

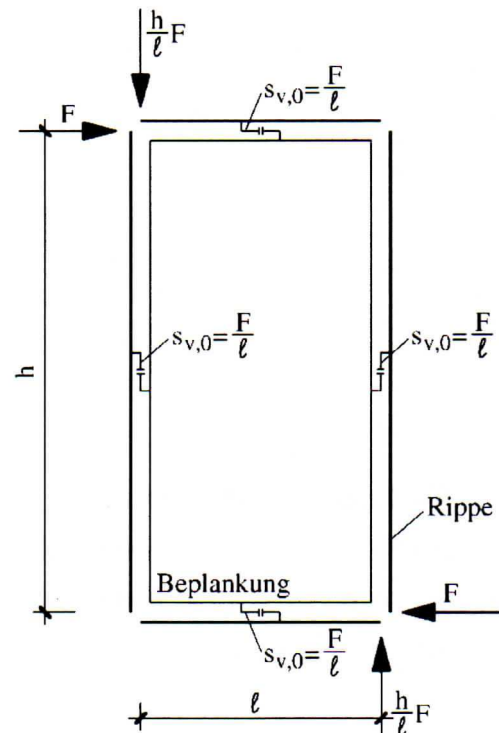
Bemessungswerte $f_{v,0,d}$ von beplankten Wandtafeln mit **fermacell Gipsfaser und
fermacell Powerpanel HD zum Nachweis ihrer scheibenartigen Beanspruchbarkeit
nach DIN EN 1995-1-1 (EC5) in Verbindung mit dem nationalen Anhang (NA) infolge
Einwirkungen aus Wind oder Erdbeben**

Auftraggeber: Fermacell GmbH
Anwendungstechnik
Kalkwerk Winterberg
D-37539 Bad Grund

Anzahl der Textseiten: 34

Aufstellungsdatum: Oktober 2014

Aktenzeichen: P0914



Dipl.-Ing. T.M. Polatschek
(Sachbearbeiter)



Prof. Dr.-Ing. M.H. Kessel
(Leiter)

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Dem Auftraggeber werden ausdrücklich die Nutzungsrechte der Ergebnisse dieser Ausarbeitung eingeräumt.

© BY LABOR FÜR HOLZTECHNIK, 2014

INHALT

1	VORBEMERKUNGEN	4
2	ALLGEMEINES	4
3	NACHWEISVERFAHREN VON WANDTAFELN	5
3.1	NACHWEIS DES VERBUNDES.....	8
3.1.1	Gipsfaser - Nadelholz	9
3.1.2	Powerpanel HD - Nadelholz	10
3.2	NACHWEIS DER BEPLANKUNG.....	10
3.2.1	Zugfestigkeit	10
3.2.2	Beulen.....	11
3.3	NACHWEIS DER LAGESICHERHEIT	11
4	BEMESSUNGSTABELLEN FÜR <u>EINSEITIG</u> BEPLANKTE WANDTAFELN	12
4.1	BEMESSUNGSBEISPIEL FÜR EINE EINSEITIG BEPLANKTE WANDTAFEL.....	14
5	BEMESSUNGSTABELLEN <u>BEIDSEITIG</u> BEPLANKTER WANDTAFELN	19
5.1	SYMMETRISCHER WANDAUFBAU	19
5.2	ASYMMETRISCHER WANDAUFBAU	21
5.2.1	Kombination von duktilem Tragverhalten	22
5.2.2	Kombination von sprödem und duktilem Tragverhalten	23
5.2.3	Kombination von sprödem Tragverhalten.....	25
6	BEMESSUNGSSITUATIONEN BEI ERDBEBEN	29
6.1	ALLGEMEINES	29
6.2	NACHWEISVERFAHREN	29
6.3	BEMESSUNGSTABELLEN SEISMISCH BEANSPRUCHTER WANDTAFELN	31

LITERATUR

1 Vorbemerkungen

Die nachfolgend angegebene statische Bemessung, welche Grundlage der in den Bemessungstabellen angegebenen Tragfähigkeiten der Wandtafeln ist, versteht sich als Musterstatik und ist nicht im Sinne einer Typenstatik zu verwenden. Tragwerksplaner, die sich bei der Erstellung von statischen Berechnungen von Bauvorhaben diese Musterstatik bzw. die Bemessungswerte der Wandtafeln zu eigen machen, handeln und haften eigenverantwortlich. Die statische Berechnung beinhaltet ausschließlich die Ermittlung der Tragfähigkeiten der scheibenartig beanspruchten Wandtafeln infolge Wind- oder Erdbebenlasten. Verformungen der Wandtafeln und Steifigkeiten werden nicht ermittelt.

2 Allgemeines

Gebäude in Holztafelbauart werden für Beanspruchungen infolge Wind oder Erdbeben durch das Zusammenwirken von Wand-, Decken- und Dachtafeln ausgesteift. Die tragenden flächigen Holztafeln werden dabei in ihrer Ebene scheibenartig beansprucht und können für diese Anwendung nach den vereinfachten Regelungen der DIN EN 1995-1-1:2010-12 (EC5) im Zusammenhang mit dem nationalen Anhang (NA) DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 rechnerisch nachgewiesen werden.

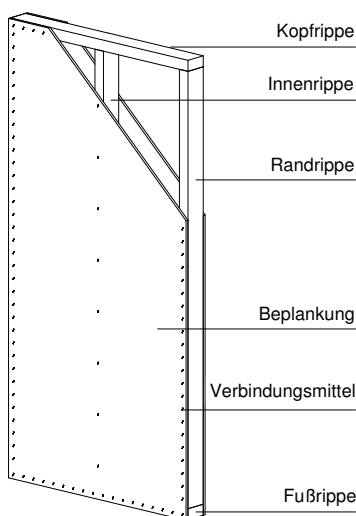


Abbildung 1: Bauteile einer Wandtafel

Nach EC 5 werden die Holztafeln als „zusammengesetzte Bauteile“ bezeichnet, da ihr Tragverhalten durch die Tragfähigkeit und Steifigkeit der Rippen, der Beplankung und des Verbundes der beiden Bauteile durch metallische Verbindungsmittel oder Klebung bestimmt wird. Für die Herstellung einer Holztafel werden als Rippen stabförmige Bauteile mit Rechteckquerschnitt, die z. B. aus Konstruktionsvollholz, Brettschichtholz, Furnierschichtholz bestehen können, oder Bauteile in Form von Profilträgern verwendet. Die auf der

Rippenkonstruktion ein- oder beidseitig montierte Beplankung ist als flächiges Bauteil zu bezeichnen, welches aus bauaufsichtlich für diesen Anwendungsbereich über Normen oder Zulassungen geregelten Holzwerkstoff-, Gipswerkstoff- oder zementgebundenen Leichtbetonplatten besteht. Der statisch wirksame Verbund von Rippen und Beplankung wird in der Regel über metallische Verbindungsmittel, wie Klammern, Nägel oder Schrauben, die rechtwinklig zur Plattenebene eingetrieben werden, hergestellt. Die Möglichkeit der Klebung von Rippen und Beplankung wird nachfolgend nicht weiter betrachtet.

3 Nachweisverfahren von Wandtafeln

Scheibenartig beanspruchte Wandtafeln können vereinfacht nach DIN EN 1995-1-1:2010-12 (EC5) in Verbindung mit dem nationalen Anhang (NA) auf der Grundlage des in Abbildung 2 dargestellten Schubfeld-Modells nachgewiesen werden.

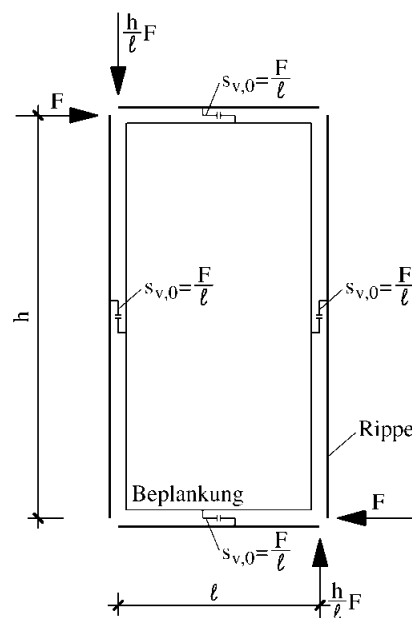


Abbildung 2: Ideales statisches Schubfeld-Modell einer Wandtafel

Die Anwendung dieses vereinfachten Nachweisverfahrens durch den Tragwerksplaner setzt voraus, dass der Holzbaubetrieb bei der Verarbeitung bzw. Herstellung der Wandtafeln entsprechend Abbildung 3 die folgenden Konstruktionsregeln erfüllt:

- Ausführung eines kontinuierlichen, allseitig schubsteifen Verbundes der Plattenränder mit den Rippen ohne freie Plattenränder
- Ausführung eines druck- und zugfesten Anschlusses der Randrippen mit der Unterkonstruktion
- Ausführung einer horizontalen und vertikalen Lagerung der Fußrippe.

