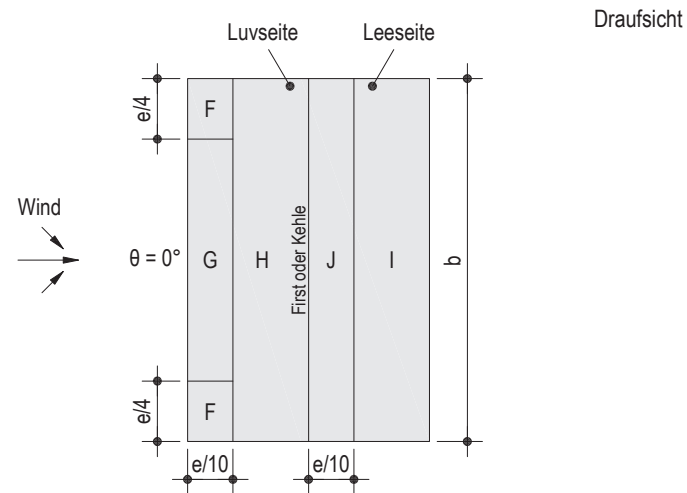
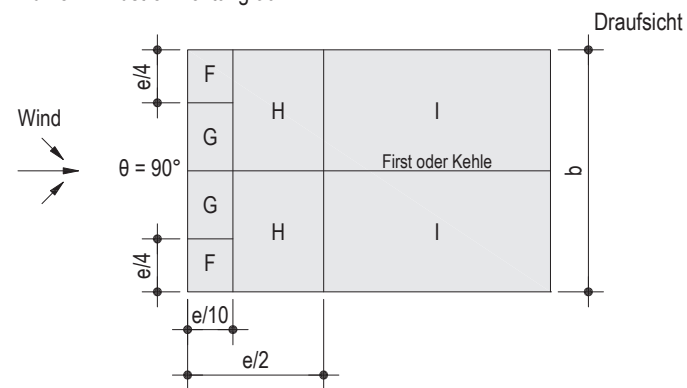


Bild 18: Windströmrichtung 90°



$e = b$  oder  $2 \cdot h$ , der kleinere Wert ist maßgebend

$b =$  Breite quer zum Wind

Tabelle 12: Außendruckbeiwerte Satteldach nach DIN EN 1991-1-4 7.2.5

Neigungswinkel $\alpha$	F $c_{pe,10}$	G $c_{pe,10}$	H $c_{pe,10}$	I $c_{pe,10}$	J $c_{pe,10}$
Bereich für die Anströmrichtung $\Theta = 0^\circ$					
5°	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	+0,2
	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
15°	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-0,1
	+0,2	+0,2	+0,2	+0,0	+0,0
30°	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	+0,7	+0,7	+0,4	+0,0	+0,0
45°	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	+0,7	+0,7	+0,6	+0,0	+0,0
60°	+0,7	+0,7	+0,7	-0,2	-0,3
75°	+0,8	+0,8	+0,8	-0,2	-0,3
Bereich für die Anströmrichtung $\Theta = 90^\circ$					
5°	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6	–
15°	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5	–
30°	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5	–
45°	-1,1	-1,4	-0,9	-0,5	–
60°	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5	–
75°	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5	–

Anmerkungen zur Tabelle

- Für die Anströmrichtung  $\Theta = 0^\circ$  und einen Neigungswinkel von  $\alpha = 5^\circ$  bis  $45^\circ$  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 der positiven und negativen Werten auf einer Dachfläche ist nicht zulässig.
- Für Dachneigungen zwischen den angegebenen Werten darf linear interpoliert werden.
- Für die Anströmrichtung  $\Theta = 0$  ergibt die Kombination von Winddruck auf der Luvseite und Windsog auf der Leeseite die betragsmäßig größte Horizontalkraft.
- Bei  $\Theta = 90^\circ$  ergeben sich aus dem Dach selbst keine Horizontallasten auf das Bauwerk. Durch den Windsog wird jedoch die Auflast auf die Wände reduziert.



## Grundlagen der Aussteifung

### Einleitung

Ein Gebäude, bei dem keine räumliche Aussteifung sichergestellt ist, droht *umzufallen*. Der Nachweis der Gebäudeaussteifung ist ein fester Bestandteil der statischen Berechnung, die entsprechend der Landesbauordnung erstellt werden muss.

Bei kleinen Bauwerken kann es sinnvoll sein nur die Außenwände als aussteifende Wände heranzuziehen. Das ermöglicht eine variable Aufteilung der Innenwände.

Bei größeren Bauwerken ist es meist unumgänglich die Innenwände für die Aussteifung heranzuziehen. Hierbei sollten Wände ausgewählt werden, deren Lage sich im Laufe des Gebäudelebens nicht verändern (z. B. Treppenhäuserwände).

Neben der Ausbildung einer Wandscheibe in Holztafelbauweise (Ständerkonstruktion mit Beplankung) gibt es noch folgende andere Möglichkeiten um ein aussteifendes Element herzustellen:

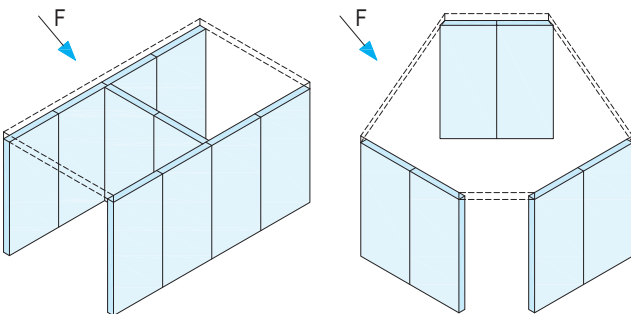
- Ausgekreuzte Zugbänder (z. B. Windrispenband)
- Biegesteife Ecken (z. B. Hallenbau, Brettschichtholzträger)
- Druck- und Zugstäbe (z. B. Holzdiagonalen, Streben)
- Scheibenausbildung durch massive Bauweise (z. B. Mauerwerksbau, Betonbau)
- Aussteifungskern (z. B. Aufzugsschacht)

### Konstruktionsbeispiele

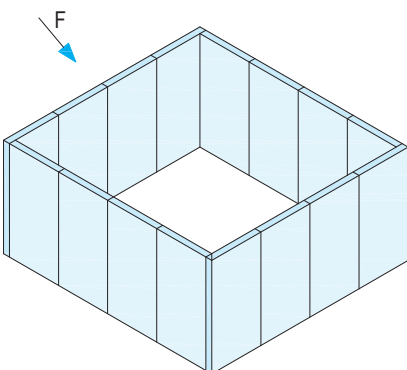
#### Stabile Konstruktionsbeispiele

Bild 19: Konstruktionsregeln für Wandscheiben

- 1 Deckenscheibe und 3 Wandscheiben ✓
- Mehr als 1 Schnittpunkt der Wirkungslinien ✓
- Wandscheiben nicht alle parallel angeordnet ✓



- 4 Wandscheiben ✓
- Mehr als 1 Schnittpunkt der Wirkungslinien ✓
- Wandscheiben nicht alle parallel angeordnet ✓



### Grundregeln

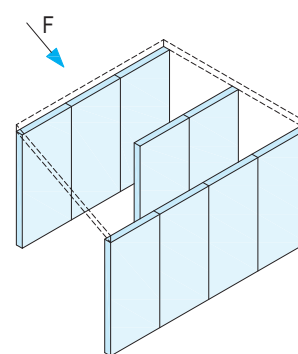
Die Möglichkeiten zur Aussteifung eines Gebäudes sind vielseitig. Die folgenden Konstruktionsregeln sollten aber immer eingehalten werden:

- 4 Wandscheiben oder 3 Wandscheiben und eine Deckenscheibe
- Schubfester Verbund zwischen Wand- und Deckenscheibe
- Wandscheiben dürfen nicht alle parallel angeordnet sein
- Wirkungslinien der Wandscheiben dürfen sich nicht nur in einem Punkt schneiden

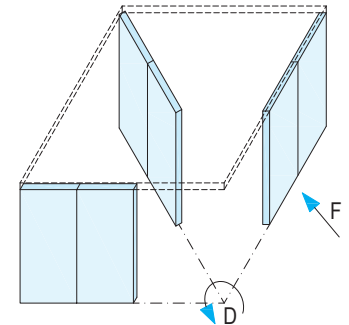
#### Instabile Konstruktionsbeispiele

Bild 20: Konstruktionsregeln für Wandscheiben

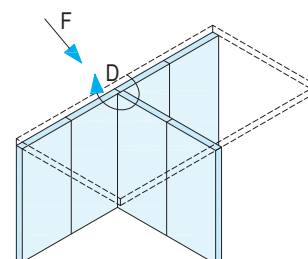
- 1 Deckenscheibe und 3 Wandscheiben ✓
- Parallele Anordnung ✗



- 1 Deckenscheibe und 3 Wandscheiben ✓
- 1 Schnittpunkt der Wirkungslinien ✗

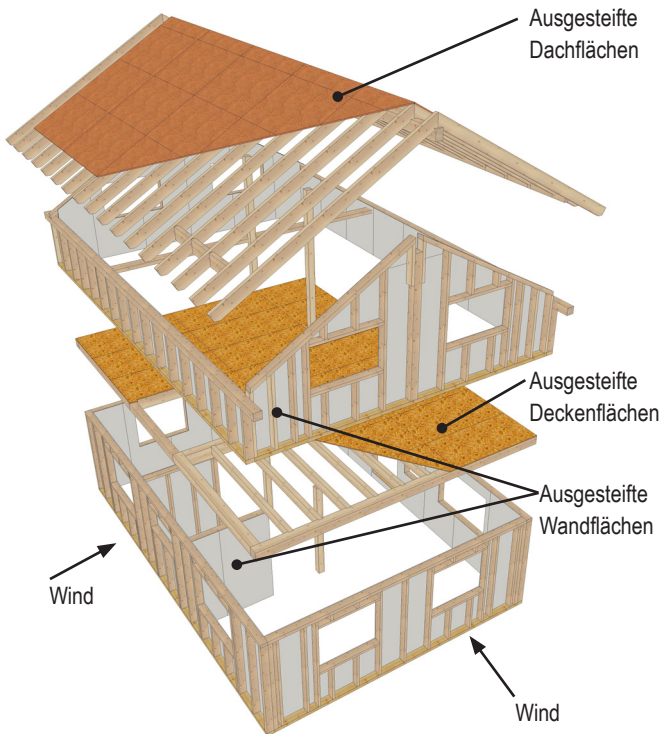


- 1 Deckenscheibe und 2 Wandscheiben ✗
- 1 Schnittpunkt der Wirkungslinien ✗



### Verteilung der Einwirkungen auf die Bauteile im Gebäude

Bild 21: Prinzip der Aussteifung im Holztafelbau



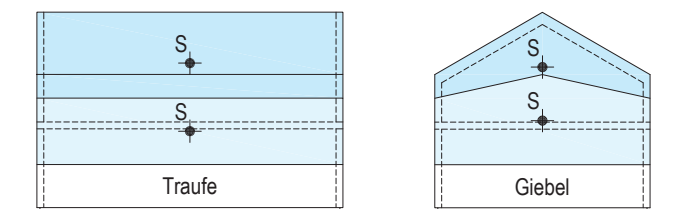
Eine funktionierende Gebäudeaussteifung besteht im Wesentlichen aus drei Komponenten:

- Eine ausgesteifte Decken- bzw. Dachscheibe, die die horizontalen Einwirkungen auf die darunterliegenden Wandscheiben leitet.
- Ausgesteifte Wandscheiben, die die Lasten aus der Deckenscheibe in die darunterliegende Ebene leitet.
- Verankerungen, die die abhebenden Kräfte in den ausgesteiften Wandscheiben aufnehmen.

#### Die Lastdurchleitung der horizontalen Lasten erfolgt in folgenden Schritten:

1. Lastezug von Windlasten über die Außenwände

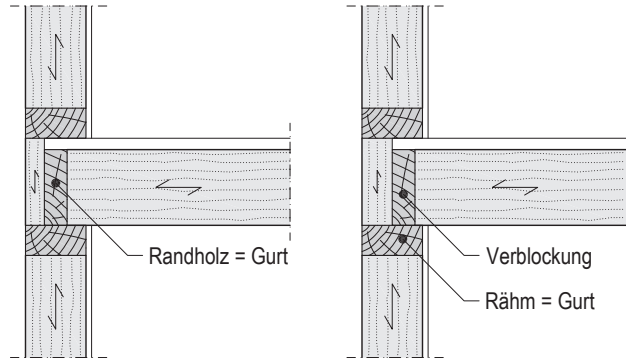
Bild 22: Lastezugsflächen der Decken- und Dachscheiben



S Schwerpunkt der Last

2. Durchleitung der Kraft durch den Aufbau der Außenwand in die Decke  
Die Kraft muss zunächst durch die Außenhülle in die Decken geleitet werden. Um einen steifen Verbund zwischen Wand und Decke zu garantieren sind folgend zwei konstruktive Lösungen dargestellt. Eine funktionierende Deckentafel benötigt, wie eine Wandtafel auch, einen durchgehenden Randgurt.

Bild 23: Deckenanschluss



Im linken Detail wird das durch ein Randholz in Deckenebene realisiert (Einbau auf der Baustelle). Dieses Randholz wird mit Verbindungsmitteln in die Wandscheibe verankert um die Schubkräfte zu übertragen (bei großen Vertikallasten wird die Vertikalübertragung durch Reibung gewährleistet).

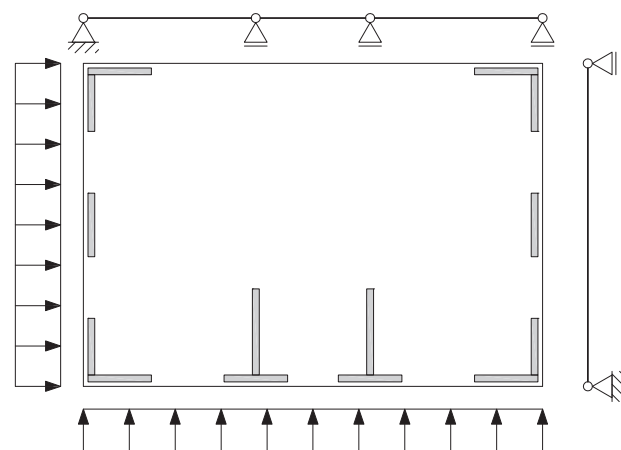
Im rechten Detail wird das Rähm der Wandscheibe durch eine schubfeste Anbindung der Verblockung (Verbindungsmittel) als Randgurt ausgebildet. Das Rähm wirkt somit als durchgehender Randgurt (Verbindungsmittel und Dämmung nicht dargestellt).

3. Einleitung der Kraft durch die Decken-/Dachscheiben in die aussteifenden Wandscheiben

Die Verteilung der Horizontallast in die Wandscheiben erfolgt über die Deckenscheibe. Das Tragverhalten der Deckenscheibe entspricht dabei dem von mehreren Einfeldträgern und darf dementsprechend berechnet werden.

Bei einer starken exzentrischen Verteilung der aussteifenden Wände (Schwerpunkt der Wände ist mehr als 0,1 · Gebäudebreite von resultierenden Lastangriff entfernt) wird ein genaues Nachweisverfahren empfohlen, dazu mehr in Colling [1].

Bild 24: Verteilung der Horizontallast über die Deckenscheiben in die Wandscheiben (Einfeldträgermodell)



4. Durchleitung der Kraft durch die Wandscheibe

Die Bemessung einer Wandscheibe erfolgt nach der Schubfeldtheorie aus dem Eurocode 5. Es wird ein ideales Schubfeld vorausgesetzt, das bedeutet, es gibt ausschließlich Schubbeanspruchungen parallel zu den Ständern.

Im Folgenden werden die inneren Kräfte der Wandscheibe resultierend aus der Horizontalkraft  $F_v$  näher erläutert.

Bild 25: Kräfte bei horizontaler Beanspruchung der Wandscheibe

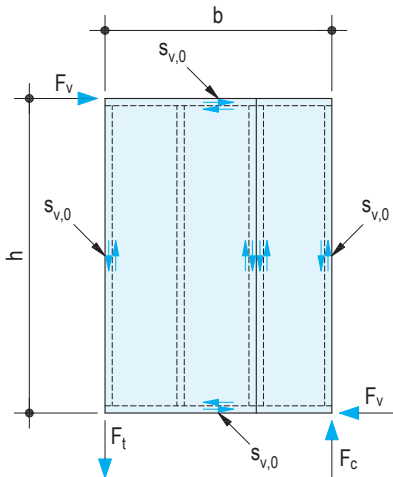
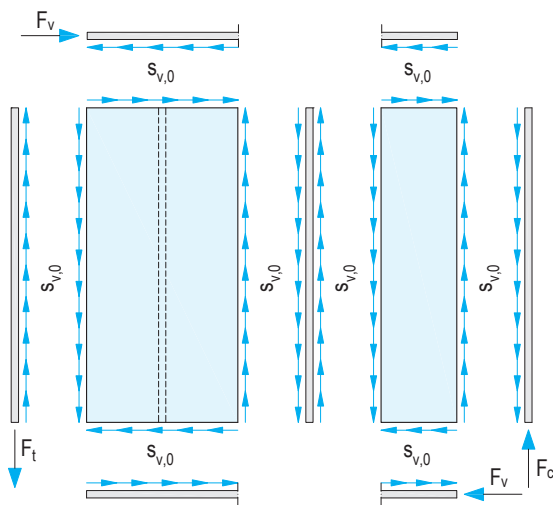


Bild 26: Kräftefluss



Die Horizontalkraft  $F_v$ , die durch das Rähm eingeleitet wird, verteilt sich kontinuierlich über die Tafelbreite  $b$  durch die Verbindungsmittel in die Beplankung. Es ergibt sich der Schubfluss  $s_{v,0}$ :

**Hinweis** Der Schubfluss ist der Verlauf der Schubkräfte aus Querkräften oder Torsionsmoment im Querschnitt eines Bauteils.

$$s_{v,0} = \frac{F_v}{b}$$

Die am Rähm angreifende Kraft  $F_v$  muss durch eine gleich große Gegenkraft an der Schwelle aufgenommen werden, so dass  $\sum H = 0$  erfüllt ist. Diese wird, wie auch an der Schwelle, kontinuierlich durch die Verbindungsmittel über die Tafelbreite  $b$  in die Beplankung eingeleitet. Der Schubfluss gleicht dem im Rähm und beträgt:

$$s_{v,0} = \frac{F_v}{b}$$

Die Horizontalkraft  $F_v$  erzeugt ein Versatzmoment  $F_v \cdot h$ , welches durch ein vertikal wirkendes Kräftepaar ( $F_t$  und  $F_c$ ) aufgenommen werden muss. Dieses berechnet sich wie folgt:

$$(\sum M = 0) \quad F_t = F_c = F_v \cdot \frac{h}{b}$$

Die Druck- und Zugkräfte werden über die Verbindungsmittel kontinuierlich über die Tafelhöhe  $h$  in die Beplankung eingeleitet. Der Schubfluss gleicht dem Schubfluss in Schwelle und Rähm und wird wie folgt berechnet:

$$s_{v,0} = \frac{F_{c,t}}{h} = \frac{F_v \cdot \frac{h}{b}}{h} = \frac{F_v}{b}$$

Es resultieren folgende Kräfte in den Ständern und der Beplankung aus horizontaler Einwirkung.

Die Einflüsse aus vertikalen Einwirkungen sind hier nicht dargestellt.