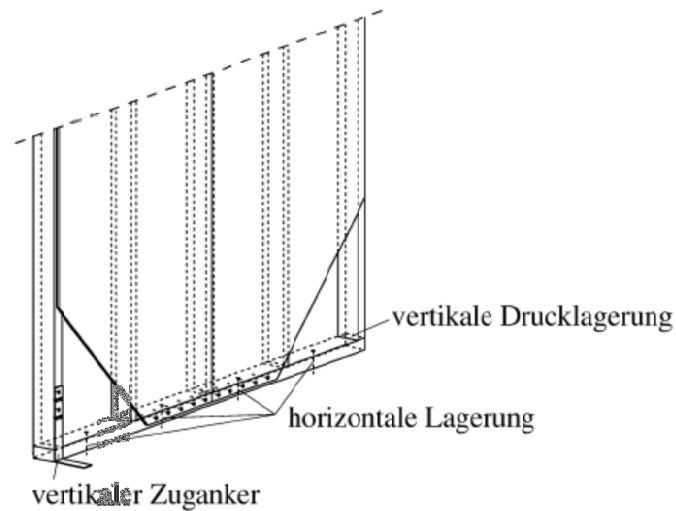


Abbildung 3: horizontale und vertikale Lagesicherung einer einseitig beplankten Wandtafel

Sind die geforderten Lagerungsbedingungen nachweislich eingehalten, stellt sich nach dem Schubfeldverfahren infolge einer horizontal in Richtung der Stabachse der Kopfrippe wirkenden Last eine reine Normalkraftbeanspruchung der Randrippen und eine Beanspruchung der Beplankung und des Verbundes von Beplankung und Rippen durch einen parallel zu den Plattenrändern verlaufenden, konstanten Schubfluss $s_{v,0}$ ein.

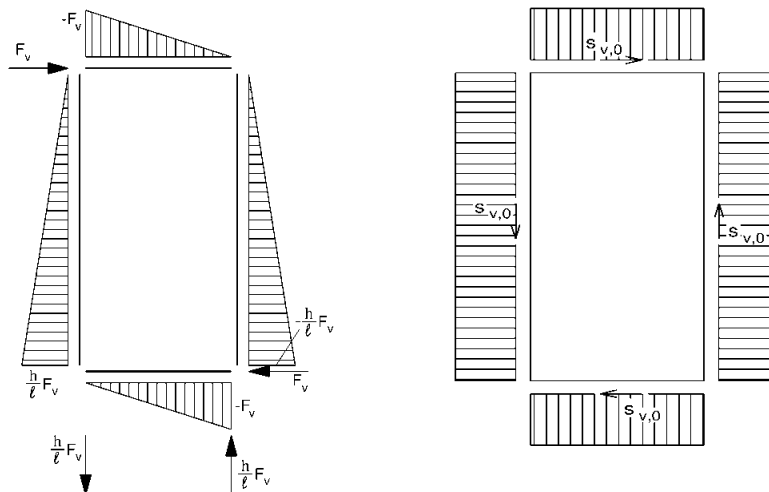


Abbildung 4: Normalkraftbeanspruchungen der Rippen (linkes Bild) und Beanspruchung der Beplankung (rechtes Bild) einer Wandtafel infolge Horizontalkraft F_v

Die Beanspruchbarkeit einer Wandtafel kann dann unter Berücksichtigung der Tragfähigkeit des Verbundes von Beplankung und Rippen nach dem vereinfachten Verfahren A des Abschnitts 9.2.4.2 der DIN EN 1995-1-1 mit der Gleichung (9.21) bestimmt werden. Des Weiteren sind nach Abschnitt NA.16 des nationalen Anhangs die Tragfähigkeit des

Plattenmaterials nach Gleichung (NA.138) und das Beulverhalten der Beplankung nachzuweisen. Für den Nachweis des Plattenmaterials ist zu beachten, dass für die Hauptspannungen bei ideal bzw. rein auf Schub beanspruchten Tafeln

$$\sigma_t = \sigma_c = \tau_v$$

gilt. Bei Plattenmaterialien mit geringerer Zugfestigkeit gegenüber der Druck- und Schubfestigkeit ist demnach der Nachweis der Plattentragfähigkeit nicht mit dem charakteristischen Wert der Schubfestigkeit $f_{v,k}$ sondern mit dem charakteristischen Wert der Zugfestigkeit $f_{t,k}$ zu führen. Da sowohl die **fermacell** Gipsfaserplatten als auch die Leichtbetonplatten **fermacell** Powerpanel HD bei Scheibenbeanspruchung geringere Zug- als Schubfestigkeiten aufweisen, berechnet sich für diese Plattenmaterialien der Bemessungswert der längenbezogenen Beanspruchbarkeit $f_{v,0,d}$ von einseitig oder beidseitig mit symmetrischen Aufbau beplankten Wandtafeln nach der Gleichung

$$f_{v,0,d} = n_{\text{Bepl}} \cdot \min \left\{ \begin{array}{l} k_{v1} \cdot F_{v,Rd} / s \\ k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot f_{t,d} \cdot t \\ k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot f_{v,d} \cdot 35 \cdot t^2 / b_{\text{net}} \end{array} \right. ,$$

wobei der Nachweis mit dem kleinsten Wert $f_{v,0,d}$ für die Beanspruchbarkeit der Tafel bemessungsrelevant wird.

In der Gleichung bedeuten:

- $f_{v,0,d}$ Bemessungswert der längenbezogenen Schubfestigkeit der Beplankung unter Berücksichtigung der Tragfähigkeit der Verbindung und der Platten sowie des Beulens,
- n_{Bepl} Anzahl der beplankten Tafelseiten (Beplankung einseitig $n_{\text{Bepl}}=1$; Beplankung beidseitig $n_{\text{Bepl}}=2$, nur wenn die Beplankungen und die Verbindungsmittel gleicher Art und gleicher Abmessung sind),
- k_{v1} Faktor zur Berücksichtigung der Anordnung und Verbindungsart der Platten (bei allseitig schubsteif ausgeführten Plattenrändern ist $k_{v1} = 1,0$ und bei Tafeln mit freien Plattenrändern – zulässig nur für Dach- und Deckentafeln ist $k_{v1} = 0,66$),
- k_{v2} Faktor zur Berücksichtigung der Abweichungen des Tragverhaltens von den Bedingungen des idealen Rechenmodells (bei einseitig beplankten Tafeln ist $k_{v2} = 0,33$ und bei beidseitig beplankten Tafeln ist $k_{v2} = 0,5$),
- $F_{v,Rd}$ Bemessungswert der Tragfähigkeit eines Verbindungsmittels auf Abscheren,
- $f_{t,d}$ Bemessungswert der Zugfestigkeit der Platten,
- $f_{v,d}$ Bemessungswert der Schubfestigkeit der Platten,
- s Abstand der Verbindungsmittel untereinander,
- b_{net} lichte Stützweite der vertikalen Rippen,
- t Dicke des Beplankungswerkstoffs.

Die für die Erstellung der Bemessungstabellen von Wandtafelkonstruktionen mit Beplankungen aus **fermacell** Gipsfaser und zementgebundenen Leichtbetonplatten **fermacell** Powerpanel HD angenommenen bzw. erforderlichen Material- und Geometrieparameter werden in den folgenden Abschnitten näher erläutert.

3.1 Nachweis des Verbundes

Die nach den Johansen-Gleichungen bestimmten Tragfähigkeiten des Verbundes setzen voraus, dass die für die jeweiligen Beplankungsmaterialien in den entsprechenden Zulassungen und im EC 5 geforderten Verbindungsmittelabstände insbesondere zum Plattenrand sowie zum unbeanspruchten Rand des Holzes bei der Ausführung nicht unterschritten werden. Die erforderlichen Verbindungsmittelabstände für beide Plattentypen sind nachfolgend in der Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1: Erforderliche Verbindungsmittelabstände zur Ausführung eines schubfesten Verbundes

Verbindungsmittel	Beplankung			
	fermacell Gipsfaser		fermacell Powerpanel HD	
Klammern	4·d (7·d) ¹⁾	20·d ²⁾	10·d	40·d
Nägel	4·d	20·d ²⁾	5·d	20·d
	a_{4,c}	a₁ (min. s)	a_{4,c}	a₁ (min. s)

¹⁾ Werte in Klammern gelten für **fermacell** Gipsfaserplatten mit ausgeführter „Trockenbau-Kante“ (TB-Kante)

²⁾ Nach Regel (8), Abschnitt 8.7.2 der DIN 1052:2008-12

Eine Erhöhung der charakteristischen Werte der Tragfähigkeit des Verbundes nach Abschnitt 9.2.4.2 (5) der DIN EN 1995-1-1 um 20 % wurde für die Gipsfaserplatten nicht berücksichtigt, so dass nach Regel NA.18 Auswirkungen von Imperfektionen und ein Nachweis der horizontalen Verformung der Wandtafeln nicht geführt werden muss, wenn die Anforderungen an die Platten- und Tafelabmessungen sowie die Lagerung der Tafeln eingehalten sind. Für die Leichtbetonplatten Powerpanel HD darf eine solche Erhöhung nach Abschnitt 3.2.5.1 der nationalen Zulassung grundsätzlich nicht in Ansatz gebracht werden. Wie auch bei Tafelkonstruktionen mit Gipsfaserplatten kann bei Einhaltung der geforderten Konstruktionsbedingungen auf einen Nachweis der horizontalen Verformung der Wandtafeln verzichtet werden. Auswirkungen von Imperfektionen auf die Tragfähigkeit der mit Powerpanel HD beplankten Wandtafeln dürfen jedoch nur dann unberücksichtigt bleiben, wenn nachgewiesen ist, dass das Verhältnis $q_{z,k} / q_{x,k}$ kleiner oder gleich 15 ist.

Dabei bedeuten:

- $q_{z,k}$ horizontal, rechtwinklig zur Kopfrippe der auszusteifenden Wände wirkende Linienlast infolge Windbeanspruchung in kN/m,
- $q_{x,k}$ ständige vertikale auf die Kopfrippe einwirkende Linienlast der auszusteifenden Wände in kN/m.

Die charakteristischen Werte der Fließmomente $M_{y,Rk}$ wurden unter Annahme der nach DIN EN 1995-1-1 geforderten Mindestzugfestigkeiten für Nägel nach Gleichung (8.14) und für Klammern nach Gleichung (8.29) unter Berücksichtigung der Änderung in DIN EN 1995-1-1/A2:2014-07 ermittelt.

3.1.1 Gipsfaser - Nadelholz

Die Bestimmung der Beanspruchbarkeit des Verbundes erfolgte nach Abschnitt 8.2.2 der DIN EN 1995-1-1:2010-12 mit den modifizierten Johansen-Gleichungen (8.6a bis 8.6f) unter Berücksichtigung des Teilsicherheitsbeiwertes γ_M für Verbindungen nach Tabelle 2.3 und der charakteristischen Werte der Lochleibungsfestigkeit $f_{h,1,k}$ der **fermacell** Gipsfaserplatten nach der im Anhang 2 der europäischen Zulassung ETA-03/0050 aufgeführten Gleichung.

Der Anteil aus der Seilwirkung $F_{ax,Rk}/4$ wurde in Anlehnung an die ETA-03/0050 für die darin geregelten Verbindungsmittel auf 50 % des Anteils nach der Johansen-Theorie begrenzt. Die Bestimmung von $F_{ax,Rk}$ ($R_{ax,k}$) erfolgte nach der in Regel 4 des Abschnitts 8.3.2 des Eurocodes 5 angegebenen Gleichung (8.23), wobei die charakteristischen Werte des Kopfdurchzieh widerstandes $R_{ax,head,k}$ der in der ETA-03/0050 auf Seite 11 aufgeführten Tabelle entnommen wurden. Als Einschlagtiefe wurde dabei für Klammern bzw. glattschaftige Nägel die in der Zulassung Z-9.1-434 (Abschnitt 4.2) geforderte Mindesteinschlagtiefe unter der Annahme berücksichtigt, dass diese die Eindringtiefe t_{pen} nach DIN EN 1995-1-1/A2:2014 unter Abzug der Länge der Nagel- bzw. Klammerspitze darstellt. Bei einer Einschlagtiefe der Nägel $8 \cdot d \leq t_{pen} < 12 \cdot d$ wurde der Wert der Ausziehfestigkeit nach Regel (7) des Abschnitts 8.3.2 der DIN EN 1995-1-1:2010-12 mit dem Faktor $(t_{pen}/4 \cdot d - 2)$ abgemindert.

Der Wert der Ausziehfestigkeit $f_{ax,k}$ aus dem Holz wurde für Nägel nach Gleichung (8.25) und für Klammern nach DIN EN 1995-1-1/NA:2013 wie für profilierte Nägel der Tragfähigkeitsklasse 2 des gleichen Durchmessers nach Tabelle NA.16 angenommen. Dies setzt für die Ausführung voraus, dass die verwendeten Klammern mindestens über die Länge der geforderten Mindesteinschlagtiefe beharzt sind und der Einbringwinkel zwischen dem Klammerrücken und der Faserrichtung des Holzes mindestens 30° beträgt.

Der Einfluss aus der Lasteinwirkungsdauer und der Nutzungsklasse auf die Tragfähigkeit des Verbundes wurde nach Gleichung NA.114 des nationalen Anhangs (NA) als geometrischer Mittelwert der Modifikationsbeiwerte $k_{mod,i}$ der miteinander verbundenen Bauteile Holz und Gipsfaserplatte berücksichtigt. Die Annahme des Modifikationsbeiwertes der Gipsfaserplatten erfolgte dabei nach den Angaben im Anhang 2 der ETA-03/0050. Die Steifigkeitswerte für den Verbund von Rippen und Beplankung mit metallischen Verbindungsmitteln K_{ser} wurden nach Anhang 2 der ETA-03/0050 mit den in Tabelle 7.1 der DIN EN 1995-1-1:2010-12 aufgeführten Gleichungen bestimmt.

3.1.2 Powerpanel HD - Nadelholz

Die Bestimmung der Beanspruchbarkeit des Verbundes erfolgte ebenfalls nach Abschnitt 8.2.2 der DIN EN 1995-1-1:2010-12 mit den modifizierten Johansen-Gleichungen (8.6a bis 8.6f) unter Berücksichtigung des Teilsicherheitsbeiwertes γ_M für Verbindungen nach Tabelle 2.3 und der charakteristischen Werte der Lochleibungsfestigkeit $f_{t,1,k}$ der Leichtbetonplatten **fermacell** Powerpanel HD nach der im Abschnitt 3.2.4.2 der nationalen Zulassung Z-31.1-176 aufgeführten Gleichung.

Der Anteil aus der Seilwirkung $F_{ax,Rk}/4$ wurde bei Verwendung von glattschaftigen Nägeln auf 15 % des Anteils nach der Johansen-Theorie begrenzt. Bei Verbindungen mit Klammern wurde dieser Anteil entsprechend der Vorgabe in der Zulassung nicht berücksichtigt. Die Bestimmung des Ausziehwiderstandes aus dem Holz $F_{ax,Rk}$ erfolgte nach der in Regel 4 des Abschnitts 8.3.2 des EC 5 angegebenen Gleichung (8.23), wobei die charakteristischen Werte des Kopfdurchziehwiderstandes $R_{ax,head,k}$ dem Abschnitt 3.2.4.3 der nationalen Zulassung entnommen wurden.

Der Einfluss aus der Lasteinwirkungsdauer und der Nutzungsklasse auf die Tragfähigkeit des Verbundes wurde nach Gleichung NA.114 des nationalen Anhangs (NA) als geometrischer Mittelwert der Modifikationsbeiwerte $k_{mod,i}$ der miteinander verbundenen Bauteile Holz und Leichtbetonplatte berücksichtigt. Die Annahme des Modifikationsbeiwertes der **fermacell** Powerpanel HD erfolgte dabei nach den Angaben der Tabelle 3 unter Abschnitt 3.2.2 der nationalen Zulassung Z-31.1-176. Die Steifigkeitswerte für den Verbund von Rippen und Beplankung mit metallischen Verbindungsmitteln K_{ser} wurden nach den aufgeführten Gleichungen im Anhang 1 der ETA-13/0609 bestimmt.

3.2 Nachweis der Beplankung

3.2.1 Zugfestigkeit

Die charakteristischen Werte der Zugfestigkeit $f_{t,k}$ wurden für die Gipsfaserplatten nach Tabelle 1 im Anhang 1 der ETA-03/0050 und für die Leichtbetonplatte Powerpanel HD nach

Tabelle 2 im Abschnitt 3.2.1 der Zulassung Z 31.1-176 zur Berechnung der Wandtafeltragungsfähigkeiten angenommen. Zur Berücksichtigung zusätzlicher Beanspruchungen, resultierend aus dem Abstand von Rippenachsen und Beplankungsmittelflächen sowie diskontinuierlich in die Tafel eingeleiteten Kräften, z.B. aus den Lagerungsbedingungen, wurde nach Regel NA.16 im nationalen Anhang zu Abschnitt 9.2.4.2 des EC 5 die Zugfestigkeit bei einseitiger Beplankung mit dem Faktor $k_{v2} = 0,33$ und bei beidseitiger Beplankung mit dem Faktor $k_{v2} = 0,5$ abgemindert.