Bild 27: Normalkraft in Ständern

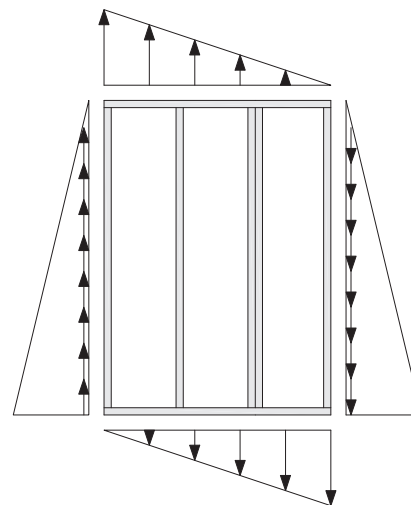
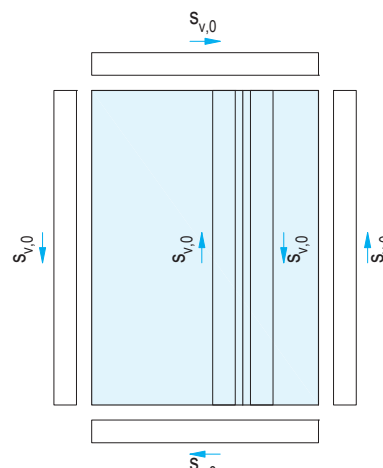
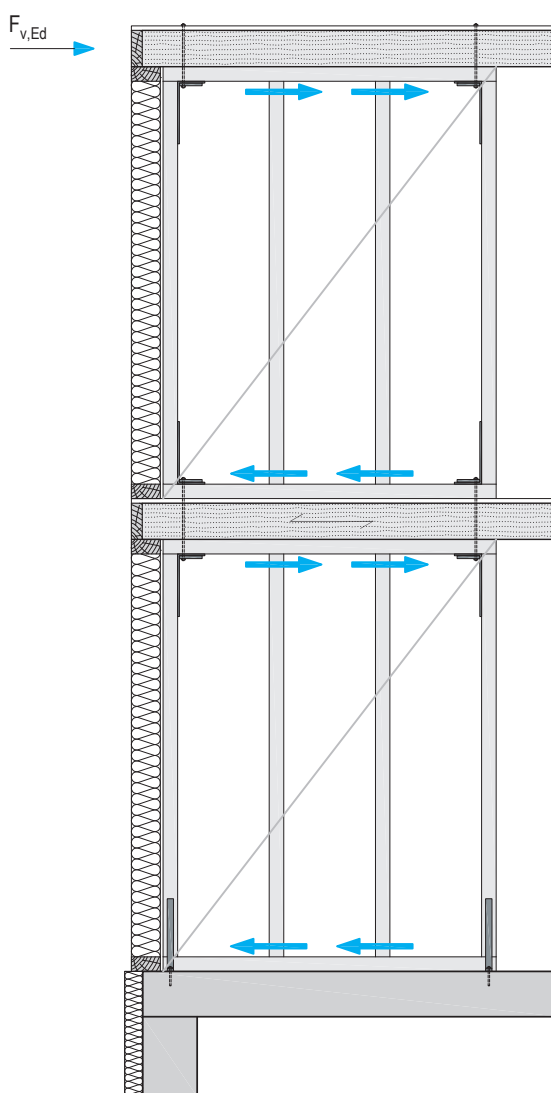


Bild 28: Schubfluss in Beplankung



5. *Einleitung der Zug- und Druckkräfte über die Randständer in die darunterliegende Ebene (über einen Geschossstoß) und in das Fundament*  
Die Übertragung der vertikalen Kräfte über den Geschossstoß erfolgt durch zugfeste Verbindungen an den Randständer der Wandscheiben. Eingesetzt werden meist Stahlwinkel. Diese werden an den Randständer der oben liegenden und unten liegenden Wandscheiben befestigt (beidseitig, da der Wind aus beiden Richtungen kommen kann) und mit einem Bolzen, der durch die Decke gesteckt wird, verbunden.  
Die Übertragung der horizontalen Kräfte über den Geschossstoß erfolgt meist durch ein *Blocking* (Füllholz zwischen den Balken) oder einen durchgehenden Randgurt bei Geschossstößen.

Bild 29: Übertragung von horizontalen Kräften über Futterholz / Verblockung / durchgehender Randgurt bei Geschossstößen



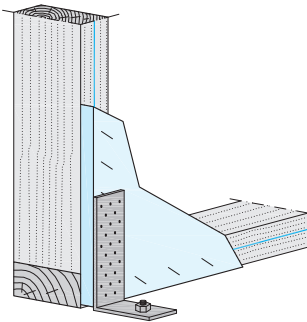
6. Verankerung der Zugkräfte im Randständer

Die Verankerung hängt von der Höhe der Zugkraft im Randständer ab. Diese wiederum hängt in erster Linie von der Windlast, der Wandscheibengeometrie und dem Gebäudegewicht ab. Bei hohem Eigengewicht (Massivbau) werden die Zugkräfte meist zum großen Teil überdrückt und es sind nur kleine oder keine Zuganker notwendig. Der Holzbau ist jedoch eine Leichtbauweise.

Daher muss jede Wandscheibe, welche für die Aussteifung angesetzt wird, an ihren Wandenden verankert werden, sofern kein genauere Nachweis erfolgt.

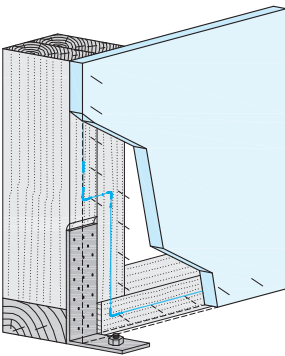
Konstruktive Möglichkeiten für die Zugverankerung:

Bild 30: Außenliegender Zuganker



- Befestigung durch Zwischenlage
- Nachweis mit Formeln nach Blaß [2], kein Nachweis nach Euro-code 5 möglich

Bild 31: Außenliegender Zuganker, eingelassen



Beiholz, zusätzlicher Ständer oder breiter Ständer für konstanten Verbindungsmittelabstand

Bild 32: Außenliegender Zuganker, stirnseitig

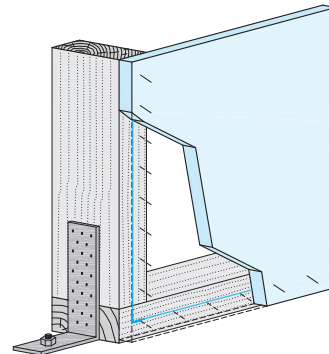


Bild 33: Innenliegender Zuganker

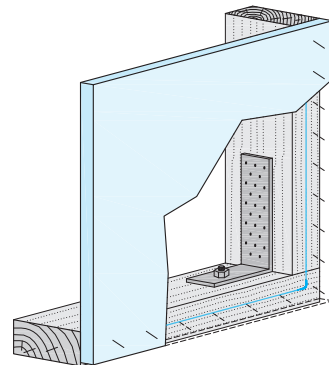
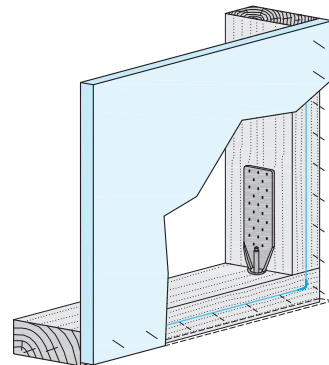


Bild 34: Innenliegender Zuganker



Weitere Informationen zum Produkt finden sie auf folgender Internetseite:  
[Hilti HCW L Holzverbinder](#)

$\sqrt{a \cdot b} = \sqrt{a} \cdot \sqrt{b}$   
 $l_{ef} = \beta \cdot l$   
 $a^2 + b^2 = c^2$   
 $k_{\text{eff}} = \frac{1}{k_1 + \sqrt{k_1^2 + k_2^2 - k_1 \cdot k_2}}$   
 $N_{\text{Ed},0} = -\frac{(M_{\text{Ed}} + \Delta M_{\text{Ed}})}{\alpha_n}$   
 $b_{\text{platte}} \Rightarrow h/4$   
 $S_{10} = \frac{F_{v,1,d}}{f_{t,1,k}} \leq f_{t,10}$   
 $f(x) = a(x - x_1)$   
 $\beta = \frac{f_{t,2,k}}{f_{t,1,k}}$   
 $E_d = \sum_{j=1}^n \gamma_{G,j}$   
 $m = 1 + n \cdot 2^{(n-1)}$   
 $S_{10} = \frac{F_v}{b}$   
 $F_c = h/b$   
 $\sin$   
 $\cos$   
 $\text{Hypotenuse}$   
 $\text{Gegenkathete}$   
 $\text{Ankathete}$   

$\alpha$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$
5°	~	~
15°	~	~
30°	~	~
45°	~	~

Luv Lee

$F_{v,Rd} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M}$

$f_{t,Rk} = 45 \cdot d$

$R_d \geq F_{t,d}$

$M_{y,Rk} =$

$f_{v,d} = \max \begin{cases} f_{v,d,1} + 0.75 \cdot f_{v,d,2} \\ 0.75 \cdot f_{v,d,1} + f_{v,d,2} \end{cases}$

$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,90,d}}{A_{ef}} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}$

$b_{\text{Wand}} \Rightarrow h/3$

$V_1 = \frac{Q_1}{A_1}$  und  $v_2 = \frac{Q_2}{A_2}$   
 mit Bernoulli:  $v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2$   
 $\frac{v_1}{2g} + \frac{p_1}{\rho \cdot g} = \frac{v_2}{2g} + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{z_1 - z_2}{g}$   
 into  $\rho \cdot v_1 \cdot A_1 = \rho \cdot v_2 \cdot A_2$   
 von Quellen und Senken

# Bemessung einer Holztafelbauwand

### Konstruktionsvorgaben

Die Berechnung erfolgt nach Verfahren A der DIN EN 1995-1-1 9.2.4.2 für einseitig und zweiseitig einlagig beplankte Holztafelbauwände (Nach NDP 9.2.4.1 (7) ist nur Verfahren A zugelassen). Quellen aus dem Eurocode 5 sind nachfolgend ohne den Zusatz DIN EN 1995-1-1 dargestellt.

Bild 35: Bemessung Wandtafel horizontal

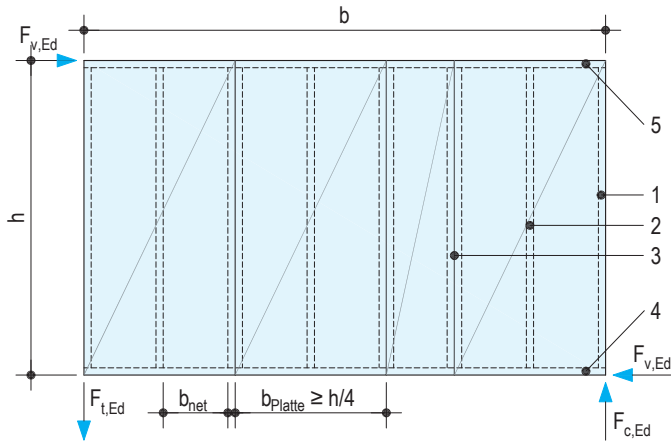
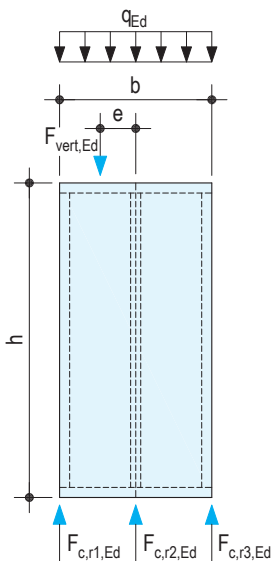


Bild 36: Bemessung Wandtafel vertikal

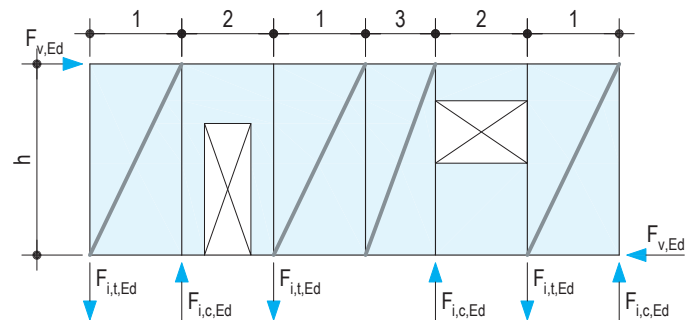


Beplankung über volle Tafelhöhe und mindestens zwei Felder.

- 1 *Randrippe (Randständer)*
  - 2 *Innenrippe (Mittelständer)*
  - 3 *Innenrippe (Mittelständer mit Gipsplattenstoß)*
  - 4 *Fußrippe (Schwelle durchgehend)*
  - 5 *Kopfrippe (Rähm durchgehend)*
- b *Wandtafeln unter vertikaler Beanspruchung*

Eine Wandtafel wird in ihrer Ebene über das Rähm horizontal durch eine Kraft  $F_{v,Ed}$  und vertikal durch eine Gleichlast oder Druckkräfte beansprucht. Die Wandtafel ist für beide Lasteinwirkungsrichtungen zu bemessen. Der Abstand  $h$  bezogen auf die Aussteifungslast  $F_{v,Ed}$  sollte angenommen werden als Abstand von Lastangriff (z. B. Oberkante Decke, Schwerpunkt Last-einzugsfläche) und horizontaler Lagerung der Schwelle.

Bild 37: Zusammensetzung von Wandscheiben mit Öffnungen nach DIN EN 1995-1-1 und DIN EN 1995-1-1/NA



- 1 *Wandscheibe (normale Breite)*
- 2 *Wandscheibe mit Fenster*
- 3 *Wandscheibe (kleinere Breite)*

Tragfähigkeiten von Wandbereichen mit Tür- oder Fensteröffnungen sollten nicht in Rechnung gestellt werden. (9.2.4.2 (6))

Ungestörte Bereiche sind als einzelne Tafeln zu betrachten. Jede Tafel ist für sich zu verankern. Diese Verankerung stellt eine Endverankerung dar, d. h. ein vertikales Bauteil am Scheibenende ist unmittelbar mit der Unterkonstruktion verbunden. (9.2.4.2 (1))

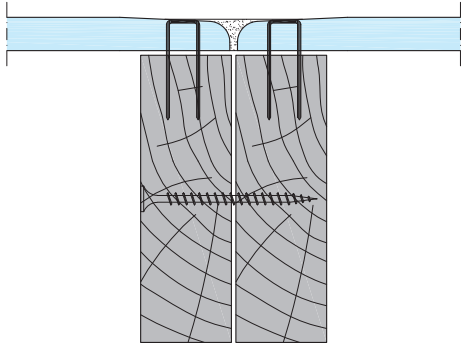
Es gelten folgende konstruktive Randbedingungen:

- Verbindungsmittelabstand an den Gipsplattenrändern muss konstant sein für eine kontinuierliche Lasteinleitung (9.2.4.2 (2))
- Verbindungsmittel sind auf allen Ständern (Schwelle, Rähm, Randständer und Mittelständer) anzuordnen
- Für den Randabstand der Verbindungsmittel darf das Maß  $a_{4,c}$  (Abstand rechtwinklig zur Faser, unbeanspruchter Rand) gewählt werden (NCI 9.2.4.2 (NA.19) und 9.2.4.2 (5))
- Bei Wandtafeln aus mehreren vorgefertigten Wandelementen sollte die Übertragung der Schubkräfte nachgewiesen werden (9.2.4.2 (13))

### Schubfeste Verbindung von Wandtafeln

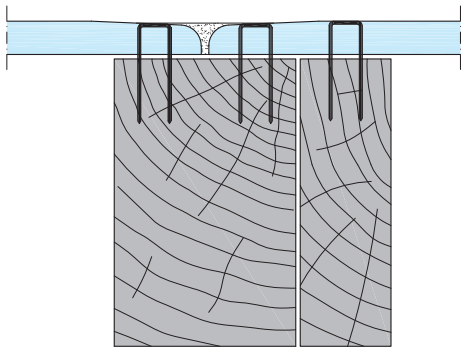
Über Verschraubung des Randständers

Bild 38: Schubfeste Verbindung von Wandtafeln

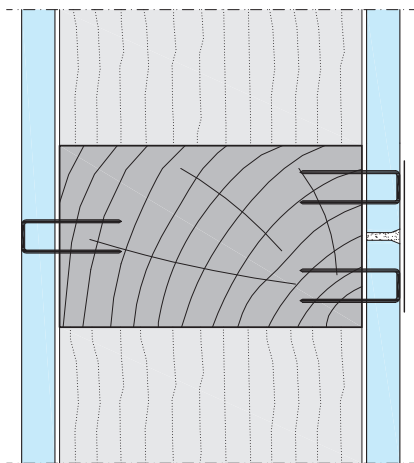


Mittels überstehender Beplankung und Befestigung auf breiterem Ständer.

Bild 39: Schubfeste Verbindung von Wandtafeln

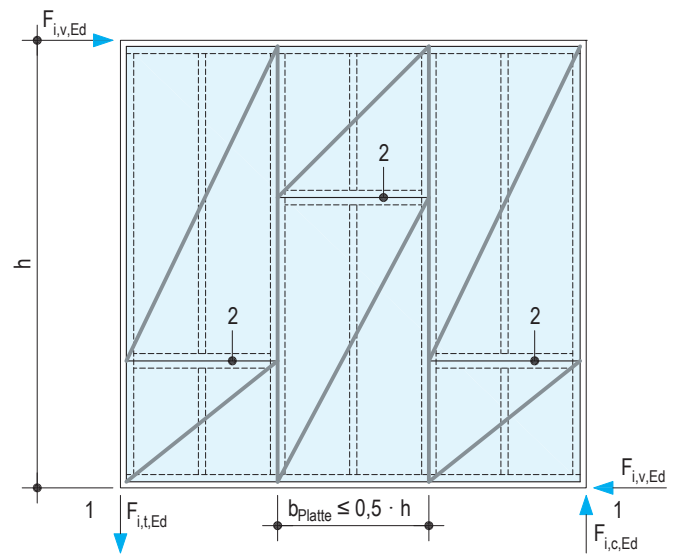


- Zur Lasteinleitung muss das Rähm und die Schwelle durchlaufen (z. B. wichtig für Wände, die durch Fenster oder Türen unterbrochen werden, sonst kann  $F_{v,Ed}$  nicht in alle Scheiben übertragen werden)
- **Maximal 1 schubfest verbundener horizontaler Gipsplattenstoß zulässig** (freie Gipsplattenstöße unzulässig, sonst große Kopfverformung)  
Wenn  $b_{Platte} < h/2$  und kein genauer Nachweis der Verformung vorhanden ist, ist die Tragfähigkeit ( $f_{v,0,d}$ ) um 1/6 abzumindern (NCI 9.2.4.2 (NA.20))



- Bei der Ausrichtung der Gipsplatten die Herstellrichtung der Gipsplatten beachten, unterschiedliche Festigkeiten
- Für abhebbende, vertikale Kräfte sind die Randständer mit einem Zuganker zu verankern (vertikale Lagerung) (9.2.4.2 (9))
- Ein Nachweis für Imperfektionen in Form von Schrägstellung und ein Nachweis für eine horizontale Kopfverformung der Wandscheibe ist nicht erforderlich wenn (NCI 9.2.4.2 (NA.18)),
  - die Gipsplattenbreite  $b_{Platte}$  min. 1/4 der Tafelhöhe  $h$  beträgt:  $b_{Platte} \geq h/4$  (9.2.4.2 (2)),
  - die Länge der Wandtafel  $b$  mindestens 1/3 der Tafelhöhe  $h$  beträgt:  $b \geq h/3$ ,
  - die Tafel in einer steifen Unterkonstruktion gelagert ist,
  - die Erhöhung der Tragfähigkeit von Verbindungsmitteln nach 9.2.4.2 (5) nicht in Anspruch genommen wird.

Bild 40: Wandtafel mit horizontalem Beplankungsstoß unter horizontaler Scheibenbeanspruchung



- 1 Befestigung
- 2 Rahmenholz

- Wenn  $b_{Platte} \leq 0,5 \cdot h$ , dann ist  $f_{v,0,d}$  um 1/6 abzumindern

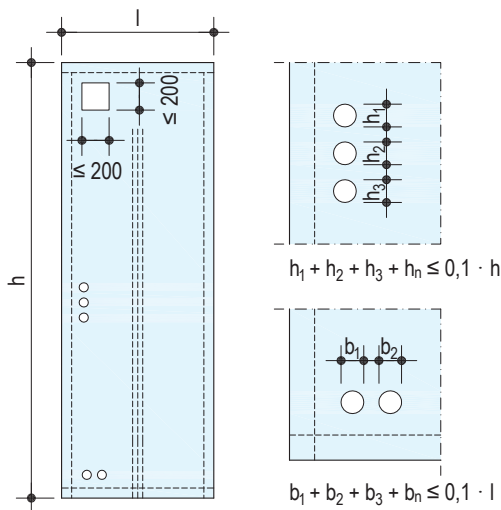
### Öffnungen in Wandscheiben

Öffnungen dürfen vernachlässigt werden, wenn gilt:

Tabelle 13: Vernachlässigbare Öffnungen in Wandtafeln nach DIN EN 1995-1-1/NA NCI 9.2.4.2 (NA.15)

Wandtafeln		
Einzelne Öffnungen	Rechteckig	$\leq 200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$
Mehrere Öffnungen	Summe der Breiten	$\leq b / 10$
	Summe der Höhen	$\leq h / 10$

Bild 41: Wandtafel mit vernachlässigbaren Öffnungen nach DIN EN 1995-1-1/NA NCI 9.2.4.2 (NA.15)



Für kreisrunde Öffnungen abweichend von Bild 41 ist ein zusätzlicher Nachweis erforderlich, der Eurocode 5 macht dazu keine Angaben. Der Nachweis kann z. B. nach Colling (Kapitel 6.8.1) [1] erfolgen.

### Befestigungsmittel

Für Gipsplatten-Holz-Verbindungen sind nach DIN EN 1995-1-1/NA nur **Klammern und Schnellbauschrauben** nach DIN 1052-10 zulässig. Diese Regel gilt nach der Europäischen technischen Bewertung ETA-13/0800 ebenfalls für die Diamant X.

#### Abstände

Nach 8.7.1 (5) gelten für Schrauben die gleichen Festlegungen wie für Nägel.