Der Modifikationsbeiwert k_{mod} und der Teilsicherheitsbeiwert γ_M der Gipsfaserplatten wurden entsprechend den Angaben im Anhang 2 der ETA-03/0050 berücksichtigt. Für die Powerpanel HD wurde der Teilsicherheitsbeiwert entsprechend der Zulassung abweichend zu anderen im EC5 geregelten Plattenmaterialien mit $\gamma_M = 1,7$ und die Modifikationsbeiwerte k_{mod} nach Tabelle 3 der nationalen Zulassung angenommen.

3.2.2 Beulen

Der Beulnachweis wurde mit den für Gipsfaserplatten in Tabelle 1 des Anhangs 1 der ETA-03/0050 und für Leichtbetonplatten Powerpanel HD in Tabelle 2 unter Abschnitt 3.2.1 der Zulassung Z 31.1-176 angegebenen charakteristischen Werten der Schubfestigkeit $f_{v,k}$ nach Regel NA.16 im nationalen Anhang zu Abschnitt 9.2.4.2 des EC 5 geführt. Entsprechend dem Nachweis der Zugfestigkeit wurden die Werte bei einseitiger Beplankung mit dem Faktor $k_{v2} = 0,33$ und bei beidseitiger Beplankung mit dem Faktor $k_{v2} = 0,5$ abgemindert.

Der vereinfachte Beulnachweis wurde entsprechend der DIN EN 1995-1-1 mit Annahme des lichten Abstandes der vertikalen Rippen b_{net} geführt. Die Rippenbreite wurde mit 60 mm angenommen, so dass aus einem praxisüblichen Rastermaß der Schwerachsen der vertikalen Rippen von $b_r = 62,5$ cm eine rechnerische lichte Stützweite von $b_{net} = 56,5$ cm resultiert.

Die Annahme des Modifikationsbeiwertes k_{mod} und des Teilsicherheitsbeiwertes γ_M erfolgte entsprechend den Angaben im vorherigen Abschnitt zum Nachweis der Zugfestigkeit der Plattenmaterialien.

3.3 Nachweis der Lagesicherheit

Die Nachweise des zug- und druckfesten Anschlusses der seitlichen Randrippen an die Unterkonstruktion, sowie der horizontalen und vertikalen Lagerung der Fuß- und Koprippen sind nicht Gegenstand der Bemessungstabellen und müssen für die vorhandenen horizontalen Beanspruchungen einer Wandtafel durch einen Tragwerksplaner gesondert geführt werden.

4 Bemessungstabellen für einseitig beplankte Wandtafeln

Unter Berücksichtigung verschiedener Beplankungswerkstoffe der Fermacell GmbH und möglicher Verbindungsmittel zur Herstellung eines schubsteifen Verbundes mit den Rippen sind nach den Regelungen des EC 5 in Abhängigkeit von Nutzungsklasse, Beplankungsdicke t , Verbindungsmitteldurchmesser d und Verbindungsmittelabstand s die Beanspruchbarkeiten einseitig beplankter Wandtafeln mit einem Rippenabstand $b_r = 62,5$ cm in den Tabellen 2 bis 5 zusammengestellt.

Tabelle 2: Bemessungswerte von einseitig mit **fermacell** Gipsfaser beplankten Wandtafeln in Nutzungsklasse 1

Bemessungswerte der längenbezogenen Tragfähigkeiten $f_{v,0,d}$ in [N/mm] von einseitig mit fermacell Gipsfaser beplankten Wandtafeln ¹⁾ in der Nutzungsklasse 1										
Plattendicke $t = 10$ mm				VM ²⁾	Plattendicke $t = 12,5$ mm					
3,6	5,4	5,5 (7,2)	5,5 (10,8)	Klammer $d = 1,8$ mm	7,2 (13,0)	7,2 (8,6)	6,5	4,3		
3,2	4,8	5,5 (6,3)	5,5 (9,5)	Klammer $d = 1,53$ mm	7,2 (9,8)	6,5	4,9	3,3		
2,5	3,7	5,0	5,5 (7,5)	Nagel $d = 2,8$ mm	7,2 (8,7)	5,8	4,3	2,9		
2,2	3,4	4,5	5,5 (6,7)	Nagel $d = 2,5$ mm	7,2 (8,0)	5,3	4,0	2,7		
1,9	2,9	3,9	5,5 (5,8)	Nagel $d = 2,2$ mm	7,1	4,7	3,5	2,4		
150 [mm]	100 [mm]	75 [mm]	50 [mm]	S ³⁾	50 [mm]	75 [mm]	100 [mm]	150 [mm]		
2,7	4,0	5,4	8,1	Nagel $d = 2,2$ mm	8,3	5,5	4,1	2,8		
3,3	4,9	6,5	8,7 (9,8)	Nagel $d = 2,5$ mm	10,0 (10,1)	6,7	5,0	3,4		
3,4	5,1	6,8	8,7 (10,3)	Nagel $d = 2,8$ mm	10,0 (11,7)	7,8	5,9	3,9		
3,3	5,0	6,7	8,7 (10,0)	Klammer $d = 1,53$ mm	10,0 (10,2)	6,8	5,1	3,4		
4,3	6,5	8,7	8,7 (13,0)	Klammer $d = 1,8$ mm	10,0 (13,5)	9,0	6,8	4,5		
Plattendicke $t = 15$ mm				VM ²⁾	Plattendicke $t \geq 18$ mm					

¹⁾Rippenabstand $b_r = 62,5$ cm; ²⁾VM: Verbindungsmittel; ³⁾s: Abstand der Befestigungsmittel untereinander

Tabelle 3: Bemessungswerte von einseitig mit **fermacell** Gipsfaser beplankten Wandtafeln in NKL 2

Bemessungswerte der längenbezogenen Tragfähigkeiten $f_{v,0,d}$ in [N/mm] von einseitig mit fermacell Gipsfaser beplankten Wandtafeln ¹⁾ in der Nutzungsstufe 2									
Plattendicke $t = 10$ mm				VM ²⁾	Plattendicke $t = 12,5$ mm				
3,1	4,1 (4,6)	4,1 (6,2)	4,1 (9,3)	Klammer $d = 1,8$ mm	5,3 (11,1)	5,3 (7,4)	5,3 (5,6)	3,7	
2,7	4,1	4,1 (5,4)	4,1 (8,2)	Klammer $d = 1,53$ mm	5,3 (8,4)	5,3 (5,6)	4,2	2,8	
2,1	3,2	4,3	4,1 (6,4)	Nagel $d = 2,8$ mm	5,3 (7,5)	5,0	3,7	2,5	
1,9	2,9	3,9	4,1 (5,8)	Nagel $d = 2,5$ mm	5,3 (6,8)	4,6	3,4	2,3	
1,7	2,5	3,3	4,1 (6,0)	Nagel $d = 2,2$ mm	5,3 (6,1)	4,1	3,0	2,0	
150 [mm]	100 [mm]	75 [mm]	50 [mm]	S ³⁾	50 [mm]	75 [mm]	100 [mm]	150 [mm]	
2,3	3,5	4,6	6,4 (6,9)	Nagel $d = 2,2$ mm	7,1	4,7	3,5	2,4	
2,8	4,2	5,6	6,4 (8,4)	Nagel $d = 2,5$ mm	7,4 (8,6)	5,8	4,3	2,9	
2,9	4,4	5,9	6,4 (8,8)	Nagel $d = 2,8$ mm	7,4 (10,1)	6,7	5,0	3,4	
2,9	4,3	5,7	6,4 (8,6)	Klammer $d = 1,53$ mm	7,4 (8,8)	5,8	4,4	2,9	
3,7	5,6	6,4 (7,4)	6,4 (11,2)	Klammer $d = 1,8$ mm	7,4 (11,6)	7,4 (7,7)	5,8	3,9	
Plattendicke $t = 15$ mm				VM ²⁾	Plattendicke $t \geq 18$ mm				

¹⁾Rippenabstand $b_r = 62,5$ cm; ²⁾VM: Verbindungsmittel; ³⁾s: Abstand der Befestigungsmittel untereinander

Tabelle 4: Bemessungswerte aus Nachweis des Plattenbeulens und der Zugfestigkeit der Platte

Bemessungswerte der längenbezogenen Tragfähigkeiten $f_{v,0,d}$ in [N/mm] aus Nachweis des Plattenbeulens und der Zugfestigkeit von einseitig mit fermacell Gipsfaser beplankten Wandtafeln						
Nutzungsstufe 1			t ¹⁾	Nutzungsstufe 2		
4,0	5,5	6,0	10 mm	4,4	4,1	3,0
6,1	7,2	7,2	12,5 mm	5,3	5,3	4,5
8,6	8,7	8,7	15 mm	6,4	6,4	6,3
10,0	10,0	10,0	18 mm	7,4	7,4	7,4
83,3 [cm]	62,5 [cm]	50 [cm]	b_r ²⁾	50 [cm]	62,5 [cm]	83,3 [cm]

¹⁾Plattennennstärke; ²⁾Abstand der Schwerachsen der vertikalen Rippen

Tabelle 5: Bemessungswerte von einseitig mit Leichtbetonplatte **fermacell** Powerpanel HD beplankten Wandtafeln in den Nutzungsklasse 1 bis 3