Tabelle 14: Randabstände und Abstände der Befestigungsmittel untereinander in Holz und Gipsplatte für Schrauben

Schrauben $d \leq 6 \text{ mm}$	Max $a_1$ II zu Faser	Min $a_1$ II zu Faser	Min $a_{4,c}$ II zu Faser
Abstände in Gipsplatte	Min. $\leq 60 \cdot d$ 150 mm	20 · d NCI 8.3.1.3 (NA.11)	$\geq 10 \text{ mm}$ (kartonummantelte Kante) DIN 18181 5.4.1.4
	$\leq 80 \cdot d$ (Mittelständler) NCI 8.3.1.3 (NA.12)		$\geq 15 \text{ mm}$ (geschnittene Kante) DIN 18181 5.4.1.4
Abstände im Holz	$\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$		5 · d 8.3.1.2 Tab. 8.2
	420 $\text{kg/m}^3$ < $\rho_k \leq 500 \text{ kg/m}^3$		7 · d 8.3.1.2 Tab. 8.2

Tabelle 15: Randabstände und Abstände der Befestigungsmittel untereinander in Holz und Gipsplatte für Klammern

Klammern	Max $a_1$	Min $a_1$		Min $a_{4,c}$
		$\theta \geq 30^\circ$	$\theta < 30^\circ$	
Abstände in Gipsplatte	$\leq 80 \text{ mm}$ DIN 18181 5.4.1.5 Tab. 3	15 · d	20 · d	$\geq 10 \text{ mm}$ (kartonummantelte Kante) DIN 18181 5.4.1.4
		8.4 Tab 8.3	8.4 Tab 8.3	$\geq 15 \text{ mm}$ (geschnittene Kante) DIN 18181 5.4.1.4
Abstände im Holz				10 · d 8.4 Tab. 8.3

### Eindringtiefen

Tabelle 16: Mindesteinbindetiefen für Verbindungsmittel in der Holzunterkonstruktion

Art des Verbindungsmittels	Mindesteinbindetiefe $t_2$	Darstellung
Klammern (8.4 (3))	$\geq 14 \cdot d$	
Schnellbauschrauben nach DIN 18181 5.4.1.5	$\geq 5 \cdot d$	

Versenken von Klammern (NCI 8.4 (NA.11)), bei versenkter Anordnung der Klammerrücken müssen die Mindestdicken der Beplankung um 2 mm erhöht werden.

Bild 44: Versenken von Klammern, zulässig

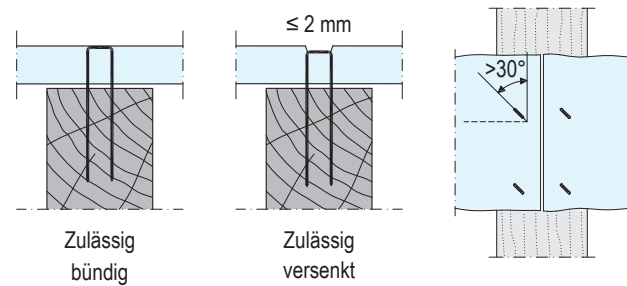
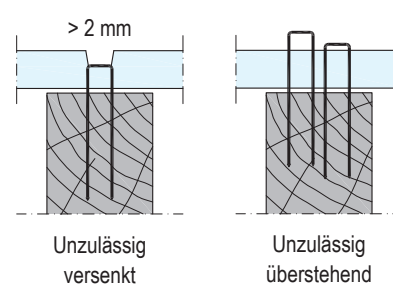


Bild 45: Versenken von Klammern, unzulässig



Der Winkel zwischen Klammerrücken und der Faserrichtung des Holzes unter dem Klammerrücken muss mindestens  $30^\circ$  betragen, um die volle Tragfähigkeit zu erhalten. Beträgt der Winkel weniger als  $30^\circ$  muss die Tragfähigkeit  $f_{v,0,d}$  rechtwinklig zum Klammerschaft (Abscheren) mit dem Faktor 0,7 multipliziert werden (8.4 (5)).

Bild 42: Verbindungsmittel Randabstände und Eindringtiefen, Stahlklammern

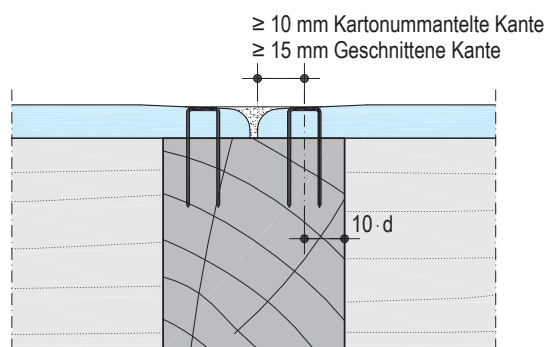
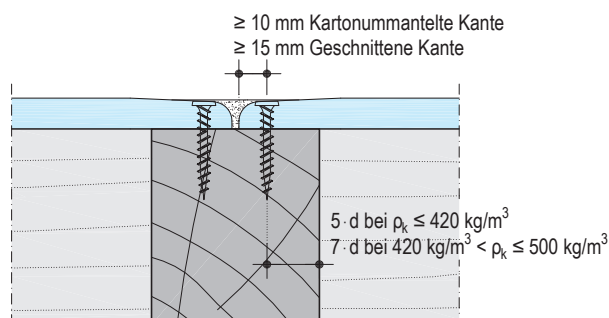


Bild 43: Verbindungsmittel Randabstände und Eindringtiefen, Schrauben



### Nachweis der Wandscheibe

#### Allgemein

Bei der Bemessung einer Holztafelbauwand rückt die Tragfähigkeit des Plattenwerkstoffes oft in den Fokus der Anwender. Für die Aufnahme von horizontalen Windlasten hat diese Annahme auch ihre Berechtigung. In der Praxis wird jedoch häufig nicht die horizontale Einwirkung zur Herausforderung, sondern die Kombination aus horizontalen und vertikalen Lasten (oftmals bei mehrgeschossigen Bauten). Denn in diesem Fall werden die Druckkräfte im Randständer und Mittelständer so groß, dass die Querdrukfestigkeit der Schwelle an ihre Grenzen kommt. Es sind konstruktive Erweiterungen notwendig (z. B. Verringerung Ständerabstand, größerer Ständer), um diese Kräfte aufzunehmen. Diese Erweiterungen sind mit einem gewissen Aufwand und damit weiteren Kosten verbunden.

Um zusätzliche Kosten zu vermeiden, sollte der Tragwerksplaner daher ein fundiertes Wissen über die erforderlichen Nachweise haben. Diese werden im Folgenden genau erläutert und dargestellt.

#### Wandtafeln unter horizontaler/vertikaler Scheibenbeanspruchung in Scheibenebene

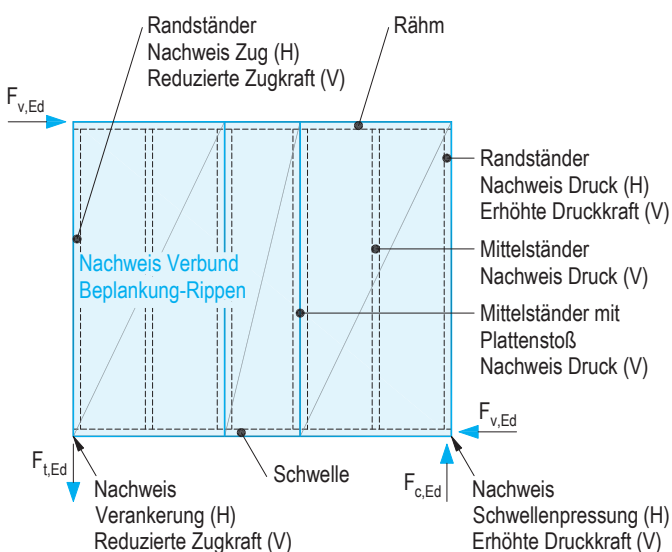
Folgende statische Nachweise (auf Bemessungsniveau) sind für die Bemessung einer Wandscheibe erforderlich:

- Nachweis des Randständers
  - Nachweis zugbeanspruchter Randständer
  - Nachweis druckbeanspruchter Randständer/Mittelständer (Knicken)
- Nachweis der Schwellenpressung Randständer/Mittelständer
- Nachweis der Verankerung
- Nachweis des Verbundes von Beplankung – Ständer

#### Hinweis

Bemessungstabellen mit Tragwiderständen für die Nachweise der Unterkonstruktion (Knicknachweis, Schwellenpressung) und die Nachweise zum Verbund Beplankung – Ständer sind ab Seite 53 zu finden.

Bild 46: Nachweise durch horizontale (H) und vertikale (V) Last an einer Wandscheibe



### Lastermittlung für den Nachweis der Randständer

Horizontale Lasten werden nach der Schubfeldtheorie ausschließlich über die Randständer einer Wandscheibe abgetragen. Die folgend ermittelte Last wird für den Nachweis der zugbeanspruchten und druckbeanspruchten Randständer (Knicken) sowie der Schwellenpressung maßgebend.

$$F_{t,Ed} = F_{c,Ed} = F_{v,Ed} \cdot \frac{h}{b}$$

- $F_{v,Ed}$  = Bemessungswert der Aussteifungslast in kN
- $F_{t,Ed}$  = Bemessungswert der Zugkraft im Ständer parallel zur Faserrichtung in kN
- $F_{c,Ed}$  = Bemessungswert der Druckkraft im Ständer parallel zur Faserrichtung in kN
- $h$  = Höhe der Tafel bzw. Abstand Unterkante Schwelle bis Lastangriff (z. B. Oberkante Decke, Schwerpunkt Lastezugsfläche) in m
- $b$  = Länge der einzelnen Wandtafel (wenn Zuganker eingerückt, Abstand von der Länge abziehen) in m

Um die Beanspruchung von Randständern und Mittelständern durch vertikale Lasten zu berücksichtigen, wird die Lastezugsfläche der Ständer (Mittelständer doppelte Einzugsfläche wie Randständer) mit der Linienlast aus ständigen und veränderlichen Einwirkungen multipliziert. Einzellasten müssen gesondert nachgewiesen werden (siehe Bild 36 auf Seite 33). Druckbeanspruchungen in Mittelständern resultieren ausschließlich aus vertikalen Lasten.

### Nachweis der zugbeanspruchten Randständer

Dieser Nachweis wird nur in Spezialfällen relevant, z. B. bei lokalen vertikalen Einzellasten aus An- und Aufbauten. Im Regelfall versagt zunächst der Querdrukknachweis in der Schwelle, da dort mindestens die gleiche Kraft bei geringerer Festigkeit vorliegt.

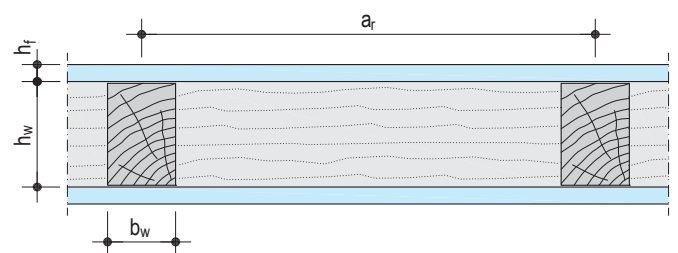
### Nachweis der druckbeanspruchten Randständer/Mittelständer (Knicken)

Grundsätzlich ist ein Knicknachweis für den Randständer und ein Knicknachweis für den Mittelständer zu führen. Entgegen den Erwartungen kann ein Mittelständer maßgebend werden, weil  $k_{mod}$  (mit Wind) an den Randständern höhere Widerstände ergibt (gleiches gilt für Nachweis der Schwellenpressung).

Die Beplankung verhindert ein Knicken in Tafelebene, wenn nach NCI 6.3.1 (NA.5) gilt:

- Für beidseitig beplankt  $a_r/h_t \leq 50$
- Für einseitig beplankt  $a_r/h_t \leq 50$  und Rechteckquerschnitt  $h_w/b_w \leq 4$

Bild 47: Knicken in Tafelebene



Neben dem Knicknachweis in Tafelebene muss äquivalent dazu ein Nachweis rechtwinklig zur Tafelebene geführt werden. Es gilt (6.3.2 Gl. (6.23)):

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{c,0,Ed}}{A} \leq k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}$$

mit

$F_{c,0,Ed}$  = Bemessungswert der Druckkraft im Ständer parallel zur Faserrichtung in kN

$A$  = Netto-Querschnittsfläche des Ständers unter Berücksichtigung vorhandener Querschnittsschwächungen (im mittleren Drittel der Knickfigur) in  $cm^2$

$k_{c,y}$  = Knickbeiwert zur Berücksichtigung der Knickgefahr rechtwinklig zur Plattenebene

$f_{c,0,d}$  = Bemessungswert der Druckfestigkeit parallel zur Faserrichtung nach DIN EN 338 in  $kN/cm^2$  ( $1 N/mm^2 = 0,1 kN/cm^2$ )

### Ermittlung von $k_c$ (6.3.2)

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$$l_{ef} = \beta \cdot l$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef}}{i_y}$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

$$k_y = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2]$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} \leq 1$$

mit:

$l$  = Ständerlänge in cm

$l_{ef}$  = Knicklänge bzw. Ersatzstablänge in cm

$I_y$  = Flächenträgheitsmoment des Ständers rechtwinklig zur Plattenebene in  $cm^4$

$b$  = Breite des Ständers in cm

$h$  = Tiefe des Ständers in cm

$i_y$  = Trägheitsradius ( $0,289 \cdot b$  bei Rechteckquerschnitt)

$A$  = Brutto-Querschnittsfläche in  $cm^2$

$\beta$  = Knicklängenbeiwert, da alle Ständer einer Wandtafel beidseitig gelenkig gelagert sind darf der Wert zu 1,0 angenommen werden (in anderem Fall Eulerfälle beachten)

$\lambda_y$  = Schlankheitsgrad

$\lambda_{rel,y}$  = Bezogener Schlankheitsgrad

$f_{c,0,k}$  = Charakteristische Druckfestigkeit nach DIN EN 338 in  $N/mm^2$

$E_{0,05}$  = Elastizitätsmodul (5 %-Quantilwert) nach DIN EN 338 in  $N/mm^2$

$\beta_c$  = Ein Imperfektionsbeiwert für Imperfektionen

= 0,2 für Vollholz

### Nachweis der Schwellenpressung

Der Nachweis der Schwellenpressung unterhalb des Mittelständers wird im Vergleich zu dem Nachweis der Schwellenpressung unterhalb des Randständers maßgebend, sobald überwiegend Vertikalkräfte auftreten.

#### Hinweis

Wird für das Rähm und die Schwelle Hölzer mit unterschiedlichen Festigkeiten verwendet, so muss in gleicher Art ein Nachweis der Querpressung im Rähm geführt werden.

Nach Eurocode 5 darf bei Wandtafeln beim Nachweis der Durchleitung von Ständerkräften durch querverlaufende Ständer (Schwellenpressung) die charakteristische Querdruckfestigkeit  $f_{c,90,k}$  um 20 % erhöht werden. (NCI 9.2.4.2 (NA.21))

Es gilt (6.1.5 Gl. (6.3), (6.4)):

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,90,Ed}}{A_{ef}} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}$$

mit:

$F_{c,90,Ed}$  = Bemessungswert der Druckkraft im Randständer/Mittelständer in kN

$A_{ef}$  = Wirksame Querschnittsfläche der Randständer/Mittelständer in  $cm^2$

$$= b \cdot l_{ef}$$

Für die Randständer/Mittelständer (einseitiger/zweiseitiger Einhängeneffekt)

$$l_{ef} = l + 2 \cdot \min \left\{ \begin{array}{l} 30 \text{ mm} \\ \frac{l}{2} \end{array} \right.$$

$k_{c,90}$  = Beiwerte für Schwellendruck (für  $l_1 < 2 h$ )

= 1,25 für Schwelle Vollholz Nadelholz

= 1,00 für Schwelle Vollholz Laubholz

= 1,50 für Schwelle Brettschichtholz

Bild 48: Einhängeneffekt

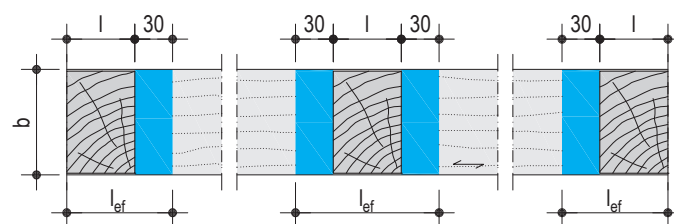
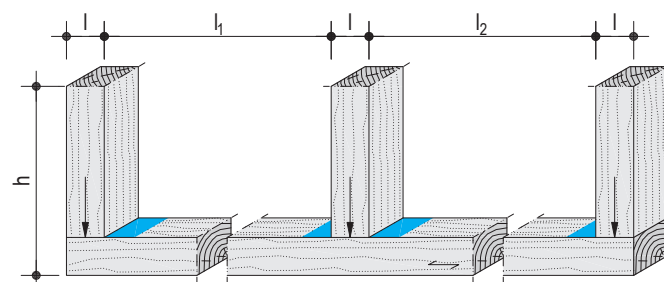


Bild 49: Nachweis Schwellenpressung



Charakteristische Festigkeit darf um 20% erhöht werden:

$$F_{c,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{1,2 \cdot f_{c,90,k}}{y_M}$$

### Hinweis

In den meisten Fällen wird bei kombinierter Beanspruchung aus hohen Vertikallasten und horizontalen Aussteifungslasten der Nachweis der Schwellenpressung maßgebend.

### Nachweis der Verankerung

Wandtafeln sind an ihren **Randständern** zu verankern. Die Verankerung muss in jedem Geschoss angebracht werden. Es muss von Wind aus allen Richtungen ausgegangen werden, daher ist die Verankerung am Wandscheibenbeginn sowie am Wandscheibenende anzubringen.

Bei alleiniger Verankerung einer Wandscheibe über die Schwelle treten hohe Zusatzbeanspruchungen rechtwinklig zur Schwelle auf ( $s_{v,90,d}$ ), die mit den Nachweisen nach Eurocode 5 nicht abgedeckt werden.

Es gilt:

$$F_{t,Ed} \leq R_d$$

$$F_{t,Ed} - F_{c,Ed} \leq R_d$$

mit:

$F_{t,Ed}$  = Bemessungswert der Zugkraft aus destabilisierenden Einwirkungen (z. B. Wind, abhebende Kraft)

$F_{c,Ed}$  = Bemessungswert der Druckkraft aus stabilisierenden Einwirkungen (ständige Einwirkungen)

$R_d$  = Bemessungswert der Tragfähigkeit der Verankerung (z. B. Bemessungstool/Broschüre Würth, Fischer, Simpson Strong Tie)

Bei zusätzlich vertikaler Beanspruchung darf die zu verankernde Zugkraft um den Betrag der Auflast abgemindert werden. Dabei ist zu beachten, dass die Auflasten *günstig* wirken, das heißt der Teilsicherheitsbeiwert auf der Einwirkungsseite zu 0,9 angenommen werden muss.

### Nachweis des Verbundes Ständer-Beplankung

Für eine horizontale Beanspruchung der Wandscheibe muss nur der Nachweis für  $s_{v,0,d}$  (Schubfluss parallel zu den Ständern) geführt werden. Nach den Regelungen in Eurocode 5 gibt es kein Auftreten von  $s_{v,90,d}$  (Schubfluss rechtwinklig zu den Ständern), evtl. Zusatzbeanspruchungen werden durch Beiwert  $k_{v2}$  berücksichtigt.

Auf der Widerstandsseite muss die maßgebende Tragfähigkeit/Festigkeit aus drei möglichen Versagensfällen ermittelt werden. Dabei wird die Verbindungsmittel-Tragfähigkeit, die Schub- und Zugfestigkeit der Platte und der Schubbeulen der Platte betrachtet. Für die Schub- und Zugfestigkeit ist der geringere Wert der Schub- und Zugfestigkeit für Scheibenbeanspruchung zu verwenden (NCI 9.2.4.2 (NA.16)). Bei Gipsplatten nach DIN 18180:2014-09 ist dabei in der Regel die Schubfestigkeit maßgebend, bei der Diamant X GKFI ist in der Regel die Zugfestigkeit maßgebend.

Bezogen auf die Gipsplatte Diamant X wird nach der ETA 13/0800 eine richtungsbezogene Zugfestigkeit, abhängig von der Breite und Höhe der Gipsplatte, ermittelt. Das ermöglicht, im Vergleich zu herkömmlichen Gipsplatten, eine bessere Ausnutzung des statischen Tragwiderstands, da die winkelabhängige Zugfestigkeit in der Regel über der von der Norm festgelegten Zugfestigkeit liegt.

Die folgenden Formeln sind im Eurocode 5 nicht formelmäßig angegeben, es wurde die textliche Beschreibung nach 9.2.4.2 in Gleichungsform überführt. Es ist der Verbund zwischen Beplankung und Ständer sowie die Beplankung selbst nachzuweisen.

Eine Abminderung der Schubfestigkeit der Beplankung, um Beulen zu berücksichtigen, darf vernachlässigt werden, wenn gilt:

Beplankungsdicke  $t \geq 1/35 \cdot b_r$  (bei einem Ständerachsabstand von 625 mm liegt die Mindestdicke bei ca. 18 mm)

Bild 50: Wandscheibe Bemaßung, Beschreibung

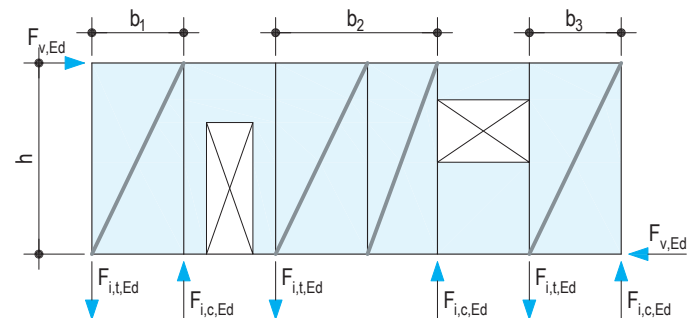


Bild 51: Verbindungsmittel

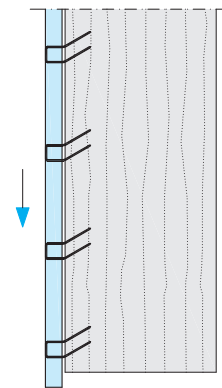


Bild 52: Schubfestigkeit der Gipsplatte

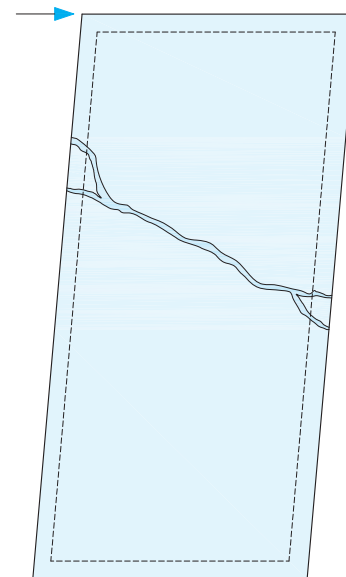


Bild 53: Schubbeulen der Gipsplatte



$$s_{v,0,d} = \frac{F_{i,v,Ed}}{b_i} \leq f_{v,0,d} = \min \begin{cases} k_{v1} \cdot c \cdot \frac{F_{f,Rd}}{s} & \text{Verbindungsmittel} \\ k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot \min(f_{t,d}; f_{v,d}) \cdot t & \text{Zug- bzw Schubfestig-} \\ k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot f_{v,d} \cdot \frac{35 \cdot t^2}{d_{net}} & \text{keit der Gipsplatte} \\ & \text{Schubbeulen} \\ & \text{der Gipsplatte} \end{cases}$$

mit:

- $s_{v,0,d}$  = Bemessungswert des Schubflusses der Beplankung längs zu den Ständern in N/mm
- $F_{i,v,Ed}$  = Einzuleitende horizontale Kraft am Kopfende einer Tafel (bei hintereinanderliegenden Wandtafeln wird die Kraft anteilmäßig über die Länge der einzelnen Wandtafeln verteilt) in N
- $b_i$  = Länge der aussteifenden Wandtafel in mm
- $f_{v,0,d}$  = Bemessungswert der längenbezogenen Schubfestigkeit längs zu den Ständern in N/mm
- $k_{v1}$  = Beiwert zur Berücksichtigung der Anordnung der Verbindungsmittel und der Verbindungsart der Gipsplatten
  - = 1,0 für Tafeln mit allseitig schubsteif verbundenen Gipsplattenränder (Freie, also nicht schubfest verbundene Gipsplattenränder sind bei Wandtafeln nicht zulässig)
- $k_{v2}$  = Beiwert zur Berücksichtigung von Zusatzbeanspruchungen rechtwinklig zu den Ständern
  - = 0,33 bei einseitiger Beplankung
  - = 0,5 bei zweiseitiger Beplankung
- $c$  = Einfluss schlanker Wandscheiben (9.2.4.2 (4) Gl. (9.22))
  - = 1,0 für  $b_i \geq \frac{h}{2}$

$$= \frac{b_i}{\frac{h}{2}} \text{ für } b_i < \frac{h}{2}$$

- $F_{f,Rd}$  = Bemessungswert der Tragfähigkeit eines Verbindungsmittels auf Abscheren (siehe folgenden Abschnitt) in N
- $s$  = Abstand der Verbindungsmittel untereinander (siehe „Abstände“ auf Seite 35) in mm
- $f_{v,d}$  = Bemessungswert der Schubfestigkeit der Gipsplatte in N/mm<sup>2</sup>
- $f_{t,d}$  = Bemessungswert der Zugfestigkeit der Gipsplatte in N/mm<sup>2</sup> (siehe Tabelle 17 auf Seite 45 und folgende)
- $t$  = Dicke der Gipsplatte in mm
- $b_{net}$  = Lichter Abstand zwischen den Ständern in mm

**Hinweis** Möchte man den Tragwiderstand als Einzelkraft errechnen, um diese mit der einwirkenden Kraft  $F_{v,Ed}$  zu vergleichen wird folgende Formel benötigt:  
 Tragwiderstand Wandscheibe  $F_{v,Rd} = f_{v,0,d} \cdot b_i$

**Hinweis** Der Tragwiderstand eines Verbindungsmittels wird nach DIN EN 1995-1-1 5/NA NCI 9.2.4.2 (NA.16) mit der Abkürzung  $F_{f,Rd}$  beschrieben. Die geläufige und auch im Rest des Eurocode 5 verwendete Abkürzung ist  $F_{v,Rd}$ . Diese Bezeichnung wird im weiteren Verlauf verwendet, sollte aber nicht mit der Gesamttragfähigkeit einer Wandscheibe verwechselt werden (gleiche Bezeichnung).

Für beidseitige Beplankung gilt (9.2.4.2 (7)):

Bei gleicher Beplankung auf beiden Seiten

$$f_{v,0,d} = f_{v,0,d,1} + f_{v,0,d,2}$$

Bei unterschiedlicher Beplankung, Verschiebungsmodul ähnlich

$$= \max \begin{cases} f_{v,0,d,1} + 0,75 \cdot f_{v,0,d,2} \\ 0,75 \cdot f_{v,0,d,1} + f_{v,0,d,2} \end{cases}$$

Bei unterschiedlicher Beplankung, Verschiebungsmodul unterschiedlich

$$= \max \begin{cases} f_{v,0,d,1} + 0,5 \cdot f_{v,0,d,2} \\ 0,5 \cdot f_{v,0,d,1} + f_{v,0,d,2} \end{cases}$$

### Ermittlung Tragwiderstand Verbindungsmittel $F_{v,Rd}$ ( $F_{f,Rd}$ )

Das Abscheren eines stiftförmigen Verbindungsmittels hängt von folgenden Faktoren ab:

- Geometrie der Verbindung (Dicke der Bauteile, Durchmesser des Stiftes, Eindringtiefe)
- Lochleibungsfestigkeiten der verwendeten Materialien
- Stahlgüte des verwendeten Stiftes
- Ausziehungswiderstand (Einhängeeffekt, Seilwirkung) des Verbindungsmittels

**Klammern** erhalten die gleiche Tragfähigkeit wie 2 Nägel gleicher Dicke (8.4 (5) beachten).

Für **Schrauben**  $d \leq 6$  mm gelten die gleichen Festlegungen wie für Nägel (8.7.1 (5)). Die Tragfähigkeit einer Schraube wird nach dem vereinfachten Verfahren von Nägeln ermittelt (NCI 8.7.1 (NA.8)).

**Vereinfachte** Bestimmung nach NCI 8.3.1.3 (NA.7) für die Bestimmung der charakteristischen Verbindungsmitteltragfähigkeit  $F_{v,Rk}$  wenn Mindestdicken eingehalten sind.

$$F_{v,Rk} = A \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d}$$

Mit der erforderlichen Mindestdicke der Gipsplatte NCI 8.3.1.3 Tab. NA.13 von 10 · d ist Faktor A = 1,1.

Der Bemessungswert der Tragfähigkeit des Verbindungsmittels ergibt sich aus:

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M}$$

Der Modifikationsbeiwert muss nach folgender Regel bestimmt werden (wenn Beplankung/Ständer unterschiedliche Modifikationsbeiwerte ergeben):

$$k_{mod} = \sqrt{k_{mod,Ständer} \cdot k_{mod,Beplankung}}$$

$\gamma_M = 1,1$  gemäß DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 NCI NA 8.2.4 (NA.3)

**Genaue** Bestimmung nach DIN EN 1995-1-1 8.2.2. für die Bestimmung der charakteristischen Verbindungsmitteltragfähigkeit  $F_{v,Rk}$  nach den Johansen-Fällen. Da bei Wandscheiben aufgrund der dünnen Beplankung die Mindestdicken nach NCI 8.2.4 NA.110 und NA.111 bzw. nach NCI 8.3.1.3 NA.10 Tab. NA.14 oft nicht eingehalten werden können, müssen alle sechs Versagensmechanismen nach Johansen untersucht werden. Es ergeben sich folgende Gleichungen, aus denen der geringste Wert zu ermitteln ist:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \left[ \sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 \cdot \left[ 1 + \frac{t_2}{t_1} + \left( \frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \cdot \left( \frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \cdot \left( 1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \left[ \sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2 \cdot \beta} \left[ \sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2\beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,15 \cdot \frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$

mit:

$F_{v,Rk}$  = Charakteristischer Wert der Tragfähigkeit pro Scherfuge und Verbindungsmittel in N

$t_1$  = Dicke der Beplankung in mm

$t_2$  = Eindringtiefe des Verbindungsmittels in den Ständer (Länge Verbindungsmittel abzüglich der Beplankungsdicke) in mm

$f_{h,1,k}$  = **Lochleibungsfestigkeiten der Beplankung** in N/mm<sup>2</sup>

Für **Holz** (gilt auch für **Ständer**), Schrauben  $d \leq 6$  mm  
 $0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3}$  ohne vorgebohrte Löcher (8.3.1.1(5)Gl(8.15))  
 $= 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$  mit vorgebohrten Löchern (8.3.1.1(5))  
 $=$  Gl(8.16))

Für **Gipsplatten** nach DIN 18180  
 $= 3,9 \cdot d^{-0,6} \cdot t^{0,7}$  (NCI 8.3.1.3 (NA.6) Gl. (NA.115))

Für **Diamant X** für Plattendicken 12,5 mm und 15 mm nach ETA-13/0800 für  $d \leq 3,9$  mm  
 $= 45 \cdot d^{-0,65}$

Für **Diamant X** für Plattendicke 18 mm nach ETA-13/0800 für  $d \leq 3,9$  mm  
 $= 40 \cdot d^{-0,65}$

$\rho_k$  = Charakteristischer Wert der Rohdichte in kg/m<sup>3</sup>

$t$  = Beplankungsdicke in mm

$f_{h,2,k}$  = Lochleibungsfestigkeiten des Ständers in Nmm

$M_{y,Rk}$  = Charakteristisches Fließmoment des Verbindungsmittels in Nmm

Für **Schrauben** mit Mindestzugfestigkeit ( $f_u$ ) von 400 N/mm<sup>2</sup> (DIN 20000-6)

$= 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6}$  für Schrauben

Für **Klammern** aus einem Draht mit Mindestzugfestigkeit ( $f_u$ ) von 800 N/mm<sup>2</sup>

$= 150 \cdot d^3$  A2:2014-07 (8.4(6) Gl. (8.29))

$d$  = Durchmesser des Verbindungsmittels in mm, für Schrauben den 1,1-fachen Gewindekerndurchmesser verwenden (8.7.1 (3))

$\beta$  = Das Verhältnis der Lochleibungsfestigkeiten der Bauteile zueinander

$$\frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$$

$F_{ax,Rk}$  = Charakteristischer Auszieh Widerstand des Verbindungsmittels, sollte zu 0 angenommen werden, wenn nicht bekannt, in N

Der Bemessungswert der Tragfähigkeit des Verbindungsmittels ergibt sich aus:

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M}$$

Der Modifikationsbeiwert muss nach folgender Regel bestimmt werden (wenn Beplankung/Ständer unterschiedliche  $k_{mod}$  ergeben):

$$k_{mod} = \sqrt{k_{mod,Ständer} \cdot k_{mod,Beplankung}}$$

$\gamma_M = 1,3$

Nach Eurocode 5 ist keine Mitwirkung der Beplankung an der Übertragung der vertikalen Lasten vorgesehen. Kein Nachweis erforderlich.

### Hinweis

Den im Anschluss aufgeführten Bemessungstabellen liegt das genaue Bemessungsverfahren zu Grunde.

### Bemessung zweilagige Beplankung mit Diamant X GKFI

Beim Nachweis von Wandscheiben nach DIN EN 1995-1-1 wird von einer einlagigen Beplankung ausgegangen. Die zusätzliche aussteifende Wirkung einer zweiten Beplankungsebene wird nicht berücksichtigt. Bei Verwendung der Diamant X GKFI darf eine zweite Beplankungslage rechnerisch berücksichtigt werden. Dabei gelten die konstruktiven Anforderungen und Festlegungen wie für einlagig beplankte Wandscheiben.

Die Schub- und Beultragfähigkeiten jeder Lage dürfen wie für die einlagige Beplankung berechnet und aufsummiert werden.

Schubtragfähigkeit  $f_{v,0,Res,d} = \sum f_{v,0,i,d}$

Schubbeulen  $f_{v,0,Res,d} = \sum f_{v,0,i,d}$

### Verbindungsmittel

Die Tragfähigkeit der Verbindungsmittel setzt sich aus der Summe der Tragfähigkeiten der Zwischen- und Außenlage zusammen. Für die äußere Beplankungslage darf die Tragfähigkeit der Verbindungsmittel mit der vollen Lagendicke berechnet werden. Die Bemessung der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel der Zwischenschicht erfolgt nach Johansen-Theorie, jedoch mit abgeminderter Lagendicke mit  $t_{eff} = t/2$ .

Für die resultierende Tragfähigkeit der Verbindungsmittel müssen drei Tragfähigkeiten mit den Johansen-Fällen ermittelt werden:

1. Tragfähigkeit der Verbindung zwischen der 1. Schicht und dem Ständer:  
 $F_{v,Rd}(t_{zw}; \text{Ständer})$
2. Tragfähigkeit der Verbindung zwischen  $t_{zw}/2$  und dem Ständer:  
 $F_{v,Rd}(t_{zw}/2; \text{Ständer})$
3. Tragfähigkeit der Verbindung zwischen  $t_{zw}/2$  und der 2. Beplankung:  
 $F_{v,Rd}(t_{zw}/2; 2. \text{ Beplankung})$

Die Tragfähigkeit der Verbindung der 1. Lage zum Ständer wird addiert mit der geringeren Tragfähigkeit der Verbindung zwischen der halben 1. Lage und dem Ständer oder der halben 1. Lage mit der 2. Lage.

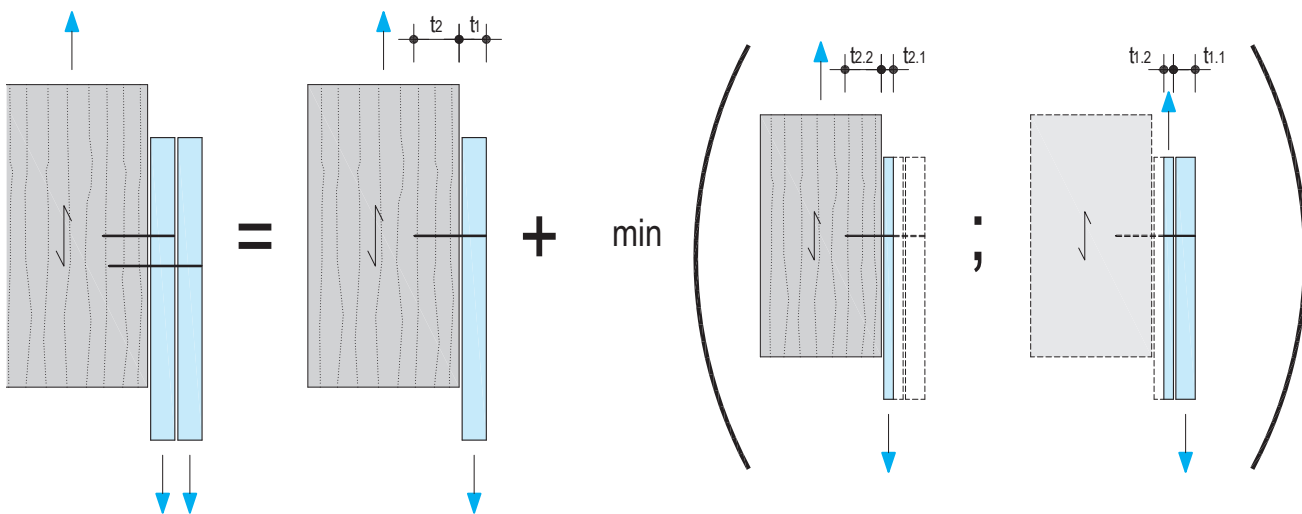
Die Gesamttragfähigkeit der Verbindungsmittel ergibt sich folgendermaßen:

$$f_{v,0,Res,d} = f_{v,0,d}(t_{zw}; \text{Ständer}) + \min \left\{ \begin{array}{l} f_{v,0,d} \left( \frac{t_{zw}}{2}; \text{Ständer} \right) \\ f_{v,0,d} \left( \frac{t_{zw}}{2}; 2. \text{ Beplankung} \right) \end{array} \right.$$

Der maximal aufnehmbare Schubfluss berechnet sich wie bei einer einlagig beplankten Wandscheibe:

$$f_{v,0,d} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{v,0,Res,d, \text{Verbindungsmittel}} \\ f_{v,0,Res,d, \text{Schubtragfähigkeit}} \\ f_{v,0,Res,d, \text{Schubbeulen}} \end{array} \right.$$

Bild 54: Quelle: Prüfbericht Tragfähigkeitsprüfung von zweilagig mit Gipskartonplatte Diamant X GKFI beplankten Wandscheiben 27.2.2018, Hochschule Rosenheim



### Befestigungsmittel statisch optimal

Die erste Beplankungslage wird für die Lagesicherung nur gehaftet.

Die zweite Beplankungslage wird gemäß der Bemessung voll ausgeklammert. In der Plattenmitte der oberen Beplankungslage sind 2 Reihen Klammern erforderlich, um die erste Beplankungslage zu beiden Seiten des Plattenstoßes zu verklammern.

Bild 55: Anordnung der Klammern, 1. Lage statisch optimal

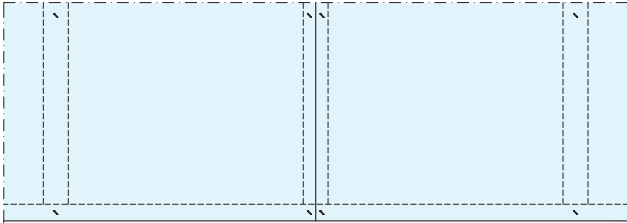
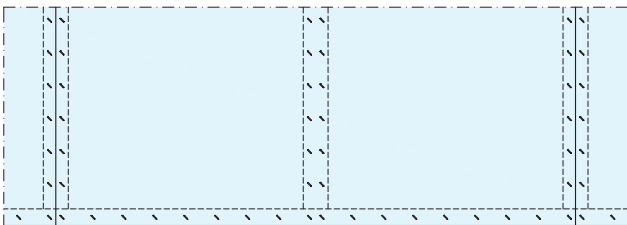


Bild 56: Anordnung der Klammern, 2. Lage statisch optimal



### Befestigungsmittel mit Brandschutz

Lt. der akustischen abP darf der Abstand der Klammern der ersten Beplankungslage maximal 240 mm betragen (F30 bis F90 und bei  $K_{2,60}/K_{2,30}$ ). Die Umsetzung im abP zur Kapselung ( $K_{2,60}/K_{2,30}$ ) ist 2020 erfolgt.