Bemessungswerte der längenbezogenen Tragfähigkeiten $f_{v,0,d}$ in [N/mm] von einseitig mit fermacell Powerpanel HD beplankten Wandtafeln ¹⁾ in den Nutzungsklassen 1 bis 3						
Nutzungsklassen 1 + 2			VM ²⁾	Nutzungsklasse 3 ³⁾		
2,0 (3,4)	2,0 (5,0)	2,0 (6,7)	Klammer d = 1,8 mm	1,6 (5,4)	1,6 (4,0)	1,6 (2,7)
2,0 (2,5)	2,0 (3,8)	2,0 (5,0)	Klammer d = 1,53 mm	1,6 (4,0)	1,6 (3,0)	1,6 (2,0)
2,0 (2,8)	2,0 (4,2)	2,0 (5,5)	Nagel d = 2,8 mm	1,6 (4,4)	1,6 (3,3)	1,6 (2,2)
2,0 (2,4)	2,0 (3,6)	2,0 (4,8)	Nagel d = 2,5 mm	1,6 (3,9)	1,6 (2,9)	1,6 (1,9)
2,0 (2,1)	2,0 (3,1)	2,0 (4,2)	Nagel d = 2,2 mm	1,6 (3,3)	1,6 (2,5)	1,6 (1,7)
150 [mm]	100 [mm]	75 [mm]	s ⁴⁾	75 [mm]	100 [mm]	150 [mm]

¹⁾Rippenabstand $b_r = 62,5$ cm; ²⁾VM: Verbindungsmittel; ³⁾nur in Verbindung mit einem dauerhaft wirksamen Wetterschutz nach DIN68800 (z.B. Putzsystem bestehend aus Unter- und Oberputz); ⁴⁾s: Abstand der Befestigungsmittel untereinander

Ergänzende Erläuterungen zu den Tabellen 2 bis 5:

- | |
|--|
| |
| |
| |
- Nachweis der Verbindungsmitteltragfähigkeit wird bemessungsrelevant
 - Nachweis der Zugfestigkeit der Beplankung wird bemessungsrelevant
 - Beulnachweis der Beplankung wird bemessungsrelevant
- (...)
- Werte $f_{v,0,d}$ aus dem Nachweis der Verbindungsmitteltragfähigkeit, die jedoch nicht bemessungsrelevant sind, da der Nachweis der Zugfestigkeit oder der Beulnachweis der Beplankung maßgebend werden.
 - Die in den Tabellen angegebenen Tragfähigkeiten gelten für Verbindungen mit Nadelholz mindestens der Festigkeitsklasse C24 und für Plattenmaterialien mit scharfkantigem Plattenrand

4.1 Bemessungsbeispiel für eine einseitig beplankte Wandtafel

Die Bemessung der längenbezogenen Beanspruchbarkeit einer Wandtafel erfolgt beispielhaft für eine Tafel in der Nutzungsklasse 1 mit einem Rippenabstand $b_r = 62,5$ cm und den nachfolgend aufgeführten Eingangswerten.

- Verbindungsmittel: glattschaftige Nägel
 - Nageldurchmesser $d = 2,8$ mm
 - Kopfdurchmesser $d_h = 6,7$ mm
 - Einschlagtiefe $t_{pen} = t_2 = 30$ mm (erforderliche Mindesteinschlagtiefe s lt. allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung Z 9.1-434 vom 19.09.2013 unter Abzug der Länge der Nagelspitze gemäß DIN EN 1995-1-1/A2:2014-07)

- Verbund
 - Beplankung einseitig $n_{Bep1} = 1$ mit Gipsfaserplatte (scharfkantiger Plattenrand)
 - Plattendicke $t_1 = 12,5$ mm
 - Rippen aus Nadelholz der Festigkeitsklasse C24
 - Verbindungsmittelabstand $s = 50$ mm

Bestimmung des charakteristischen Wertes der Verbindungsmitteltragfähigkeit $F_{v,Rk}$ nach dem genaueren Nachweisverfahren mit den Gleichungen (8.6a-f) im Abschnitt 8.2.2 der DIN EN 1995-1-1:2010-12:

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

mit:

- charakt. Lochleibungsfestigkeit der FERMACELL-Beplankung nach Anhang 2 der ETA-03/0050
$$\begin{aligned} f_{h,1,k} &= 7 \cdot d^{-0,7} \cdot t^{0,9} \\ &= 7 \cdot 2,8^{-0,7} \cdot 12,5^{0,9} \\ &= 33,06 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

- charakt. Lochleibungsfestigkeit der Rippen aus Nadelholz C24 nach Gleichung (8.15) der DIN EN 1995-1-1:2010-12

$$\begin{aligned}f_{h,2,k} &= 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3} \\ &= 0,082 \cdot 350 \cdot 2,8^{-0,3} \\ &= 21,07 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

- Faktor β nach Gleichung (8.8) der DIN EN 1995-1-1:2010-12

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = \frac{21,07 \text{ N/mm}^2}{33,06 \text{ N/mm}^2} = 0,64$$

- charakt. Wert des Fließmoments der Nägel nach Gleichung (8.14) der DIN EN 1995-1-1:2010-12

$$\begin{aligned}M_{y,k} &= 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} && \text{mit : } f_{u,k} = 600 \text{ N/mm}^2 \\ &= 0,3 \cdot 600 \cdot 2,8^{2,6} \\ &= 2617 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

- Zusätzlich darf bei den Versagensfällen 3 bis 6 (c bis f) ein Anteil aus der Seilwirkung mit $F_{ax,Rk}/4$ berücksichtigt werden. Dieser ist nach Anhang 2 der ETA-03/0050 auf 50% des Anteils nach der Johansen-Theorie $F_{v,Rk}$ (Erster Summand in der oben aufgeführten Gleichung) begrenzt und ermittelt sich zu

$$\frac{F_{ax,Rk}}{4} = \min \begin{cases} 0,5 \cdot F_{v,Rk} \\ 0,25 \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot t_{pen} \\ 0,25 \cdot R_{ax,head,k} \end{cases}$$

mit:

- charakt. Wert des Ausziehwiderstandes nach Gleichung (8.25) der DIN EN 1995-1-1:2010-12

$$\begin{aligned}f_{ax,k} &= 20 \cdot 10^{-0,6} \cdot \rho_k^2 \\ &= 20 \cdot 10^{-0,6} \cdot 350^2 \\ &= 2,45 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

unter Berücksichtigung einer Abminderung des Wertes nach Regel (7) des Abschnitts 8.3.2 des EC5 bei einer Einschlagtiefe

$$8 \cdot d = 8 \cdot 2,8 = 22,4 \text{ mm} < t_{pen} = 30 \text{ mm} < 12 \cdot d = 12 \cdot 2,8 = 33,6 \text{ mm}$$

mit dem Faktor:

$$\left(\frac{t_{pen}}{4 \cdot d} - 2 \right) = \left(\frac{30}{4 \cdot 2,8} - 2 \right) = 0,68$$

- charakt. Wert des Kopfdurchziehwerstandes für die Plattendicke $t = 12,5 \text{ mm}$ nach Anhang 2 der ETA-03/0050

$$R_{ax,head,k} = 900 \text{ N}$$

folgt:

$$F_{ax,Rk} = \min \begin{cases} 0,5 \cdot 544 \text{ N} = 272 \text{ N} \\ 0,25 \cdot 2,45 \cdot 2,8 \cdot 30 \cdot 0,68 = 35 \text{ N} \\ 0,25 \cdot 900 = 225 \text{ N} \end{cases} = 35 \text{ N}$$

und für $F_{v,Rk}$ folgt:

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 33,06 \cdot 12,5 \cdot 2,8 = 1157 \text{ N} \\ 21,07 \cdot 30 \cdot 2,8 = 1770 \text{ N} \\ \frac{33,06 \cdot 12,5 \cdot 2,8}{1 + 0,64} \cdot \left[\sqrt{0,64 + 2 \cdot 0,64^2 \cdot \left[1 + \frac{30}{12,5} + \left(\frac{30}{12,5} \right)^2 \right] + 0,64^3 \cdot \left(\frac{30}{12,5} \right)^2} - 0,64 \cdot \left(1 + \frac{30}{12,5} \right) \right] + 35 = 692 \text{ N} \\ 1,05 \cdot \frac{33,06 \cdot 12,5 \cdot 2,8}{2 + 0,64} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot 0,64 \cdot (1 + 0,64) + \frac{4 \cdot 0,64 \cdot (2 + 0,64) \cdot 2617}{33,06 \cdot 2,8 \cdot 12,5^2}} - 0,64 \right] + 35 = 579 \text{ N} \\ 1,05 \cdot \frac{33,06 \cdot 30 \cdot 2,8}{1 + 2 \cdot 0,64} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot 0,64^2 \cdot (1 + 0,64) + \frac{4 \cdot 0,64 \cdot (1 + 2 \cdot 0,64) \cdot 2617}{33,06 \cdot 2,8 \cdot 30^2}} - 0,64 \right] + 35 = 797 \text{ N} \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,64}{1 + 0,64}} \cdot \sqrt{2 \cdot 2617 \cdot 33,06 \cdot 2,8} + 35 = 742 \text{ N} \end{cases}$$