Bild 57: Anordnung der Klammern, 1. Lage mit Brandschutz

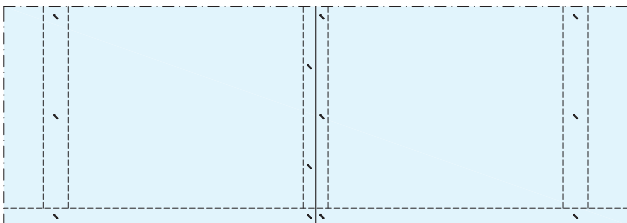
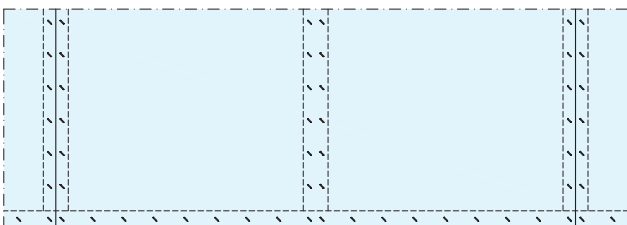


Bild 58: Anordnung der Klammern, 2. Lage mit Brandschutz





## **Kurzbemessung in Kombination mit Bemessungstabellen**

<b>Hinweis</b>	Die Ermittlung der Einwirkungen auf die Wandscheibe sowie des dazugehörigen Modifikationsbeiwerts $k_{mod}$ wird auf den Seiten 11 bis 14 erläutert.
----------------	--

### Charakteristische Festigkeitswerte

Tabelle 17: Charakteristische Festigkeiten von Gipsplatten nach DIN 18180:2014-09

Beanspruchung	Parallel zur Herstellrichtung			Rechtwinklig zur Herstellrichtung		
	12,5	15	18 <sup>3)</sup>	12,5	15	18 <sup>3)</sup>
Neendicke der Gipsplatte mm						
<b>Festigkeitskennwerte in N/mm<sup>2</sup></b>						
<b>Gipsplattenbeanspruchung</b>						
Biegung $f_{m,k}$	6,5	5,4	4,2	2,0	1,8	1,5
Druck $f_{c,90,k}$	3,5 (5,5) <sup>2)</sup>					
<b>Scheibenbeanspruchung</b>						
Biegung $f_{m,k}$	4,0	3,8	3,6	2,0	1,7	1,4
Zug $f_{t,k}$	1,7	1,4	1,1	0,7		
Druck $f_{c,k}$	3,5 (5,5) <sup>2)</sup>			4,2 (4,8) <sup>2)</sup>		
Schub $f_{v,k}$	1,0					
<b>Steifigkeitskennwerte in N/mm<sup>2</sup></b>						
<b>Gipsplattenbeanspruchung</b>						
Elastizitätsmodul $E_{mean}$ <sup>1)</sup>	2800			2200		
<b>Scheibenbeanspruchung</b>						
Elastizitätsmodul $E_{mean}$ <sup>1)</sup>	1200			1000		
Schubmodul $G_{mean}$ <sup>1)</sup>	700					

- Für die charakteristischen Steifigkeitskennwerte E05 und G05 gelten die Rechenwerte:  
 $E_{05} = 0,9 \cdot E_{mean}$   
 $G_{05} = 0,9 \cdot G_{mean}$
- Werte in Klammern gelten für Gipsplatten GKF und GKFI
- Die Anwendung dickerer Gipsplatten, z. B. mit Nenndicken 20 mm oder 25 mm, ist in der DIN EN 1995-1-1/NA geregelt

Tabelle 18: Charakteristische Festigkeiten für Nadelholz nach DIN EN 338:2016-07

Eigenschaft	Klasse	C16	C24	C30
<b>Festigkeitseigenschaften in N/mm<sup>2</sup></b>				
Biegung	$f_{m,k}$	16	24	30
Zug in Faserrichtung	$f_{t,0,k}$	8,5	14,5	19
Zug rechtwinklig zur Faserrichtung	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4
Druck in Faserrichtung	$f_{c,0,k}$	17	21	24
Druck rechtwinklig zur Faserrichtung	$f_{c,90,k}$	2,2	2,5	2,7
Schub	$f_{v,k}$	3,2	4,0	4,0
<b>Steifigkeitseigenschaften in kN/mm<sup>2</sup></b>				
Mittelwert des Elastizitätsmoduls bei Biegung in Faserrichtung	$E_{m,0,mean}$	8,0	11,0	12,0
5%-Quantil des Elastizitätsmoduls bei Biegung in Faserrichtung	$E_{m,0,k}$	5,4	7,4	8,0
Mittelwert des Elastizitätsmoduls bei Biegung rechtwinklig zur Faserrichtung	$E_{m,90,mean}$	0,27	0,37	0,40
Mittelwert des Schubmoduls	$G_{mean}$	0,50	0,69	0,75
<b>Rohdichte in kg/m<sup>3</sup></b>				
5%-Quantil der Rohdichte	$\rho_k$	310	350	380
Mittelwert der Rohdichte	$\rho_{mean}$	370	420	460

Die tabellierten Eigenschaften gelten für Holz mit einer bei 20 °C und 65 % relativer Luftfeuchte üblichen Holzfeuchte, die bei den meisten Holzarten einer Holzfeuchte von 12 % entspricht.

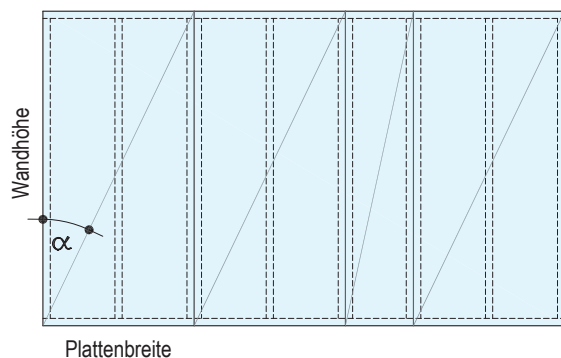
### Winkelabhängige Zugfestigkeit der Diamant X GKFI nach ETA 13/0800

Für den Nachweis der Beplankung muss, gemäß DIN EN 1995-1-1 / NA:2013-08, der niedrigste Wert der Zugfestigkeit für den statischen Nachweis verwendet werden. Das ist in der Regel die Zugfestigkeit rechtwinklig zur Herstellrichtung, das heißt die Beanspruchung quer zur Herstellrichtung. Diese Regel wird durch die Schubfeldtheorie begründet, bei der Schubfluss rundum parallel zu den Ständern verläuft (siehe z. B. Bild 25 auf Seite 29) und damit am Rähm bzw. an der Schwelle eine rechtwinklig zur Herstellrichtung angreifende Beanspruchung hervorruft (Herstellrichtung der Gipsplatten verläuft in der Regel vertikal).

Es konnte jedoch durch umfangreiche Untersuchungen festgestellt werden, dass die Tragwirkung im Falle der Diamant X GKFI eher einem Fachwerkmodell ähnelt. Es bilden sich stabilisierende Dreiecke mit der Breite und Höhe der Gipsplatten.

Die Gipsplatte bildet eine Art Zugdiagonale und wird daher nicht direkt rechtwinklig zur Herstellrichtung beansprucht. Es dürfen daher auf Basis der ETA 13/0800 für die Bemessung höhere, winkelabhängige Zugfestigkeiten angesetzt werden.

Bild 59: Winkel  $\alpha$



### Ermittlung Winkel Alpha $\alpha$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{\text{Plattenbreite}}{\text{Wandhöhe}}\right) \text{ in Grad}$$

Anwendungsregeln der winkelabhängigen Zugfestigkeit:

Wandhöhen 2,40 bis 3,50 m

Gipsplattenbreite 1,20 bis 1,25 m

Tabelle 19: Charakteristische Festigkeiten der Diamant X nach ETA 13/0800

Beanspruchung	Parallel zur Herstellrichtung (0°)			Rechtwinklig zur Herstellrichtung (90°)			
	12,5 mm	15 mm	18 mm	12,5 mm	15 mm	18 mm	
<b>Festigkeitswerte in N/mm<sup>2</sup></b>							
<b>Lochleibungsbeanspruchung</b>							
Lochleibungsfestigkeit $f_{h,k}$	$45 \cdot d^{-0,65}$		$40 \cdot d^{-0,65}$	$45 \cdot d^{-0,65}$		$40 \cdot d^{-0,65}$	
d in mm $\leq 3,9$ mm (Bei Schrauben 1,1 fachen Gewindekerndurchmesser verwenden.)							
<b>Plattenbeanspruchung</b>							
Biegung $f_{m,k}$	7,5	6,0	4,4	2,5	2,5	1,8	
Druck $f_{c,k}$	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	
<b>Scheibenbeanspruchung</b>							
Biegung $f_{m,k}$	6,0	4,0	3,3	2,0	2,0	1,7	
Druck $f_{c,k}$	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	
Zug $f_{t,\alpha,k}$	$\alpha < 45^\circ$	$2,2 - 0,017 \cdot \alpha$	$1,9 - 0,011 \cdot \alpha$	1,4	$2,2 - 0,017 \cdot \alpha$	$1,9 - 0,011 \cdot \alpha$	1,4
	$\alpha \geq 45^\circ$	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Schub $f_{v,k}$	2,8	2,6	2,1	2,8	2,6	2,1	
<b>Steifigkeitswerte in N/mm<sup>2</sup></b>							
<b>Plattenbeanspruchung</b>							
Elastizitätsmodul $E_{m,mean}$	4500	4500	3000	3500	3500	2100	
<b>Scheibenbeanspruchung</b>							
Elastizitätsmodul $E_{m,mean}$	2700	1800	1250	2100	1400	900	
Schubmodul $G_{v,mean}$	1700	2300	1900	1700	2300	1900	

Folgende vereinfachte Lastermittlung gilt nur für gleichmäßig über das Gebäude verteilte Wände.

1. Ermittlung Bemessungswert der Windlast

Die Last kann nach „Windlasten nach DIN EN 1991-1-4 und DIN EN 1991-1-4/NA“ auf Seite 22 bestimmt werden, dabei wird die resultierende Flächenlast aus Winddruck und Windsog berechnet.

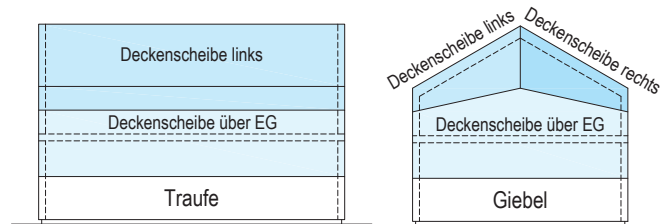
$$c_{pe} = c_{pe,Druck} + c_{pe,Sog}$$

$$q_{d,Wind} = v_Q \cdot c_{pe} \cdot q_{w,k} \text{ in kN/m}^2$$

2. Bestimmung Lasteinzugsflächen

Im Regelfall sind die Wandscheiben am Deckenstoß getrennt. Das bedeutet z. B. im Erdgeschoss, dass die eine Hälfte der Last in das Fundament eingeleitet wird und die andere Hälfte in die darüber liegende Deckenscheibe. Bei Giebelwänden wird ein Teil der Last von den Dachverbänden aufgenommen.

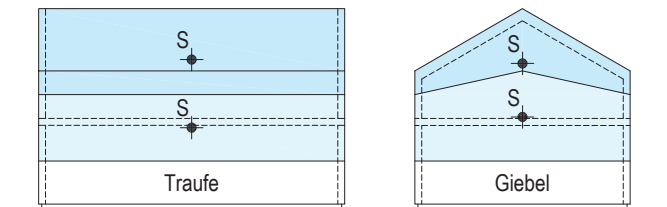
Bild 60: Lasteinzugsflächen



3. Bestimmung Schwerpunkt Lasteinzugsflächen

Für den Druck- bzw. Zugnachweis in der Wandscheibe wird die Lasthöhe benötigt. Darum muss im nächsten Schritt der Schwerpunkt einer jeden Lasteinzugsfläche bestimmt werden. Der Schwerpunkt einer Fläche lässt sich mittels Bautabellen (z. B. Schneider, Wendehorst) ermitteln.

Bild 61: Schwerpunkt der Last

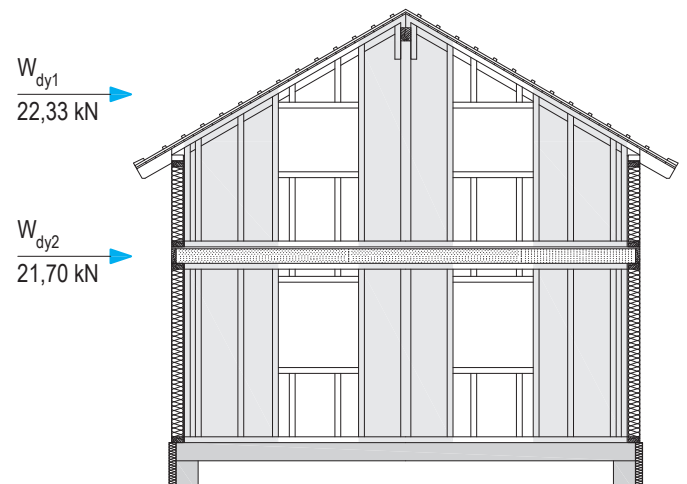


4. Ermittlung Einzellast auf eine Deckenscheibe

Die ermittelte Lasteinzugsfläche pro Deckenscheibe wird nun mit der Flächenlast aus Wind kombiniert, um eine Einzellast zu erhalten. Zusammen mit dem zuvor ermittelten Schwerpunkt erhält man die resultierende Kraft  $W_d$  auf eine Deckenscheibe.

$$W_d = A \cdot q_{d,Wind}$$

Bild 62: Geschossweise Windeinwirkung



## Vereinfachte Ermittlung der horizontalen Einwirkung aus Wind

### 5. Aufteilung der Last auf die Wandscheiben

Wandscheiben, die für die Aussteifung herangezogen werden, sollten im Vorfeld bestimmt werden. Diese sollten möglichst lang, ungestört (keine Fenster/Türen) und gleichmäßig auf das Gebäude verteilt sein. Die Einzellast wird zunächst in eine Linienlast umgerechnet (Einzellast dividiert durch die Breite des Gebäudes). Jede Wandachse ergibt ein Lager, welches die horizontale Linienlast über die Deckenscheibe aufnehmen kann. Mehrere Wandachsen nebeneinander ergeben ein Modell aus Einfeldträgern. Aus diesen kombinierten Einfeldträgermodellen können nun die Lagerkräfte ermittelt werden.

$$q_{w,d} = \frac{W_d}{b_{\text{Gebäude}}}$$

Bild 63: Verteilung der Horizontallast auf die Wandscheiben

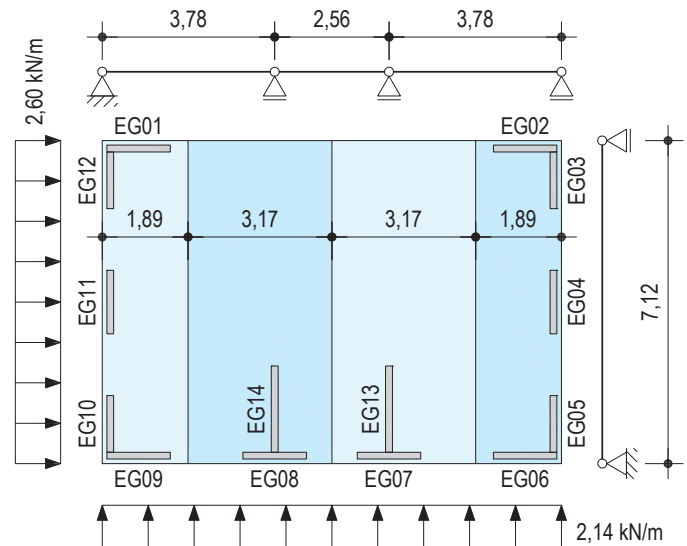
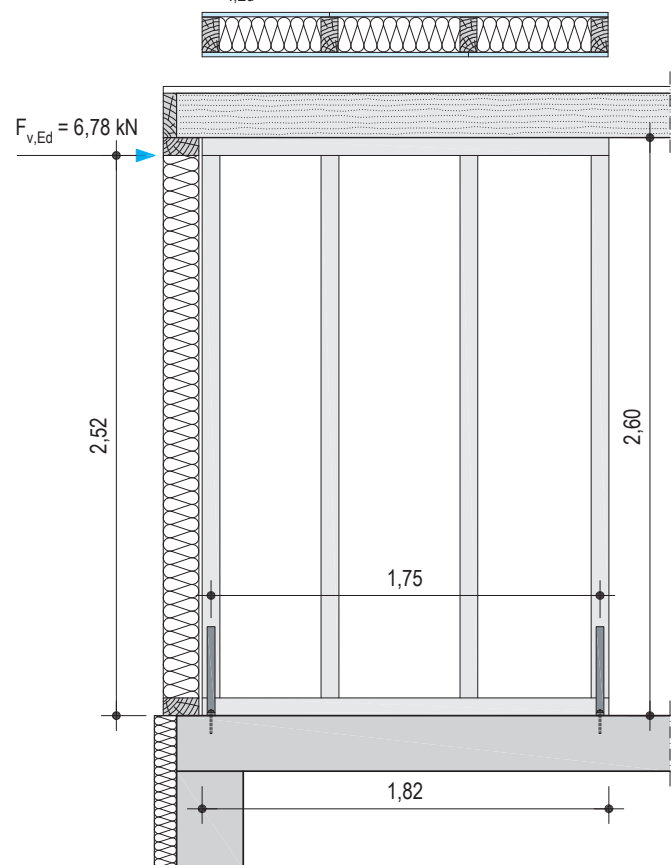


Bild 64: Horizontalkraft  $F_{v,Ed}$  auf Wandscheibe EG13 und EG14



Jede ermittelte Auflagerkraft in einer Wandachse muss nun in die aussteifenden Wandscheiben dieser Achse verteilt werden.

Liegen mehrere wirksame Wandscheiben hintereinander, wird die Last, abhängig von der Länge der Wand, aufgeteilt.

Die sich ergebende Last entspricht dem Bemessungswert der Einwirkung  $F_{v,Ed}$  infolge Wind, welcher direkt mit dem Widerstandswert aus den Bemessungstabellen verglichen und damit nachgewiesen werden kann.

Z. B. für EG13 + EG14:

$$F_{v,Ed} = \left( \frac{3,78 \text{ m}}{2} + \frac{2,56 \text{ m}}{2} \right) \cdot 2,14 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 6,78 \text{ kN}$$

Z. B für EG04 + EG11:

$$F_{v,Ed} = 1,40 \text{ m} \cdot \left( \frac{\frac{3,78 \text{ m}}{2} \cdot 2,14 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}{1,13 \text{ m} + 1,40 \text{ m} + 1,13 \text{ m}} \right) = 1,55 \text{ kN}$$

Schrittweise Erklärung zu Ermittlung von  $F_{v,Ed}$  für die Wände EG04+EG11 aus der Decke über dem Erdgeschoss:

Die beiden Treppenhauswände Wand 04+11 haben jeweils die halbe Lasteinzugsbreite der rechts bzw. links angrenzenden Felder.

Jeweils also  $\frac{3,78 \text{ m}}{2}$

Diese Lasteinzugsbreite wird nun mit der Linienlast  $\cdot 2,14 \text{ kN/m}$  multipliziert um eine Einzelkraft zu erhalten.

Diese Einzelkraft wird nun auf die gesamte Länge aller hintereinanderliegenden Wandscheiben verteilt. Es ergibt sich die Last, die pro Meter aufgenommen werden muss.

Abschließend wird die Last pro Meter mit der Wandlänge multipliziert und man erhält mit  $F_{v,Ed}$  den Wert, auf den die Wandscheibe nachgewiesen werden muss.

$$\frac{3,78 \text{ m}}{2} \cdot 2,14 \text{ kN/m}$$

$$\left( \frac{\frac{3,78 \text{ m}}{2} \cdot 2,14 \text{ kN/m}}{1,13 \text{ m} + 1,40 \text{ m} + 1,13 \text{ m}} \right)$$

$$1,40 \text{ m} \cdot \left( \frac{\frac{3,78 \text{ m}}{2} \cdot 2,14 \text{ kN/m}}{1,13 \text{ m} + 1,40 \text{ m} + 1,13 \text{ m}} \right)$$

6. Zusammenrechnen der Lasten bei mehrgeschossigen Gebäuden  
Für den Nachweis der Wandscheibe im EG müssen die Horizontallasten aus den darüberliegenden Geschossen zusammengerechnet werden. Ebenso müssen die sich ergebenden Druck- bzw. Zugkräfte in den Randständern an die darunterliegenden Wandscheiben weitergegeben werden. Dabei sind die Vertikallasten aus den einzelnen Geschossen zu berücksichtigen.