Nach den Johansen-Gleichungen wird mit 579 N der Versagensfall 4 maßgebend. Für die Nutzungsklasse 1 und dem Mittelwert aus Lasteinwirkungsdauer kurz / sehr kurz bestimmt sich dann nach Gleichung (2.14) und unter Annahme des Teilsicherheitsbeiwertes für Verbindungen nach Tabelle 2.3 des Abschnitts 2.4.1 der DIN EN 1995-1-1 folgender Bemessungswert für die Verbindungsmitteltragfähigkeit des Verbundes:

$$\begin{aligned} F_{v,Rd} &= F_{v,Rk} \cdot \frac{\sqrt{k_{mod,Holz} \cdot k_{mod,Gipsfaser}}}{\gamma_M} \\ &= 579 \cdot \frac{\sqrt{1,0 \cdot 0,95}}{1,3} \\ &= 434 \text{ N} \end{aligned}$$

Bestimmung der längenbezogenen Beanspruchbarkeit $f_{v,0,d}$ einer Wandtafel in Anlehnung an DIN EN 1995-1-1:2010-12 und dem nationalen Anhang (NA):

$$f_{v,0,d} = n_{\text{Bepl}} \cdot \min \begin{cases} k_{v1} \cdot F_{v,Rd} / s \\ k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot f_{t,d} \cdot t \\ k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot f_{v,d} \cdot 35 \cdot t^2 / b_{\text{net}} \end{cases}$$

mit:

- Bemessungswert der Zugfestigkeit der Platten

$$\begin{aligned} f_{t,d} &= f_{t,k} \cdot \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} && \text{mit : } f_{t,k} = 2,4 \text{ N/mm}^2 \\ &= 2,4 \cdot 0,95 / 1,3 \\ &= 1,75 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

- Bemessungswert der Schubfestigkeit der Platten

$$\begin{aligned} f_{v,d} &= f_{v,k} \cdot \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} && \text{mit : } f_{v,k} = 3,6 \text{ N/mm}^2 \\ &= 3,6 \cdot 0,95 / 1,3 \\ &= 2,63 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

- Beiwert $k_{v,1} = 1,0$ für eine Tafel mit allseitig schubsteif verbundenen Plattenrändern
- Beiwert $k_{v,2} = 0,33$ für eine Tafel mit einseitig aussteifender Beplankung $n_{\text{Bepl}} = 1$
- Bemessungswert der Tragfähigkeit eines Verbindungsmittels auf Abscheren
 $F_{v,Rd} = 434 \text{ N}$
- Lichter Rippenabstand $b_{\text{net}} = b_r - 60 \text{ mm} = 565 \text{ mm}$
- Verbindungsmittelabstand $s = 50 \text{ mm}$

folgt:

$$\begin{aligned} f_{v,0,d} &= 1,0 \cdot \min \begin{cases} 1,0 \cdot 434 / 50 \\ 1,0 \cdot 0,33 \cdot 1,75 \cdot 12,5 \\ 1,0 \cdot 0,33 \cdot 2,63 \cdot 35 \cdot 12,5^2 / 565 \end{cases} \\ &= 1,0 \cdot \min \begin{cases} 8,7 \text{ N/mm} \\ 7,2 \text{ N/mm} \\ 8,4 \text{ N/mm} \end{cases} \\ &= 7,2 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Maßgebend für die gewählte Ausführungsvariante wird der Nachweis der Zugfestigkeit des Beplankungsmaterials. Die Beanspruchbarkeit einer Wandtafel $F_{v,0,d}$ mit vorgegebener Breite

b_{Tafel} berechnet sich dann unter Berücksichtigung der Tafelabmessungen nach Gleichung (9.21) des Abschnitts 9.2.4.2 der DIN EN 1995-1-1 wie folgt:

$$F_{v,0,d} = f_{v,0,d} \cdot b_{\text{Tafel}} \cdot c_i$$

In der Gleichung bedeuten:

$f_{v,0,d}$ Bemessungswert der längenbezogenen Schubfestigkeit der Beplankung unter Berücksichtigung der Tragfähigkeit der Verbindung und der Platten sowie des Beulens,

c_i Faktor zur Berücksichtigung der Schlankheit der Wandtafel.

$$c_i = 1 \quad \text{für} \quad b_{\text{Tafel}} \geq b_0$$

$$c_i = b_{\text{Tafel}}/b_0 \quad \text{für} \quad b_{\text{Tafel}} < b_0$$

mit:

$$b_0 = h_{\text{Tafel}}/2$$

Bei einem Verhältnis $h_{\text{Tafel}}/b_{\text{Tafel}} = 2$ und einer Tafelbreite $b_{\text{Tafel}} = 1250$ mm resultiert für die oben genannten Konstruktionsparameter ein Bemessungswert der Tragfähigkeit der Wandtafel von

$$F_{v,0,d} = f_{v,0,d} \cdot b_{\text{Tafel}} \cdot c_i = 7,2 \text{ N/mm} \cdot 1250 \text{ mm} \cdot 1,0 = 9000 \text{ N} = 9,0 \text{ kN.}$$

5 Bemessungstabellen beidseitig beplankter Wandtafeln

In Abhängigkeit der Anforderungen an die Funktionsweise als trennendes Bauteil von benachbarten Räumen oder von Räumen gegen die Außenluft können beidseitig beplankte Wandtafeln symmetrisch oder asymmetrisch aufgebaut sein. Die Einordnung erfolgt dabei aus bauphysikalischer Sicht primär bezogen auf die Wahl des Plattenmaterials der beiden Seiten und deren Plattendicke. Aus statischer Sicht sind zur Einordnung des Weiteren noch die Parameter Verbindungsmittelart, Verbindungsmitteldurchmesser und Verbindungsmittele Abstand untereinander sowie die Nutzungsklasse zu berücksichtigen.

Vereinfachte Regelungen zur Bestimmung der Beanspruchbarkeit von beidseitig beplankten Wandtafeln sind im Abschnitt 9.2.4.2 der DIN EN 1995-1-1 enthalten. Zur Steigerung der Robustheit der Konstruktion und aus Sicht der Qualitätssicherung wird empfohlen, für beide Beplankungsseiten gleiche Verbindungsmittelarten, -durchmesser und -abstände im statischen Nachweis zu wählen und für die Ausführung vorzugeben.

5.1 Symmetrischer Wandaufbau

Nach der DIN EN 1995-1-1 kann die Beanspruchbarkeit einer beidseitig beplankten Wandtafel als Summe der Tragfähigkeiten der einseitig beplankten Wandtafeln angenommen werden, wenn die Beplankungen und die Ausführung des Verbundes von

Beplankung und Rippen gleicher Art und gleicher Abmessungen sind, d.h. der Verbund und die Beplankung beider Seiten gleiche Steifigkeiten aufweisen.

In den Tabellen 6 und 7 sind für symmetrisch aufgebaute Wandkonstruktionen bestehend aus **fermacell** Gipsfaserplatten unter Berücksichtigung möglicher Verbindungsmittel zur Herstellung eines schubsteifen Verbundes mit den Rippen nach den Regelungen des EC 5 in Abhängigkeit von Nutzungsklasse, Beplankungsdicke t , Verbindungsmitteldurchmesser d und Verbindungsmittelabstand s die Beanspruchbarkeiten beidseitig beplankter Wandtafeln mit einem Rippenabstand $b_r = 62,5$ cm aufgeführt.

Tabelle 6: Bemessungswerte von beidseitig mit **fermacell** Gipsfaser beplankten Wandtafeln mit symmetrischem Aufbau in Nutzungsklasse 1

Bemessungswerte der längenbezogenen Tragfähigkeiten $f_{v,0,d}$ in [N/mm] von beidseitig mit fermacell Gipsfaser beplankten Wandtafeln ¹⁾ in der Nutzungsklasse 1									
Plattendicke $t = 10$ mm				VM ²⁾	Plattendicke $t = 12,5$ mm				
7,2	10,8	14,4	16,7	Klammer $d = 1,8$ mm	21,9	17,3	13,0	8,6	
6,3	9,5	12,7	16,7	Klammer $d = 1,53$ mm	19,6	13,1	9,8	6,5	
5,0	7,5	10,0	15,0	Nagel $d = 2,8$ mm	17,4	11,6	8,7	5,8	
4,5	6,7	9,0	13,5	Nagel $d = 2,5$ mm	15,9	10,6	8,0	5,3	
3,9	5,8	7,8	11,7	Nagel $d = 2,2$ mm	14,2	9,4	7,1	4,7	
150 [mm]	100 [mm]	75 [mm]	50 [mm]	$s^3)$	50 [mm]	75 [mm]	100 [mm]	150 [mm]	
5,4	8,1	10,8	16,1	Nagel $d = 2,2$ mm	16,5	11,0	8,3	5,5	
6,5	9,8	13,1	19,6	Nagel $d = 2,5$ mm	20,1	13,4	10,1	6,7	
6,8	10,3	13,7	20,5	Nagel $d = 2,8$ mm	23,5	15,7	11,7	7,8	
6,7	10,0	13,4	20,0	Klammer $d = 1,53$ mm	20,4	13,6	10,2	6,8	
8,7	13,0	17,4	26,0	Klammer $d = 1,8$ mm	27,1	18,0	13,5	9,0	
Plattendicke $t = 15$ mm				VM ²⁾	Plattendicke $t \geq 18$ mm				

¹⁾Rippenabstand $b_r = 62,5$ cm; ²⁾VM: Verbindungsmittel; ³⁾s: Abstand der Befestigungsmittel untereinander

Tabelle 7: Bemessungswerte von beidseitig mit **fermacell** Gipsfaser beplankten Wandtafeln mit symmetrischem Aufbau in Nutzungsklasse 2

Bemessungswerte der längenbezogenen Tragfähigkeiten $f_{v,0,d}$ in [N/mm] von beidseitig mit fermacell Gipsfaser beplankten Wandtafeln ¹⁾ in der Nutzungsklasse 2									
Plattendicke $t = 10$ mm				VM ²⁾	Plattendicke $t = 12,5$ mm				
6,2	9,3	12,3	12,3	Klammer $d = 1,8$ mm	16,2	14,8	11,1	7,4	
4,5	6,7	9,0	12,3	Klammer $d = 1,53$ mm	13,9	9,3	7,0	4,6	
4,3	6,4	8,6	12,3	Nagel $d = 2,8$ mm	14,9	9,9	7,5	5,0	
3,9	5,8	7,7	11,6	Nagel $d = 2,5$ mm	13,7	9,1	6,8	4,6	
3,3	5,0	6,7	10,0	Nagel $d = 2,2$ mm	12,2	8,1	6,1	4,1	
150 [mm]	100 [mm]	75 [mm]	50 [mm]	S ³⁾	50 [mm]	75 [mm]	100 [mm]	150 [mm]	
4,6	6,9	9,2	13,8	Nagel $d = 2,2$ mm	14,2	9,5	7,1	4,7	
5,6	8,4	11,2	16,9	Nagel $d = 2,5$ mm	17,3	11,5	8,6	5,8	
5,9	8,8	11,7	17,6	Nagel $d = 2,8$ mm	20,2	13,4	10,1	6,7	
5,7	8,6	11,5	17,2	Klammer $d = 1,53$ mm	17,5	11,7	8,8	5,8	
7,4	11,2	14,9	19,4	Klammer $d = 1,8$ mm	22,3	15,5	11,6	7,7	
Plattendicke $t = 15$ mm				VM ²⁾	Plattendicke $t \geq 18$ mm				

¹⁾Rippenabstand $b_r = 62,5$ cm; ²⁾VM: Verbindungsmittel; ³⁾s: Abstand der Befestigungsmittel untereinander

Ergänzende Erläuterungen zu den Tabellen 6 und 7:

- | |
|--|
| |
| |
| |
- Nachweis der Verbindungsmitteltragfähigkeit wird bemessungsrelevant
 - Nachweis der Zugfestigkeit der Beplankung wird bemessungsrelevant
 - Beulnachweis der Beplankung wird bemessungsrelevant
- Die in den Tabellen angegebenen Tragfähigkeiten gelten für Verbindungen mit Nadelholz mindestens der Festigkeitsklasse C24 und für Plattenmaterialien mit scharfkantigem Plattenrand

5.2 Asymmetrischer Wandaufbau

Werden für die beidseitig beplankte Wandtafel unterschiedliche Beplankungsmaterialien, Beplankungsdicken, Verbindungsmittel, Verbindungsmitteldurchmesser oder Verbindungs-

mittelabstände verwendet, ist nach DIN EN 1995-1-1 die „schwächere“ Seite mit einer reduzierten Tragfähigkeit in der Berechnung anzusetzen. Diese vereinfachte Regelung basiert auf der Annahme eines linear-elastischen Tragverhaltens, welches mögliche Kraftumlagerungen durch örtliches Plastizieren der Verbindungsmittel des Verbundes nicht berücksichtigt. Des Weiteren findet in der vorgegebenen Reduzierung der Tragfähigkeit ein mögliches sprödes Plattenversagen von einer der beiden Beplankungen unter Berücksichtigung vorhandener Steifigkeiten keine ausreichende Beachtung.

Abweichend zu den Regelungen des EC5 wurde in der nachfolgenden Bestimmung der Beanspruchbarkeiten von beidseitig beplankten Wandtafeln, bestehend aus **fermacell** Gipsfaserplatten auf der Innenseite und Leichtbetonplatten **fermacell** Powerpanel HD auf der Außenseite, das unterschiedliche Tragverhalten der jeweiligen Beplankungen im Zusammenwirken differenzierter betrachtet. Die Steifigkeit des Verbundes wurde dabei auf die Betrachtung des Verschiebungsmoduls $K_{ser,i}$ der einzelnen Verbindung und den Verbindungsmittelabstand s_i untereinander reduziert und der Anteil aus der Schubverformung der Beplankungen an der Gesamtsteifigkeit wurde vernachlässigt. Des Weiteren wird vorausgesetzt, dass die Beplankungen gleichen Lagerungsbedingungen durch die Rippen unterliegen.

Zur Bestimmung der Gesamttragfähigkeit sind die maßgebenden Versagensfälle der einzelnen Beplankungen

- Versagen des Verbundes von Beplankung und Rippen
- Versagen des Plattenmaterials (Materialbruch / Beulen)

und das damit verbundene Tragverhalten zu unterscheiden. Wird das Versagen des Verbundes für die Beplankung maßgebend, kann das Tragverhalten als duktil (ductile) und beim Versagen des Plattenmaterials als spröde (brittle) bezeichnet werden.

5.2.1 Kombination von duktilem Tragverhalten

Ein duktiles Tragverhalten kann für die gesamte Wandtafel angenommen werden, wenn für beide Beplankungen unter Annahme des Beiwertes $k_{v,2} = 0,5$ der Nachweis des Verbundes maßgebend wird. Nach der Traglasttheorie sind dann Kraftumlagerungen möglich, die zu einem Tragen beider Beplankungen nicht entsprechend ihrer Steifigkeiten, sondern entsprechend ihrer Tragfähigkeiten führt. Zur Aktivierung der vollen Tragfähigkeit der Beplankung mit geringerer Steifigkeit ist dafür ein ausreichendes Verformungsvermögen im plastischen Bereich der steiferen Beplankung erforderlich. Da darüber keine Erkenntnisse vorliegen, wird zur Bestimmung der Gesamttragfähigkeit der Wandtafel die anteilige Beanspruchbarkeit der „weicheren“ Beplankung nur mit 75 % in Rechnung gestellt.

Unter der Voraussetzung, dass

$$\frac{K_{ser,1}}{K_{ser,2}} \cdot \frac{s_2}{s_1} \geq 1,0$$

ist, kann die Tragfähigkeit der beidseitig beplankten Wandtafel nach der Gleichung

$$f_{v,0,d,beidseitig} = f_{v,0,d,1,einseitig,duc} + 0,75 \cdot f_{v,0,d,2,einseitig,duc}$$



berechnet werden.

Bemessungsbeispiel 1:

Beplankung innen:

fermacell Gipsfaser, $t = 12,5$ mm, Verbindungsmittel Nagel $d = 2,5$ mm, $s_1 = 150$ mm, NKL 1,

$$K_{ser,1} = 600 \text{ N/mm}, f_{v,0,d,1,duc} = 2,7 \text{ N/mm (s. Tabelle 2);}$$

Beplankung außen:

fermacell Powerpanel HD, $t = 15$ mm, Verbindungsmittel Nagel $d = 2,5$ mm, $s_2 = 150$ mm,

$$\text{NKL 2, } K_{ser,2} = 360 \text{ N/mm}, f_{v,0,d,2,duc} = 2,4 \text{ N/mm (s. Tabelle 5);}$$

$$\Rightarrow f_{v,0,d,beidseitig} = f_{v,0,d,1,einseitig,duc} + 0,75 \cdot f_{v,0,d,2,einseitig,duc} = 2,7 + 0,75 \cdot 2,4 = 4,5 \text{ N/mm.}$$

5.2.2 Kombination von sprödem und duktilem Tragverhalten

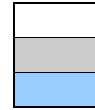
In der Kombination unterschiedlicher Beplankungswerkstoffe mit unterschiedlichem Tragverhalten versagt die Wandtafel spröde, wenn eine Beplankungsseite spröde versagt und die Gesamttragfähigkeit beider Beplankungen größer ist, als die Tragfähigkeit einer Beplankungsseite mit duktilem Tragverhalten. Bis zum Versagen wird angenommen, dass die Beplankungen gemeinsam in Abhängigkeit ihrer Steifigkeiten unter Annahme eines linear-elastischen Verhaltens tragen.