Einzellasten pro Geschoss

$$W_{dy1} = 3,45 \text{ kN}$$

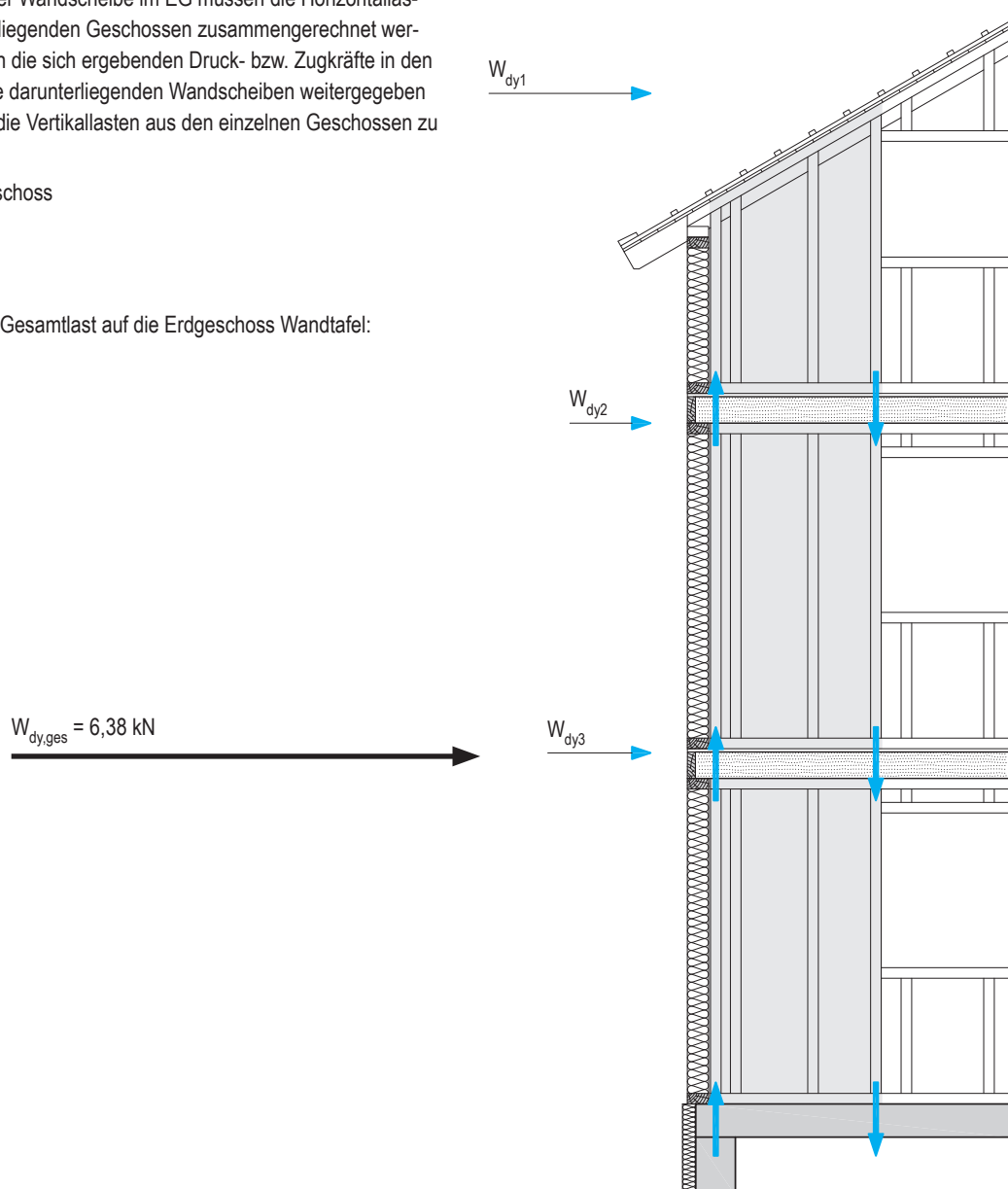
$$W_{dy2} = 1,25 \text{ kN}$$

$$W_{dy3} = 1,68 \text{ kN}$$

Horizontal wirkende Gesamtlast auf die Erdgeschoss Wandtafel:

$$W_{dy,ges} = 6,38 \text{ kN}$$

Bild 65: Zusammenrechnen der Last auf Wandscheibe EG

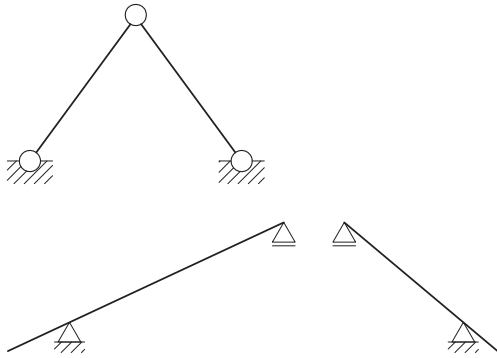


## Ermittlung der vertikalen Einwirkung

Folgende Darstellung zeigt die Ermittlung einer Auflast auf eine Wandscheibe bei einfachen Gebäuden:

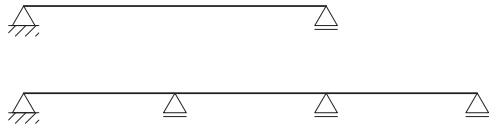
1. Statisches System bestimmen  
Häufige Dachsysteme

Bild 66: Statische Systeme zu Sparrendach und Pfettendach



Häufige Wand/Dach- und Deckensysteme

Bild 67: Statische Systeme zu Einfeldträger und Mehrfeldträger



2. Alle Lasten an den Systemen anzeichnen.  
Bei kleineren Bauvorhaben sind die üblichen Lasten auf dem Dach Eigengewicht, Schneelast und Windlast.  
Auf Decken ist neben dem Eigengewicht noch eine Nutzlast (z. B. Einrichtungsgegenstände, Trennwandzuschlag) anzusetzen. Wände und Stützen sind für den Abtrag der Vertikallast zuständig. Deren Eigengewicht ist ebenfalls anzusetzen.
3. Maßgebende Lastkombination ermitteln (KLED beachten), siehe „Einwirkungen (Lasten)“ auf Seite 16 und folgende.
4. Übertragung der Last von den Dach- und Deckensystemen in die Wandscheiben.  
Vertikale Lasten sollten immer direkt über den vertikalen Ständern angreifen, weil das Rähm oft nicht als Biegeträger geeignet ist. Lasten, die dazwischen angreifen, müssen durch Stürze eingeleitet werden.
5. Zusammen mit  $F_{v,Ed}$  den Nachweis führen.  
Mit der nun ermittelten Auflast und der horizontalen Kraft  $F_{v,Ed}$  kann der Nachweis mit den Bemessungstabellen geführt werden.

### Hinweis

Ergänzend zur Nachweisführung mit den Bemessungstabellen muss zusätzlich der Nachweis der Zugverankerungen geführt werden.

Bild 68: Vertikallasten und statische Systeme an einem einstöckigen Haus

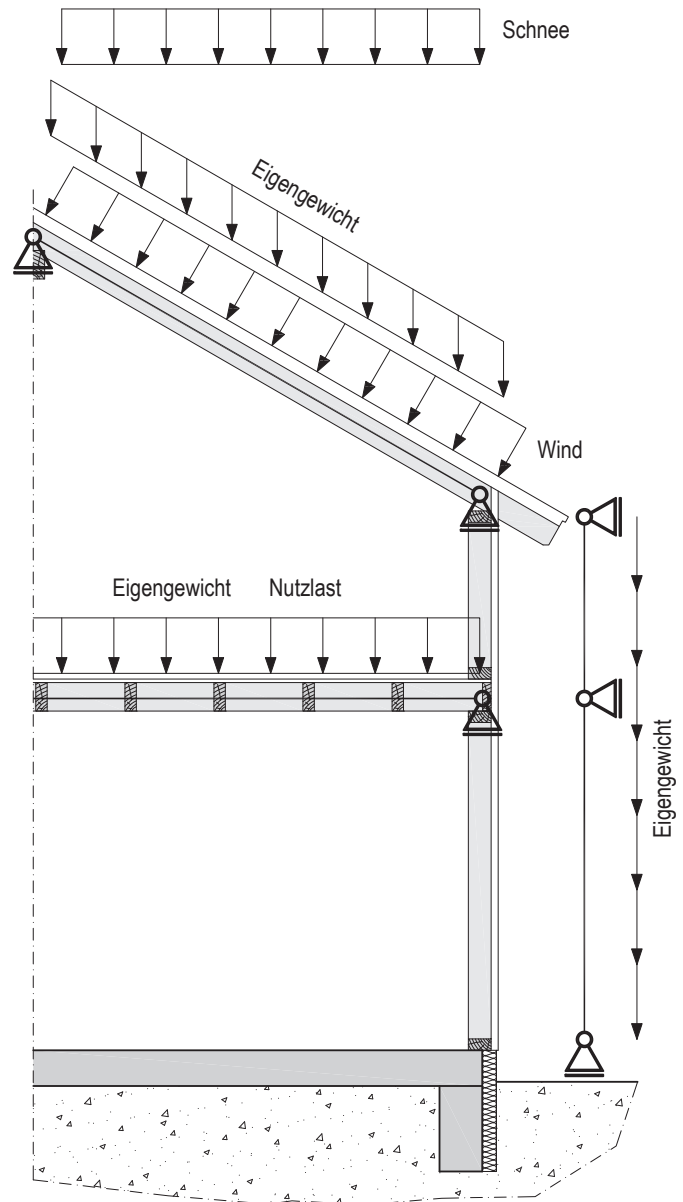
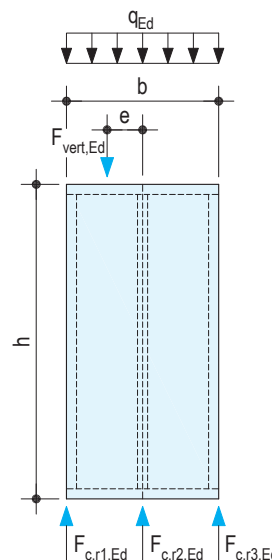


Bild 69: Vertikale Auflasten auf Wandscheibe





# Bemessungstabellen

### Annahmen der Bemessungstabellen

#### Anwendung

Die Bemessungstabellen ermöglichen eine schnelle und einfache Dimensionierung einer Wandscheibe. Abgesehen vom Verankerungsnachweis können alle notwendigen Nachweise geführt werden. Die Werte beschreiben die maximale horizontale Tragfähigkeit auf Bemessungsniveau.

Der Teilnachweis der Unterkonstruktion hinsichtlich Querdruck und Stabilität ist unabhängig von der Beplankung und der Nutzungsklasse und kann daher in nur einer Tabelle geführt werden.

Die Teilnachweise Verbindungsmittel, Schub/Zugfestigkeit der Platte und Schubbeulen der Platte sind abhängig von der Nutzungsklasse und Beplankungsart aufgeführt. Die drei Nachweise sind jeweils auf einer Seite zusammengefasst.

Der geringste aller Werte wird maßgebend.

Es werden folgende Eingangsdaten benötigt:

- Plattenart  
(Diamant X oder GKBI/GKFI) und die Plattendicke d
- Nutzungsklasse (NKL):  
Einseitig oder beidseitig NKL 1  
Einseitig NKL 2  
Innenseitig NKL 1, außenseitig NKL 2
- Einseitig oder beidseitig statisch mitwirkende Beplankung
- Befestigungsmittel:  
Schrauben TN 3,5 mm  
Klammern Ø 1,53 mm oder Ø 1,80 mm
- Verbindungsmittelabstand
- Auflast auf die Wandscheibe
- Ständerachsabstand
- Ständerabmessung (b/h)
- Holzqualität (C24)
- Tafelhöhe
- Tafelbreite

Bei den in den Tabellen angegebenen Werten handelt es sich um Bemessungswerte des Tragwiderstands je 1,25 m Tafelbreite, der Wert ist entsprechend der tatsächlichen Tafelbreite b mit dem Faktor  $b/1,25$  m zu multiplizieren (siehe „Bemessungsbeispiele“ auf Seite 64).

Für die Teilnachweise der Unterkonstruktion und der Schubfestigkeit der Diamant X GKFI ist die Wandhöhe erforderlich. Zwischen den Tabellenwerten kann linear interpoliert werden, die resultierende Tragfähigkeit sollte jedoch um 0,3 kN reduziert werden.

#### Beispiel:

- Wandhöhe 2,80 m
- Querschnitt 60/120 mm
- Achsabstand 625 mm
- Auflast 15 kN/m

Interpolationsformel

$$f(x) = f_0 + \frac{f_1 - f_0}{x_1 - x_0} \cdot (x - x_0)$$

Anwendung

$$F_{v,Rd,2,8} = 12,66 + \frac{10,97 - 12,66}{3,00 - 2,60} \cdot (2,8 - 2,6) = 11,82 \text{ kN}$$

Sicherheitsabzug

$$F_{v,Rd,2,8} = 11,82 \text{ kN} - 0,3 \text{ kN} = 11,52 \text{ kN}$$

Gewisse konstruktive Gegebenheiten verlangen eine Abminderung der Tragfähigkeit. Folgende zwei Bedingungen sind zu prüfen:

1. Schlankheit c muss für den **Teilnachweis Verbindungsmittel** nach der folgenden Bedingung berücksichtigt werden:

$$c = 1,0 \quad \text{für } b_i \geq h/2$$

$$c = b_i/(h/2) \quad \text{für } b_i < h/2$$

Falls  $c < 1,0$  kann der Faktor direkt mit dem Bemessungswert der Tabelle multipliziert werden. Wird der Bemessungswert der Tragfähigkeit abgemindert, so ist zunächst der Bemessungswert der Verbindungsmittel neu zu berechnen und erst im Anschluss der maßgebende Teilnachweis herauszusuchen.

2. Horizontaler Stoß in der Beplankung

Es ist maximal ein horizontaler Stoß zulässig.

Dieser muss schubsteif verbunden sein (verklammerte/verschraubte Stoßhinterlegung). Wenn ein horizontaler Stoß vorhanden ist und die Plattenbreite  $b_{\text{Platte}} < h/2$  ist, muss der Bemessungswert der Tragfähigkeit um den Faktor 1/6 abgemindert werden. Die Abminderung gilt für die Teilnachweise **Verbindungsmittel, Schub/Zugfestigkeit der Platte und Schubbeulen der Platte**.

Falls der Fall der Abminderung eintritt, sind auch hier zunächst die Bemessungswerte der Teilnachweise abzumindern bevor der maßgebende Widerstandswert herausgesucht wird.

**Teilnachweis der Unterkonstruktion hinsichtlich Stabilität und Querdruck**

Tabelle 20: GKB/GKFGKBI/GKFI und Diamant X mit Unterkonstruktion aus VH C24

Achsabstände in mm	Ständer in mm	Auflasten in kN/m	Wandhöhen														
			2,60 m					3,00 m					3,50 m				
			0	5	10	15	20	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20
b	h	F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite															
312,5	60	80	9,12	8,74	8,37	7,99	7,61	6,03	5,71	5,38	5,05	4,73	3,84	3,56	3,28	3,01	2,73
	60	120	14,92	14,54	14,17	13,79	13,41	12,92	12,59	12,27	11,94	11,62	11,07	10,79	10,51	10,23	9,95
	60	160	19,89	19,51	19,14	18,76	18,39	17,23	16,90	16,58	16,25	15,92	14,75	14,48	14,20	13,92	13,64
	80	80	12,15	11,77	11,40	11,02	10,65	8,04	7,72	7,39	7,07	6,74	5,12	4,84	4,56	4,29	4,01
	80	120	18,23	17,85	17,47	17,10	16,72	15,78	15,46	15,13	14,81	14,48	13,52	13,24	12,96	12,68	12,40
	80	160	24,30	23,92	23,55	23,17	22,80	21,05	20,72	20,39	20,07	19,74	18,02	17,74	17,47	17,19	16,91
625	60	80	9,12	8,37	7,61	6,86	6,11	6,03	5,38	4,73	4,08	3,43	3,84	3,28	2,73	2,17	–
	60	120	14,92	14,17	13,41	12,66	11,91	12,92	12,27	11,62	10,97	10,32	11,07	10,51	9,95	9,39	8,83
	60	160	19,89	19,14	18,39	17,64	16,88	17,23	16,58	15,92	15,27	14,62	14,75	14,20	13,64	13,08	12,52
	80	80	12,15	11,40	10,65	9,90	9,15	8,04	7,39	6,74	6,09	5,44	5,12	4,56	4,01	3,45	2,89
	80	120	18,23	17,47	16,72	15,97	15,22	15,78	15,13	14,48	13,83	13,18	13,52	12,96	12,40	11,84	11,29
	80	160	24,30	23,55	22,80	22,05	21,30	21,05	20,39	19,74	19,09	18,44	18,02	17,47	16,91	16,35	15,79

Legende maßgebende Nachweise

Randständer Querdruck

Randständer Stabilität

Tabelle 21: GKB/GKFGKBI/GKFI und Diamant X mit Unterkonstruktion Steico LVL R

Achsabstände in mm	Ständer in mm	Auflasten in kN/m	Wandhöhen														
			2,60 m					3,00 m					3,50 m				
			0	5	10	15	20	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20
b	h	F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite															
312,5	60	80	14,34	13,96	13,59	13,21	12,84	12,42	12,10	11,77	11,44	11,12	10,64	10,36	10,08	9,80	9,52
	60	120	21,51	21,13	20,76	20,38	20,00	18,63	18,31	17,98	17,65	17,33	15,96	15,68	15,40	15,12	14,85
	60	160	28,68	28,30	27,93	27,55	27,17	24,84	24,52	24,19	23,87	23,54	21,28	21,00	20,72	20,44	20,17
	80	80	17,52	17,14	16,77	16,39	16,02	15,18	14,85	14,53	14,20	13,87	13,00	12,72	12,44	12,16	11,88
	80	120	26,28	25,90	25,53	25,15	24,78	22,77	22,44	22,11	21,79	21,46	19,50	19,22	18,94	18,66	18,39
	80	160	35,04	34,66	34,29	33,91	33,54	30,35	30,03	29,70	29,38	29,05	26,00	25,72	25,44	25,16	24,89
625	60	80	14,34	13,59	12,84	12,08	11,33	12,42	11,77	11,12	10,47	9,82	10,64	10,08	9,52	8,97	8,41
	60	120	21,51	20,76	20,00	19,25	18,50	18,63	17,98	17,33	16,68	16,03	15,96	15,40	14,85	14,29	13,73
	60	160	28,68	27,93	27,17	26,42	25,67	24,84	24,19	23,54	22,89	22,24	21,28	20,72	20,17	19,61	19,05
	80	80	17,52	16,77	16,02	15,27	14,52	15,18	14,53	13,87	13,22	12,57	13,00	12,44	11,88	11,33	10,77
	80	120	26,28	25,53	24,78	24,03	23,28	22,77	22,11	21,46	20,81	20,16	19,50	18,94	18,39	17,83	17,27
	80	160	35,04	34,29	33,54	32,79	32,04	30,35	29,70	29,05	28,40	27,75	26,00	25,44	24,89	24,33	23,77

Tabelle 22: GKB/GKFGKBI/GKFI und Diamant X mit Unterkonstruktion Steico GLVL R

Achsabstände in mm	Ständer in mm	Auflasten in kN/m	Wandhöhen														
			2,60 m					3,00 m					3,50 m				
			0	5	10	15	20	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20
b	h	F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite															
312,5	60	80	23,92	23,55	23,17	22,80	22,42	20,73	20,40	20,08	19,75	19,43	17,76	17,48	17,20	16,92	16,65
	60	120	35,89	35,51	35,13	34,76	34,38	31,09	30,77	30,44	30,12	29,79	26,64	26,36	26,08	25,81	25,53
	60	160	47,85	47,47	47,10	46,72	46,35	41,46	41,13	40,81	40,48	40,16	35,52	35,24	34,97	34,69	34,41
	80	80	29,24	28,86	28,48	28,11	27,73	25,33	25,01	24,68	24,35	24,03	21,70	21,43	21,15	20,87	20,59
	80	120	43,85	43,48	43,10	42,73	42,35	38,00	37,67	37,34	37,02	36,69	32,56	32,28	32,00	31,72	31,44
	80	160	58,47	58,10	57,72	57,35	56,97	50,66	50,34	50,01	49,68	49,36	43,41	43,13	42,85	42,57	42,29
625	60	80	23,92	23,17	22,42	21,67	20,92	20,73	20,08	19,43	18,78	18,12	17,76	17,20	16,65	16,09	15,53
	60	120	35,89	35,13	34,38	33,63	32,88	31,09	30,44	29,79	29,14	28,49	26,64	26,08	25,53	24,97	24,41
	60	160	47,85	47,10	46,35	45,59	44,84	41,46	40,81	40,16	39,50	38,85	35,52	34,97	34,41	33,85	33,29
	80	80	29,24	28,48	27,73	26,98	26,23	25,33	24,68	24,03	23,38	22,73	21,70	21,15	20,59	20,03	19,47
	80	120	43,85	43,10	42,35	41,60	40,85	38,00	37,34	36,69	36,04	35,39	32,56	32,00	31,44	30,88	30,32
	80	160	58,47	57,72	56,97	56,22	55,47	50,66	50,01	49,36	48,71	48,06	43,41	42,85	42,29	41,73	41,18

**Teilnachweise GKB/GKF/GKBI/GKFI NKL 1**

Tabelle 23: Teilnachweis Verbindungsmittel GKB/GKF/GKBI/GKFI NKL 1

Plattendicke	Beplankung Abstand der Verbindungsmittel in mm	Einseitig wirksam				Zweiseitig wirksam			
		50	75	100	150	50	75	100	150
	Art des Verbindungsmittels	F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite Schlankheitsfaktor c vernachlässigt, kein horizontaler Stoß							
12,5 mm	Schnellbauschraube TN 3,5	–	5,15	3,86	2,57	–	10,30	7,72	5,15
	Klammer 1,53 mm	6,38	4,25	–	–	12,76	8,51	–	–
	Klammer 1,8 mm	7,72	5,15	–	–	15,45	10,30	–	–
15 mm	Schnellbauschraube TN 3,5	–	5,56	4,17	2,78	–	11,12	8,34	5,56
	Klammer 1,53 mm	7,69	5,13	–	–	15,38	10,25	–	–
	Klammer 1,8 mm	9,01	6,01	–	–	18,03	12,02	–	–
18 mm	Schnellbauschraube TN 3,5	–	6,23	4,67	3,11	–	12,45	9,34	6,23
	Klammer 1,53 mm	8,56	5,71	–	–	17,13	11,42	–	–
	Klammer 1,8 mm	10,91	7,27	–	–	21,82	14,55	–	–

Tabelle 24: Teilnachweis Zugfestigkeit/Schubfestigkeit der GKB/GKF/GKBI/GKFI NKL 1

Plattendicke	Beplankung einseitig wirksam	Beplankung zweiseitig wirksam
	F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite (kein horizontaler Stoß)	
12,5 mm	2,64	7,99
15 mm	3,17	9,59
18 mm	3,80	11,51

Tabelle 25: Teilnachweis Schubbeulen der GKB/GKF/GKBI/GKFI NKL 1

Plattendicke	Beplankung Ständerbreite in mm	Einseitig wirksam		Zweiseitig wirksam	
		60	80	60	80
	Ständerachsabstand	F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite (kein horizontaler Stoß)			
12,5 mm	312,5 mm	6,53	7,09	19,78	21,49
	625 mm	2,92	3,02	8,84	9,17
15 mm	312,5 mm	9,40	10,21	28,49	30,94
	625 mm	4,20	4,36	12,73	13,20
18 mm	312,5 mm	13,54	14,70	41,02	44,55
	625 mm	6,05	6,27	18,33	19,01

### Teilnachweis GKB/GKF/GKBI/GKFI NKL 2

Tabelle 26: Teilnachweis Verbindungsmittel GKB/GKF/GKBI/GKFI NKL 2

Plattendicke	Bepankung Abstand der Verbindungsmittel in mm	Einseitig wirksam			
		50	75	100	150
	Art des Verbindungsmittels	F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite Schlankeitsfaktor c vernachlässigt, kein horizontaler Stoß			
12,5 mm	Schnellbauschraube TN 3,5	–	4,42	3,32	2,21
	Klammer 1,53 mm	5,48	3,65	–	–
	Klammer 1,8 mm	6,63	4,42	–	–
15 mm	Schnellbauschraube TN 3,5	–	4,77	3,58	2,39
	Klammer 1,53 mm	6,60	4,40	–	–
	Klammer 1,8 mm	7,74	5,16	–	–
18 mm	Schnellbauschraube TN 3,5	–	5,35	4,01	2,67
	Klammer 1,53 mm	7,35	4,90	–	–
	Klammer 1,8 mm	9,37	6,24	–	–

Tabelle 27: Teilnachweis Zugfestigkeit/Schubfestigkeit der GKB/GKF/GKBI/GKFI NKL 2

Plattendicke	Bepankung einseitig wirksam
	F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite (kein horizontaler Stoß)
12,5 mm	1,94
15 mm	2,33
18 mm	2,80

Tabelle 28: Teilnachweis Schubbeulen der GKB/GKF/GKBI/GKFI NKL 2

Plattendicke	Bepankung Ständerbreite in mm	Einseitig wirksam	
		60	80
	Ständerachsabstand	F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite (kein horizontaler Stoß)	
12,5 mm	312,5 mm	4,81	5,22
	625 mm	2,15	2,23
15 mm	312,5 mm	6,93	7,52
	625 mm	3,10	3,21
18 mm	312,5 mm	9,98	10,83
	625 mm	4,46	4,62

**Teilnachweis GKB/GKBI/GKF/GKFI NKL 1+2 (innenseitig NKL 1, außenseitig NKL 2)**

Tabelle 29: Teilnachweis Verbindungsmittel GKB/GKF/GKBI/GKFI NKL 1+2

Plattendicke	Beplankung Abstand der Verbindungsmittel in mm	Zweiseitig wirksam (innenseitig NKL 1, außenseitig NKL 2)			
		50	75	100	150
Art des Verbindungsmittels		F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite Schlankheitsfaktor c vernachlässigt, kein horizontaler Stoß			
12,5 mm	Schnellbauschraube TN 3,5	–	9,57	7,18	4,78
	Klammer 1,53 mm	11,86	7,90	–	–
	Klammer 1,8 mm	14,35	9,57	–	–
15 mm	Schnellbauschraube TN 3,5	–	10,33	7,75	5,17
	Klammer 1,53 mm	14,29	9,53	–	–
	Klammer 1,8 mm	16,75	11,17	–	–
18 mm	Schnellbauschraube TN 3,5	–	11,57	8,68	5,79
	Klammer 1,53 mm	15,91	10,61	–	–
	Klammer 1,8 mm	20,28	13,52	–	–

Tabelle 30: Teilnachweis Zugfestigkeit/Schubfestigkeit der GKB/GKF/GKBI/GKFI NKL 1+2

Plattendicke	Beplankung zweiseitig wirksam (innenseitig NKL 1, außenseitig NKL 2)
	F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite (kein horizontaler Stoß)
12,5 mm	6,94
15 mm	8,33
18 mm	10,00

Tabelle 31: Teilnachweis Schubbeulen der GKB/GKF/GKBI/GKFI NKL 1+2

Plattendicke	Beplankung Ständerbreite in mm	Zweiseitig wirksam (innenseitig NKL 1, außenseitig NKL 2)	
		60	80
Ständerachsabstand		F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite (kein horizontaler Stoß)	
12,5 mm	312,5 mm	17,18	18,66
	625 mm	7,68	7,96
15 mm	312,5 mm	24,74	26,87
	625 mm	11,06	11,46
18 mm	312,5 mm	35,63	38,69
	625 mm	15,92	16,51

### Teilnachweis Diamant X GKFI NKL 1

Tabelle 32: Teilnachweis Verbindungsmittel Diamant X GKFI NKL 1

Plattentyp	Bepankung Abstand der Verbindungsmittel in mm	Einseitig wirksam				Zweiseitig wirksam			
		50	75	100	150	50	75	100	150
	Art des Verbindungsmittels	F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite Schlankeitsfaktor c vernachlässigt, kein horizontaler Stoß							
Diamant X GKFI 12,5 mm	Diamantschraube XTN 3,9	–	–	5,66	3,77	–	–	11,32	7,55
	Klammer 1,53 mm	9,42	6,28	–	–	18,84	12,56	–	–
	Klammer 1,8 mm	11,08	7,39	–	–	22,17	14,78	–	–
Diamant X GKFI 15 mm	Diamantschraube XTN 3,9	–	–	5,93	3,95	–	–	11,85	7,90
	Klammer 1,53 mm	9,42	6,28	–	–	18,84	12,56	–	–
	Klammer 1,8 mm	12,46	8,31	–	–	24,92	16,61	–	–
Diamant X GKFI 18 mm	Diamantschraube XTN 3,9	–	–	5,96	3,98	–	–	11,93	7,95
	Klammer 1,53 mm	9,18	6,12	–	–	18,36	12,24	–	–
	Klammer 1,8 mm	12,24	8,16	–	–	24,47	16,31	–	–

Tabelle 33: Teilnachweis Zugfestigkeit/Schubfestigkeit der Diamant X GKFI NKL 1

Plattentyp	Bepankung einseitig wirksam			Bepankung zweiseitig wirksam		
	Wandhöhe					
	2,60 m	3,00 m	3,50 m	2,60 m	3,00 m	3,50 m
F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite (kein horizontaler Stoß)						
Diamant X GKFI 12,5 mm	6,64	6,84	7,03	20,14	20,73	21,31
Diamant X GKFI 15 mm	7,31	7,47	7,61	22,16	22,62	23,07
Diamant X GKFI 18 mm	7,60	7,60	7,60	23,02	23,02	23,02

Tabelle 34: Teilnachweis Schubbeulen der Diamant X GKFI NKL 1

Plattentyp	Bepankung Ständerbreite in mm	Einseitig wirksam		Zweiseitig wirksam	
		60	80	60	80
	Ständerachsabstand	F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite (kein horizontaler Stoß)			
Diamant X GKFI 12,5 mm	312,5 mm	18,28	19,85	55,40	60,16
	625 mm	8,17	8,47	24,76	25,66
Diamant X GKFI 15 mm	312,5 mm	24,44	26,55	74,07	80,44
	625 mm	10,92	11,32	33,10	34,32
Diamant X GKFI 18 mm	312,5 mm	28,43	30,88	86,15	93,56
	625 mm	12,71	13,17	38,50	39,91

**Teilnachweis Diamant X GKFI NKL 2**

Tabelle 35: Teilnachweis Verbindungsmittel Diamant X GKFI NKL 2

Plattentyp	Bepankung Abstand der Verbindungsmittel in mm	Einseitig wirksam			
		50	75	100	150
	Art des Verbindungsmittels	F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite Schlankheitsfaktor c vernachlässigt, kein horizontaler Stoß			
Diamant X GKFI 12,5 mm	Diamantschraube XTN 3,9	–	–	4,86	3,24
	Klammer 1,53 mm	8,08	5,39	–	–
	Klammer 1,8 mm	9,51	6,34	–	–
Diamant X GKFI 15 mm	Diamantschraube XTN 3,9	–	–	5,09	3,39
	Klammer 1,53 mm	8,08	5,39	–	–
	Klammer 1,8 mm	10,70	7,13	–	–
Diamant X GKFI 18 mm	Diamantschraube XTN 3,9	–	–	5,12	3,41
	Klammer 1,53 mm	7,88	5,25	–	–
	Klammer 1,8 mm	10,50	7,00	–	–

Tabelle 36: Teilnachweis Zugfestigkeit/Schubfestigkeit der Diamant X GKFI NKL 2

Plattentyp	Bepankung einseitig wirksam		
	Wandhöhe		
	2,60 m	3,00 m	3,50 m
	F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite (kein horizontaler Stoß)		
Diamant X GKFI 12,5 mm	4,90	5,04	5,18
Diamant X GKFI 15 mm	5,39	5,50	5,61
Diamant X GKFI 18 mm	5,60	5,60	5,60

Tabelle 37: Teilnachweis Schubbeulen der Diamant X GKFI NKL 2

Plattentyp	Bepankung Ständerbreite in mm	Einseitig wirksam	
		60	80
	Ständerachsabstand	F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite (kein horizontaler Stoß)	
Diamant X GKFI 12,5 mm	312,5 mm	13,47	14,63
	625 mm	6,02	6,24
Diamant X GKFI 15 mm	312,5 mm	18,01	19,56
	625 mm	8,05	8,34
Diamant X GKFI 18 mm	312,5 mm	20,95	22,75
	625 mm	9,36	9,71

### Teilnachweis Diamant X GKFI NKL 1+2 (innenseitig NKL 1, außenseitig NKL 2)

Tabelle 38: Teilnachweis Verbindungsmittel Diamant X GKFI NKL 1+2

Plattentyp	Bepankung Abstand der Verbindungsmittel in mm	Zweiseitig wirksam			
		50	75	100	150
Art des Verbindungsmittels		F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite Schlankeitsfaktor c vernachlässigt, kein horizontaler Stoß			
Diamant X GKFI 12,5 mm	Diamantschraube XTN 3,9	–	–	10,52	7,01
	Klammer 1,53 mm	17,50	11,67	–	–
	Klammer 1,8 mm	20,60	13,73	–	–
Diamant X GKFI 15 mm	Diamantschraube XTN 3,9	–	–	11,01	7,34
	Klammer 1,53 mm	17,50	11,67	–	–
	Klammer 1,8 mm	23,16	15,44	–	–
Diamant X GKFI 18 mm	Diamantschraube XTN 3,9	–	–	11,08	7,39
	Klammer 1,53 mm	17,06	11,37	–	–
	Klammer 1,8 mm	22,74	15,16	–	–

Tabelle 39: Teilnachweis Zugfestigkeit/Schubfestigkeit der Diamant X GKFI NKL 1+2

Plattentyp	Bepankung zweiseitig wirksam (innenseitig NKL 1, außenseitig NKL 2)		
	Wandhöhe		
	2,60 m	3,00 m	3,50 m
F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite (kein horizontaler Stoß)			
Diamant X GKFI 12,5 mm	17,49	18,00	18,50
Diamant X GKFI 15 mm	19,25	19,65	20,04
Diamant X GKFI 18 mm	19,99	19,99	19,99

Tabelle 40: Teilnachweis Schubbeulen der Diamant GKFI NKL 1+2

Plattentyp	Bepankung Ständerbreite in mm	Zweiseitig wirksam (innenseitig NKL 1, außenseitig NKL 2)	
		60	80
	Ständerachsabstand	F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite (kein horizontaler Stoß)	
Diamant X GKFI 12,5 mm	312,5 mm	48,11	52,24
	625 mm	21,50	22,29
Diamant X GKFI 15 mm	312,5 mm	64,33	69,86
	625 mm	28,75	29,80
Diamant X GKFI 18 mm	312,5 mm	74,82	81,25
	625 mm	33,44	34,66

**Teilnachweis Diamant X GKFI zweilagig NKL 1**

Tabelle 41: Teilnachweis Verbindungsmittel Diamant X GKFI zweilagig NKL 1

Plattentyp	Beplankung Abstand der Verbindungsmittel in mm	Einseitig wirksam				Zweiseitig wirksam			
		50	75	100	150	50	75	100	150
	Art des Verbindungsmittels	F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite Schlankheitsfaktor c vernachlässigt, kein horizontaler Stoß							
2x Diamant X GKFI 12,5 mm	Diamantschraube XTN 3,9	–	–	8,47	5,65	–	–	16,94	11,30
	Klammer 1,53 mm	16,13	10,75	–	–	32,25	21,50	–	–
	Klammer 1,8 mm	19,55	13,03	–	–	39,09	26,06	–	–
2x Diamant X GKFI 15 mm	Diamantschraube XTN 3,9	–	–	9,30	6,20	–	–	18,60	12,40
	Klammer 1,53 mm	16,59	11,06	–	–	33,18	22,12	–	–
	Klammer 1,8 mm	21,30	14,20	–	–	42,60	28,40	–	–
2x Diamant X GKFI 18 mm	Diamantschraube XTN 3,9	–	–	9,56	6,37	–	–	19,12	12,75
	Klammer 1,53 mm	16,52	11,01	–	–	33,04	22,03	–	–
	Klammer 1,8 mm	21,14	14,09	–	–	42,28	28,19	–	–

Die Tabelle ist unter der Annahme gültig, dass die 1. Beplankungslage lediglich geheftet wird und der angegebene Verbindungsmittelabstand für beide Lagen eingehalten wird.

Tabelle 42: Teilnachweis Zugfestigkeit/Schubfestigkeit der Diamant X GKFI zweilagig NKL 1

Plattentyp	Beplankung einseitig wirksam			Beplankung zweiseitig wirksam		
	Wandhöhe			Wandhöhe		
	2,60 m	3,00 m	3,50 m	2,60 m	3,00 m	3,50 m
F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite (kein horizontaler Stoß)						
2x Diamant X GKFI 12,5 mm	13,29	13,68	14,06	40,27	41,46	42,61
2x Diamant X GKFI 15 mm	14,63	14,93	15,23	44,33	45,25	46,14
2x Diamant X GKFI 18 mm	15,19	15,19	15,19	46,04	46,04	46,04

Tabelle 43: Teilnachweis Schubbeulen der Diamant X GKFI zweilagig NKL 1

Plattentyp	Beplankung Ständerbreite in mm	Einseitig wirksam		Zweiseitig wirksam	
		60	80	60	80
	Ständerachsabstand	F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite (kein horizontaler Stoß)			
2x Diamant X GKFI 12,5 mm	312,5 mm	36,56	39,71	110,79	120,32
	625 mm	16,34	16,94	49,51	51,33
2x Diamant X GKFI 15 mm	312,5 mm	48,89	53,09	148,14	160,89
	625 mm	21,85	22,65	66,21	68,64
2x Diamant X GKFI 18 mm	312,5 mm	56,86	61,75	172,30	187,12
	625 mm	25,41	26,34	77,00	79,83

### Teilnachweis Diamant X GKFI zweilagig NKL 2

Tabelle 44: Teilnachweis Verbindungsmittel Diamant X GKFI zweilagig NKL 2

Plattentyp	Bepankung Abstand der Verbindungsmittel in mm	Einseitig wirksam			
		50	75	100	150
	Art des Verbindungsmittels	F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite Schlankheitsfaktor c vernachlässigt, kein horizontaler Stoß			
2x Diamant X GKFI 12,5 mm	Diamantschraube XTN 3,9	–	–	6,93	4,62
	Klammer 1,53 mm	13,24	8,83	–	–
	Klammer 1,8 mm	15,83	10,56	–	–
2x Diamant X GKFI 15 mm	Diamantschraube XTN 3,9	–	–	7,57	5,05
	Klammer 1,53 mm	13,58	9,05	–	–
	Klammer 1,8 mm	17,40	11,60	–	–
2x Diamant X GKFI 18 mm	Diamantschraube XTN 3,9	–	–	7,77	5,18
	Klammer 1,53 mm	13,35	8,90	–	–
	Klammer 1,8 mm	17,07	11,38	–	–

Die Tabelle ist unter der Annahme gültig, dass die 1. Bepankungslage lediglich geheftet wird und der angegebene Verbindungsmittelabstand für beide Lagen eingehalten wird.

Tabelle 45: Teilnachweis Zugfestigkeit/Schubfestigkeit der Diamant X GKFI zweilagig NKL 2

Plattentyp	Bepankung einseitig wirksam		
	Wandhöhe		
	2,60 m	3,00 m	3,50 m
	F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite (kein horizontaler Stoß)		
2x Diamant X GKFI 12,5 mm	9,79	10,08	10,36
2x Diamant X GKFI 15 mm	10,78	11,00	11,22
2x Diamant X GKFI 18 mm	11,19	11,19	11,19

Tabelle 46: Teilnachweis Schubbeulen der Diamant GKFI zweilagig NKL 2

Plattentyp	Bepankung Ständerbreite in mm	Einseitig wirksam	
		60	80
	Ständerachsabstand	F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite (kein horizontaler Stoß)	
2x Diamant X GKFI 12,5 mm	312,5 mm	26,94	29,26
	625 mm	12,04	12,48
2x Diamant X GKFI 15 mm	312,5 mm	36,02	39,12
	625 mm	16,10	16,69
2x Diamant X GKFI 18 mm	312,5 mm	41,90	45,50
	625 mm	18,72	19,41

**Teilnachweis Diamant X GKFI zweilagig NKL 1+2 (innenseitig NKL 1, außenseitig NKL 2)**

Tabelle 47: Teilnachweis Verbindungsmittel Diamant X GKFI zweilagig NKL 1+2

Plattentyp	Bepankung Abstand der Verbindungsmittel in mm	Zweiseitig wirksam (innenseitig NKL 1, außenseitig NKL 2)			
		50	75	100	150
	Art des Verbindungsmittels	F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite Schlankheitsfaktor c vernachlässigt, kein horizontaler Stoß			
2x Diamant X GKFI 12,5 mm	Diamantschraube XTN 3,9	–	–	15,40	10,27
	Klammer 1,53 mm	29,37	19,58	–	–
	Klammer 1,8 mm	35,38	23,59	–	–
2x Diamant X GKFI 15 mm	Diamantschraube XTN 3,9	–	–	16,87	11,25
	Klammer 1,53 mm	30,17	20,11	–	–
	Klammer 1,8 mm	38,70	25,80	–	–
2x Diamant X GKFI 18 mm	Diamantschraube XTN 3,9	–	–	17,33	11,55
	Klammer 1,53 mm	29,87	19,92	–	–
	Klammer 1,8 mm	38,21	25,48	–	–

Die Tabelle ist unter der Annahme gültig, dass die 1. Bepankungslage lediglich geheftet wird und der angegebene Verbindungsmittelabstand für beide Lagen eingehalten wird.

Tabelle 48: Teilnachweis Zugfestigkeit/Schubfestigkeit der Diamant X GKFI zweilagig NKL 1+2

Plattentyp	Bepankung zweiseitig wirksam (innenseitig NKL 1, außenseitig NKL 2)		
	Wandhöhe		
	2,60 m	3,00 m	3,50 m
	F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite (kein horizontaler Stoß)		
2x Diamant X GKFI 12,5 mm	34,97	36,00	37,00
2x Diamant X GKFI 15 mm	38,49	39,29	40,07
2x Diamant X GKFI 18 mm	39,98	39,98	39,98

Tabelle 49: Teilnachweis Schubbeulen der Diamant GKFI zweilagig NKL 1+2

Plattentyp	Bepankung Ständerbreite in mm	Zweiseitig wirksam (innenseitig NKL 1, außenseitig NKL 2)	
		60	80
	Ständerachsabstand	F <sub>v,Rd</sub> in kN je 1,25 m Tafelbreite (kein horizontaler Stoß)	
2x Diamant X GKFI 12,5 mm	312,5 mm	96,21	104,49
	625 mm	43,00	44,58
2x Diamant X GKFI 15 mm	312,5 mm	128,65	139,72
	625 mm	57,49	59,60
2x Diamant X GKFI 18 mm	312,5 mm	149,63	162,50
	625 mm	66,87	69,32

### Diamant X GKFI 15 mm, zweiseitig beplankt

Eingangsdaten	
Klammern	d = 1,53 mm
Verbindungsmittelabstand	50 mm
Auflast	10 kN/m
Nutzungs-kategorie	NKL 1+2 (Außenwand)
Achsabstand	625 mm
Ständerabmessung (b/h)	60/120 mm
Holzqualität	C 24
Tafelhöhe	2,60 m
Tafelbreite	2,50 m (Faktor 2,50 m / 1,25 m = 2)

Es ergeben sich folgende Widerstandswerte für maßgebende Nachweise:

#### Verbindungsmittel

Tragwiderstand nach Tabelle 38 auf Seite 60

$$F_{v,Rd} = 17,50 \text{ kN} \cdot 2 = 35,00 \text{ kN}$$

#### Zugfestigkeit/Schubfestigkeit der Gipsplatte

Tragwiderstand nach Tabelle 39 auf Seite 60

$$F_{v,Rd} = 19,25 \text{ kN} \cdot 2 = 38,50 \text{ kN}$$

#### Schubbeulen der Gipsplatte

Tragwiderstand nach Tabelle 40 auf Seite 60

$$F_{v,Rd} = 28,75 \text{ kN} \cdot 2 = 57,50 \text{ kN}$$

#### Unterkonstruktion hinsichtlich Stabilität und Querdruck

Tragwiderstand nach auf Seite 54

$$F_{v,Rd} = 13,41 \text{ kN} \cdot 2 = 26,82 \text{ kN}$$

Die Nachweisführung erfolgt in diesem Fall mit dem geringsten Maß aus dem geringsten Widerstandswert aus dem Nachweis der Unterkonstruktion. Demnach ist eine maximale Horizontalkraft von **26,82 kN** zulässig.

Durch Optimierung des Holztragwerkes, wie im folgenden Beispiel dargestellt, durch Verwendung von Steico GLVL R (bei ansonsten gleichen Bedingungen) ergibt sich folgende Veränderung:

#### Verbindungsmittel

Tragwiderstand nach Tabelle 38 auf Seite 60

$$F_{v,Rd} = 17,50 \text{ kN} \cdot 2 = 35,00 \text{ kN}$$

#### Zugfestigkeit/Schubfestigkeit der Gipsplatte

Tragwiderstand nach Tabelle 39 auf Seite 60

$$F_{v,Rd} = 19,25 \text{ kN} \cdot 2 = 38,50 \text{ kN}$$

#### Schubbeulen der Gipsplatte

Tragwiderstand nach Tabelle 40 auf Seite 60

$$F_{v,Rd} = 28,77 \text{ kN} \cdot 2 = 57,54 \text{ kN}$$

#### Unterkonstruktion hinsichtlich Stabilität und Querdruck

Tragwiderstand nach auf Seite 53

$$F_{v,Rd} = 20,00 \text{ kN} \cdot 2 = 40,00 \text{ kN}$$

Die Nachweisführung erfolgt dann in diesem Fall mit dem geringsten Maß aus den Teilnachweisen für Verbindungsmittel, Zugfestigkeit/Schubfestigkeit und Schubbeulen aus dem Nachweis der Verbindungsmittelfestigkeit. Demnach ist eine maximale Horizontalkraft von **35,00 kN** zulässig.

#### Erforderliche Zugverankerung

Bei Ausnutzung der Tragfähigkeit der Wandscheibe von 35,00 kN beträgt die aufzunehmende Verankerungslast

$$F_t = F_v \cdot \frac{h}{b} = 35,00 \text{ kN} \cdot \frac{2,60 \text{ m}}{2,50 \text{ m}} = 36,34 \text{ kN}$$

### GKB/GKF/GKBI/GKFI 15 mm, zweiseitig beplankt

Eingangsdaten	
Klammern	d = 1,53 mm
Verbindungsmittelabstand	50 mm
Auflast	10 kN/m
Nutzungs-kategorie	NKL 1+2 (Außenwand)
Achsabstand	625 mm
Ständerabmessung (b/h)	60/120 mm
Holzqualität	C 24
Tafelhöhe	2,60 m
Tafelbreite	2,50 m (Faktor 2,50 m / 1,25 m = 2)

Es ergeben sich folgende Widerstandswerte für maßgebende Nachweise:

#### Verbindungsmittel

Tragwiderstand nach Tabelle 29 auf Seite 57

$$F_{v,Rd} = 14,29 \text{ kN} \cdot 2 = 28,58 \text{ kN}$$

#### Zugfestigkeit/Schubfestigkeit der Gipsplatte

Tragwiderstand nach Tabelle 30 auf Seite 57

$$F_{v,Rd} = 8,33 \text{ kN} \cdot 2 = 16,66 \text{ kN}$$

#### Schubbeulen der Gipsplatte

Tragwiderstand nach Tabelle 31 auf Seite 57

$$F_{v,Rd} = 11,06 \text{ kN} \cdot 2 = 22,12 \text{ kN}$$

#### Unterkonstruktion hinsichtlich Stabilität und Querdruck

Tragwiderstand nach auf Seite 54

$$F_{v,Rd} = 14,17 \text{ kN} \cdot 2 = 28,34 \text{ kN}$$

Die Nachweisführung erfolgt in diesem Fall mit dem geringsten Maß aus den Teilnachweisen für Verbindungsmittel, Schubfestigkeit und Schubbeulen aus dem Nachweis der Schubfestigkeit. Demnach ist eine maximale Horizontalkraft von **16,66 kN** zulässig.

#### Erforderliche Zugverankerung

Bei Ausnutzung der Tragfähigkeit der Wandscheibe von 16,66 kN beträgt die aufzunehmende Verankerungslast

$$F_t = F_v \cdot \frac{h}{b} = 16,66 \text{ kN} \cdot \frac{2,60 \text{ m}}{2,50 \text{ m}} = 17,33 \text{ kN}$$

### Hinweise zum Dokument

Knauf Technische Broschüren sind die Informationsunterlagen zu speziellen Themen sowie Fachkompetenzen von Knauf. Die enthaltenen Informationen und Vorgaben, Konstruktionsvarianten, Ausführungsdetails und aufgeführten Produkte basieren, soweit nicht anders ausgewiesen, auf den zum Zeitpunkt der Erstellung gültigen Anwendbarkeitsnachweisen (z. B. allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse abP) und Normen. Zusätzlich sind bauphysikalische (Brandschutz und Schallschutz), konstruktive und statische Anforderungen berücksichtigt.

Die enthaltenen Ausführungsdetails stellen Beispiele dar und können für verschiedene Beplankungsvarianten des jeweiligen Systems analog angewendet werden. Dabei sind bei Anforderungen an den Brand- und/oder Schallschutz jedoch die ggf. erforderlichen Zusatzaßnahmen und/oder Einschränkungen zu beachten.

### Verweise auf weitere Dokumente

- Detailblatt [Knauf Holztafelbau-Wände W55.de](http://Knauf Holztafelbau-Wände W55.de)
- Technische Blätter der einzelnen Knauf Systemkomponenten beachten.

### Angewendete Normen und Nachweise

Dieser Technischen Broschüre wurden folgende Normen und Nachweise zu Grunde gelegt:

#### Eurocode 0

- DIN EN 1990:2010-12
- DIN EN 1990/NA:2010-12

#### Eurocode 1

- DIN EN 1991-1-1:2010-12
- DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12

#### Eurocode 5

- DIN EN 1995-1-1:2010-12
- DIN EN 1995-1-1/A2:2014-07
- DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08

#### Eurocode 8

- DIN EN 1998-1:2010-12
- DIN EN 1998-1/NA:2011-01

#### Baustoffnorm

- DIN EN 338:2016-07

#### Anwendungsnormen

- DIN EN 1052-10
- DIN 18180:2014-09
- DIN 18181

#### Europäisch technische Bewertung

- ETA 13/0800

### Literaturverzeichnis

- [1] Colling, Francois: Aussteifung von Gebäuden in Holztafelbauart, 1. Auflage, 12/2011
- [2] Blaß, H.J. und Laskewitz, B.: Tragfähigkeit von Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln und Zwischenschichten. Bauen mit Holz, Heft 1-2, S.26-35, 2003

### Abkürzungsverzeichnis

Auf den letzten Seiten dieser Technischen Broschüre ist ein Abkürzungsverzeichnis der in diesem Dokument verwendeten Abkürzungen dargestellt.

### Haftungsausschluss

Es wird darauf hingewiesen, dass für die Inhalte dieser Technischen Broschüre keine Haftung seitens der Hochschule Rosenheim sowie Knauf Gips KG übernommen wird.

Aussteifung ist nur ein Element der Statik, die weitere Tragwerksplanung muss mit einem Tragwerksplaner abgestimmt werden.

### Grafische Darstellungen

Ein Teil der verwendeten Bilder wurden mit dem CAD Programm der Firma Dietrich's erstellt.

### Bestimmungsgemäßer Gebrauch von Knauf Systemen

Beachten Sie Folgendes:

<b>Achtung</b>	Knauf Systeme dürfen nur für die in den Knauf-Dokumenten angegebenen Anwendungsfälle zum Einsatz kommen. Falls Fremdprodukte oder Fremdkomponenten zum Einsatz kommen, müssen diese von Knauf empfohlen bzw. freigegeben sein. Die einwandfreie Anwendung der Produkte/Systeme setzt sachgemäßen Transport, Lagerung, Aufstellung, Montage und Instandhaltung voraus.
----------------	---

### Allgemeine Hinweise

#### Bezeichnung

In Normen werden die Bezeichnungen des Durchmessers der Verbindungsmittel unterschiedlich verwendet. In dieser Technischen Broschüre wird die Bezeichnung  $d$  statt  $d_N$  verwendet ( $d = d_N$  bzw.  $d_{def}$ ).

**Große lateinische Buchstaben**

A	Querschnittsfläche; Vorfaktor für die vereinfachte Ermittlung der Verbindungsmitteltragfähigkeit
$A_d$	Bemessungswert einer außergewöhnlichen Einwirkung
$A_{ef}$	Wirksame Kontaktfläche bei Druckbeanspruchung rechtwinklig zur Faserrichtung
$A_{EK}$	Charakteristischer Wert der Erdbebeneinwirkung
abP	Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis
$E_{0,05}$	5 %-Quantilwert eines Elastizitätsmoduls
$E_d$	Bemessungswert der Beanspruchung
$E_k$	Charakteristischer Wert der Beanspruchung
$E_{mean}$	Mittelwert eines Elastizitätsmoduls
$E_{m,mean}$	Mittelwert des Biege-Elastizitätsmoduls der Gipsplatte Diamant X unter Platten- bzw. Scheibenbeanspruchung
ETA	Europäische technische Bewertung
F	Kraft
$F_{ax,Rk}$	Charakteristischer Auszieh Widerstand des Verbindungsmittels
$F_{f,Rd}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit eines Verbindungsmittels in Wandtafeln
$F_c$	Druckreaktionskraft am Ende der Wandtafel
$F_{c,0,Ed}$	Bemessungswert der Druckkraft in Faserrichtung
$F_{c,90,Ed}$	Bemessungswert der Druckkraft quer zur Faserrichtung
$F_{c,Ed}$	Bemessungswert der Druckreaktionskraft am Ende der Wandtafel
$F_{i,c,Ed}$	Bemessungswert der Druckreaktionskraft am Ende der Wandtafel pro Wandtafel i (bei mehreren hintereinanderliegenden Scheiben in einer Wand)
$F_{i,t,Ed}$	Bemessungswert der Zugreaktionskraft am Ende der Wandtafel pro Wandtafel i (bei mehreren hintereinanderliegenden Scheiben in einer Wand)
$F_{i,v,Ed}$	Bemessungswert der Aussteifungslast pro Wandtafel i (bei mehreren hintereinanderliegenden Scheiben in einer Wand)
$F_t$	Zugreaktionskraft am Ende der Wandtafel
$F_{t,Ed}$	Bemessungswert der Zugreaktionskraft am Ende der Wandtafel
$F_{v,vert,Ed}$	Bemessungswert einer vertikalen Einzellast auf eine Wandtafel
$F_v$	Aussteifungslast
$F_{v,Ed}$	Bemessungswert der Aussteifungslast
$F_{v,Rd}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit pro Scherfuge und Verbindungsmittel; Bemessungswert der Scheibentragfähigkeit
$F_{v,Rk}$	Charakteristischer Wert der Tragfähigkeit pro Scherfuge und Verbindungsmittel
$G_k$	Charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung
$G_{k,j}$	Charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung j
GKL	Gebäudeklasse nach geltender Bauordnung
$G_{mean}$	Mittelwert des Schubmoduls
$G_{v,mean}$	Mittelwerte des Schubmoduls der Gipsplatte Diamant X
GEO	Versagen oder übermäßige Verformung des Baugrundes (GEO – geotechnical)
GZG	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
GZT	Grenzzustand der Tragfähigkeit

$I_y$	Flächenträgheitsmoment um die starke Achse
KLED	Klasse der Lasteinwirkungsdauer
MBau-VorIV	Musterbauvorlagenverordnung
MBO	Musterbauordnung (MBO 2002, zuletzt geändert 2019)
$M_{y,Rk}$	Charakteristischer Wert des Fließmomentes des Verbindungsmittels
NA	Nationaler Anhang von europäischen Normen, enthält festgelegte Regeln als NDP und NCI
NCI	National non-contradictory complementary information (nationale Festlegungen und ergänzende Regeln, die nicht im Widerspruch zum europäisch harmonisierten Normtext stehen)
NDP	nationally determined parameters (national festgelegte Parameter, wie z.B. Größe der Teilsicherheitsbeiwerte, Festlegungen zu landesspezifischen, geographischen und klimatischen Daten wie Schneelastkarten oder Windlastzonen)
NE	Nutzungseinheit
NKL	Nutzungsklasse
OKF	Oberkante Fußboden
$P_d$	Bemessungswert einer Vorspannkraft
$P_k$	Charakteristischer Wert der Vorspannkraft
$Q_k$	Charakteristischer Wert einer veränderlichen Einwirkung
$Q_{k,1}$	Charakteristischer Wert einer maßgebenden veränderlichen Einwirkung 1 (Leiteinwirkung)
$Q_{k,i}$	Charakteristischer Wert einer nicht maßgebenden veränderlichen Einwirkung i (Begleiteinwirkung)
$Q_d$	Bemessungswert
$R_d$	Bemessungswert eines Widerstandes
$R_k$	Charakteristischer Widerstand
S	Schwerpunkt einer Last
STR	Tragwerks- und Querschnittsversagen (STR - structural)
$W_d$	Bemessungswert einer Einzellast aus Windeinwirkung
$X_{05}$	5 %-Quantilwert der Baustoffeigenschaft

**Kleine lateinische Buchstaben**

$a_f$	Achsabstand Ständer
b	Abmessung quer zum Wind bei der Ermittlung der Außendruckbeiwerte; Breite einer Wandtafel
$b_i$	Breite einer Wandtafel i
$b_{Platte}$	Breite einer Platte auf einer Wandtafel
$b_{net}$	Lichter Ständerabstand
$b_r$	Achsabstand Ständer
$b_w$	Breite Ständer
c	Beiwert um den Einfluss schlanker Wandtafeln zu berücksichtigen
$c_{pe}$	Aerodynamischer Außendruckbeiwert
$c_{pe,1}$	Aerodynamischer Außendruckbeiwert für Lasteinzugsflächen kleiner 1 m <sup>2</sup>
$c_{pe,10}$	Aerodynamischer Außendruckbeiwert für Lasteinzugsflächen größer 10 m <sup>2</sup>

d	Breite bzw. Länge eines Gebäudes bei der Ermittlung der Außendruckbeiwerte; Durchmesser eines Verbindungsmittels	$q_k$	Charakteristischer Wert einer Nutzlast
e	Faktor um Dachflächenabmessungen für die Ermittlung der Außendruckbeiwerte zu bestimmen; Exzentrizität (Außermittigkeit) an einem Bauteil	s	Verbindungsmittelabstand innerhalb einer Reihe in Faserrichtung; Wert einer Linienlast aus Schnee
$f_{c,90,k}$	Charakteristischer Wert der Druckfestigkeit quer zur Faser	$s_{v,0,d}$	Bemessungswert des Schubflusses der Beplankung längs zu den Ständern
$f_{c,0,k}$	Charakteristischer Wert der Druckfestigkeit in Faserrichtung	$s_{v,90,d}$	Bemessungswert des Schubflusses der Beplankung quer zu den Ständern
$f_{c,90,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit quer zur Faser	t	Beplankungsdicke
$f_{c,0,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit in Faserrichtung	$t_1$	Dicke der Beplankung bei der Ermittlung der Verbindungsmitteltragfähigkeit
$f_d$	Bemessungswert einer Baustofffestigkeit	$t_2$	Eindringtiefe des Verbindungsmittels im Ständer bei der Ermittlung der Verbindungsmitteltragfähigkeit
$f_{h,1,k}$	Charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit der Beplankung bei der Ermittlung der Verbindungsmitteltragfähigkeit	$u_{gl}$	Ausgleichsfeuchte von Holz
$f_{h,2,k}$	Charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit des Ständers bei der Ermittlung der Verbindungsmitteltragfähigkeit	w	Wert einer Linienlast aus Wind
$f_{t,d}$	Bemessungswert der Zugfestigkeit	$w_k$	Charakteristische Windlast
$f_k$	Charakteristischer Wert einer Baustofffestigkeit	<b>Kleine griechische Buchstaben</b>	
$f_{v,d}$	Bemessungswert der Schubfestigkeit	$\alpha$	Winkel
$f_{v,0,d}$	Bemessungswert der längenbezogenen Schubfestigkeit längs zu den Ständern	$\beta$	Knicklängenbeiwert
$f_{v,0,d,1}$	Bemessungswert der längenbezogenen Schubfestigkeit längs zu den Ständern für Beplankungsseite 1	$\beta_c$	Imperfektionsbeiwert
$f_{v,0,d,2}$	Bemessungswert der längenbezogenen Schubfestigkeit längs zu den Ständern für Beplankungsseite 2	$\gamma$	Teilsicherheitsbeiwert
$f_u$	Mindestzugfestigkeit eines Verbindungsmittels	$\gamma_G$	Teilsicherheitsbeiwert für eine ständige Einwirkung
g	Wert einer Linienlast aus Eigengewicht	$\gamma_M$	Teilsicherheitsbeiwert für eine Baustoffeigenschaft
h	Gebäudehöhe; Höhe der Wandtafel; Tiefe des Ständers	$\gamma_Q$	Teilsicherheitsbeiwert für eine veränderliche Einwirkung
$h_f$	Dicke der Beplankung	$\lambda_{rel,y}$	Bezogener Schlankheitsgrad
$h_w$	Tiefe des Ständers	$\lambda_y$	Schlankheitsgrad
$i_y$	Trägheitsradius	$\rho_k$	Charakteristischer Wert der Rohdichte
$K_{2,30}$	Kapselkriterium Brandschutzfunktion 30 min	$\rho_{mean}$	Mittelwert der Rohdichte
$K_{2,60}$	Kapselkriterium Brandschutzfunktion 60 min	$\psi$	Kombinationsbeiwert in Einwirkungskombinationen
$k_{c,90}$	Querdrukbeiwert	$\psi_0$	Kombinationsbeiwerte einer veränderlichen Einwirkung
$k_{c,y}$	Knickbeiwert	$\psi_1$	Kombinationsbeiwert für häufige Werte der veränderlichen Einwirkung
$k_{mod}$	Modifikationsbeiwert um den Einfluss von Lasteinwirkungsdauer und Nutzungsklasse zu berücksichtigen	$\psi_2$	Kombinationsbeiwert für quasi-ständige Werte der veränderlichen Einwirkung
$k_{v1}$	Beiwert zur Berücksichtigung der Anordnung der Verbindungsmittel und der Verbindungsart der Gipsplatten		
$k_{v2}$	Beiwert zur Berücksichtigung von Zusatzbeanspruchungen rechtwinklig zu den Ständern		
l	Ständerlänge		
$l_{ef}$	Knicklänge bzw. Ersatzstablänge; effektive Auflagerbreite (Einhängeeffekt) bei der Schwellenpressung		
m	Anzahl der zu überprüfenden Kombinationen bei n veränderlichen Lasten auf ein Bauteil		
n	Anzahl der veränderlichen Lasten auf ein Bauteil		
q	Verhaltensbeiwerte für Erdbebennachweis; Geschwindigkeitsdruck (Staudruck)		
$q_{d,Wind}$	Bemessungswert einer Flächenlast aus Wind		
$q_{Ed}$	Bemessungswert einer Linienlast		
$q_{w,k}$	Charakteristischer Wert einer Flächenlast aus Wind		

## NUTZEN SIE DIE WERTVOLLEN SERVICES VON KNAUF



### WWW.KNAUF.CH

Holen Sie sich den stärksten Partner, wenn es darum geht, Ihren Ruf als erstklassigen Planer zu festigen. Dazu bietet Knauf einmalige Leistungen an.



### DOWNLOADS

Suchen Sie technische Daten? Prospekte, Broschüren und sonstige Dokumentationen als PDF oder CAD-Daten finden Sie im Download-Center auf [www.knauf.ch](http://www.knauf.ch)



### FACHKOMPETENZEN

Sie suchen eine bestimmte Lösung? Für Anforderungen oder Funktionalitäten entdecken Sie die Knauf Fachkompetenzen. [www.knauf.ch](http://www.knauf.ch)

Technische Änderungen vorbehalten. Es gilt die jeweils aktuelle Auflage. Unsere Gewährleistung bezieht sich nur auf die einwandfreie Beschaffenheit unseres Materials. Konstruktive, statische und bauphysikalische Eigenschaften von Knauf Systemen können nur erreicht werden, wenn die ausschliessliche Verwendung von Knauf Systemkomponenten oder von Knauf ausdrücklich empfohlenen Produkten sichergestellt ist. Verbrauchs-, Mengen- und Ausführungsangaben sind Erfahrungswerte, die im Falle abweichender Gegebenheiten nicht ohne weiteres übertragen werden können. Alle Rechte vorbehalten. Änderungen, Nachdrucke und fotomechanische sowie elektronische Wiedergabe, auch auszugsweise, bedürfen der ausdrücklichen Genehmigung der Knauf AG, Kägenstrasse 17, 4153 Reinach BL.

**Hauptsitz**  
Knauf AG  
Kägenstrasse 17  
4153 Reinach BL  
[info-ch@knauf.com](mailto:info-ch@knauf.com)

**Westschweiz**  
Bureau technique  
Rue Galilée 4  
1400 Yverdon-les-Bains  
[info-ch@knauf.com](mailto:info-ch@knauf.com)

**Südschweiz**  
Ufficio tecnico  
Via Cantonale 2a  
6928 Manno  
[info-ch@knauf.com](mailto:info-ch@knauf.com)

**[www.knauf.ch](http://www.knauf.ch)**  
  
Telefon 058 775 88 00