Für die Gesamtbetrachtung ist auf Grundlage der vorhandenen rechnerischen Werte der Steifigkeiten und Tragfähigkeiten zu untersuchen, ob die Fließverschiebung (Übergang vom elastischen in den plastischen Verformungsbereich der Verbindung) der Beplankung mit duktilem Tragverhalten kleiner oder größer ist, als der Verschiebungsweg bei Bruch der spröde versagenden Beplankung. Ist die Fließverschiebung geringer, tritt das spröde Versagen der anderen Beplankung erst nach weiterer Verformung der duktilen Beplankung durch Plastizieren der Verbindungsmittel des Verbundes ein, so dass die Gesamttragfähigkeit der Summe der Tragfähigkeiten der einzelnen Beplankungen entspricht. Wie bereits für die Kombination von Beplankungen mit duktilem Tragverhalten erläutert, liegen über das dafür erforderliche Verformungsvermögen im plastischen Bereich keine Erkenntnisse vor. Die Gesamttragfähigkeit bestimmt sich daher rechnerisch, wenn die Bedingung

$$f_{v,0,d,1,einseitig,duc} \leq \frac{K_{ser,1}}{K_{ser,2}} \cdot \frac{s_2}{s_1} \cdot f_{v,0,d,2,einseitig,brit}$$

eingehalten ist, unter Berücksichtigung einer um 25 % reduzierten Tragfähigkeit der spröde versagenden Beplankung mit der Gleichung

$$f_{v,0,d,beidseitig} = f_{v,0,d,1,einseitig,duc} + 0,75 \cdot f_{v,0,d,2,einseitig,brit}$$



Bemessungsbeispiel 2:

Beplankung innen:

fermacell Gipsfaser, $t = 12,5$ mm, Verbindungsmittel Nagel $d = 2,5$ mm, $s_1 = 100$ mm, NKL 1,

$$K_{ser,1} = 600 \text{ N/mm}, f_{v,0,d,1,einseitig,duc} = 4,0 \text{ N/mm} \text{ (s. Tabelle 2);}$$

Beplankung außen:

fermacell Powerpanel HD, $t = 15$ mm, Verbindungsmittel Nagel $d = 2,5$ mm, $s_2 = 100$ mm,

$$\text{NKL 2, } K_{ser,2} = 360 \text{ N/mm}, f_{v,0,d,2,einseitig,brit} = (0,5/0,33) \cdot 2,0 \text{ N/mm (s. Tabelle 5);}$$

$$\text{mit: } 4,0 \text{ N/mm} \leq \frac{600 \text{ N/mm}}{360 \text{ N/mm}} \cdot \frac{100 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \cdot 3,1 \text{ N/mm} = 5,2 \text{ N/mm}$$

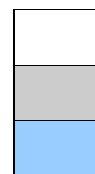
$$\Rightarrow f_{v,0,d,beidseitig} = f_{v,0,d,1,einseitig,duc} + 0,75 \cdot f_{v,0,d,2,einseitig,brit} = 4,0 + 0,75 \cdot 3,1 = 6,3 \text{ N/mm.}$$

Wenn die Fließverschiebung größer ist, als der Verschiebungsweg der spröde versagenden Beplankung, ist auch

$$f_{v,0,d,1,einseitig,duc} > \frac{K_{ser,1}}{K_{ser,2}} \cdot \frac{s_2}{s_1} \cdot f_{v,0,d,2,einseitig,brit}$$

Die beiden Beplankungen tragen dann gemeinsam in Abhängigkeit ihrer Steifigkeiten. Ist die danach bestimmte Gesamttragfähigkeit geringer als die Tragfähigkeit der Beplankung mit duktilem Tragverhalten, wird davon ausgegangen, dass nach Ausfall der spröde versagenden Beplankung eine schadlose Lastübertragung auf die verbleibende Beplankung stattfinden kann, so dass für die Gesamttragfähigkeit mindestens die Tragfähigkeit der einseitigen Beplankung nach Gleichung

$$f_{v,0,d,beidseitig} = \max \left\{ \begin{array}{l} f_{v,0,d,2,einseitig,brit} \cdot \left(1 + \frac{K_{ser,1}}{K_{ser,2}} \cdot \frac{s_2}{s_1} \right) \\ f_{v,0,d,1,einseitig} \end{array} \right.$$



maßgebend wird.

Bemessungsbeispiel 3:

Beplankung innen:

fermacell Gipsfaser, $t = 12,5$ mm, Verbindungsmittel Klammer $d = 1,53$ mm, $s_1 = 75$ mm,

$$\text{NKL 1, } K_{ser,1} = 300 \text{ N/mm}, f_{v,0,d,1,einseitig,duc} = 6,5 \text{ N/mm (s. Tabelle 2);}$$

Beplankung außen:

fermacell Powerpanel HD, $t = 15$ mm, Verbindungsmittel Klammer $d = 1,53$ mm, $s_2 = 75$ mm,

$$\text{NKL 2, } K_{ser,2} = 420 \text{ N/mm}, f_{v,0,d,2,einseitig,brit} = (0,5/0,33) \cdot 2,0 \text{ N/mm (s. Tabelle 5);}$$

$$\text{mit: } 6,5 \text{ N/mm} > \frac{300 \text{ N/mm}}{420 \text{ N/mm}} \cdot \frac{75 \text{ mm}}{75 \text{ mm}} \cdot 3,1 \text{ N/mm} = 2,2 \text{ N/mm}$$

$$\Rightarrow f_{v,0,d,\text{beidseitig}} = \max. \begin{cases} 3,1 \text{ N/mm} \cdot \left(1 + \frac{300 \text{ N/mm}}{420 \text{ N/mm}} \cdot \frac{75 \text{ mm}}{75 \text{ mm}} \right) = 5,3 \text{ N/mm} \\ f_{v,0,d,1,\text{einseitig,duc}} = \underline{\underline{6,5 \text{ N/mm}}} \end{cases}$$

Bemessungsbeispiel 4:

Beplankung innen:

fermacell Gipsfaser, $t = 12,5 \text{ mm}$, Verbindungsmittelart Nagel $d = 2,5 \text{ mm}$, $s_1 = 75 \text{ mm}$, NKL 1,

$$K_{\text{ser},1} = 600 \text{ N/mm}, f_{v,0,d,1,\text{einseitig,duc}} = 5,3 \text{ N/mm} \text{ (s. Tabelle 2);}$$

Beplankung außen:

fermacell Powerpanel HD, $t = 15 \text{ mm}$, Verbindungsmittelart Nagel $d = 2,5 \text{ mm}$, $s_2 = 75 \text{ mm}$,

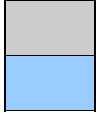
$$\text{NKL 2, } K_{\text{ser},2} = 360 \text{ N/mm}, f_{v,0,d,2,\text{einseitig,brit}} = (0,5/0,33) \cdot 2,0 \text{ N/mm} \text{ (s. Tabelle 5);}$$

$$\text{mit: } 5,3 \text{ N/mm} > \frac{600 \text{ N/mm}}{360 \text{ N/mm}} \cdot \frac{75 \text{ mm}}{75 \text{ mm}} \cdot 3,1 \text{ N/mm} = 5,2 \text{ N/mm}$$

$$\Rightarrow f_{v,0,d,\text{beidseitig}} = \max. \begin{cases} 3,1 \text{ N/mm} \cdot \left(1 + \frac{600 \text{ N/mm}}{360 \text{ N/mm}} \cdot \frac{75 \text{ mm}}{75 \text{ mm}} \right) = 8,3 \text{ N/mm} \\ f_{v,0,d,1,\text{einseitig}} = \underline{\underline{5,3 \text{ N/mm}}} \end{cases}$$

5.2.3 Kombination von sprödem Tragverhalten

Wird bei beiden Beplankungsseiten der Nachweis des Plattenversagens maßgebend, ist die Gesamttragfähigkeit nach Gleichung

$$f_{v,0,d,\text{beidseitig}} = \max. \begin{cases} \min. \begin{cases} f_{v,0,d,1,\text{einseitig,brit}} \cdot \left(1 + \frac{K_{\text{ser},2}}{K_{\text{ser},1}} \cdot \frac{s_1}{s_2} \right) \\ f_{v,0,d,2,\text{einseitig,brit}} \cdot \left(1 + \frac{K_{\text{ser},1}}{K_{\text{ser},2}} \cdot \frac{s_2}{s_1} \right) \end{cases} \\ f_{v,0,d,1,\text{einseitig,brit}} \\ f_{v,0,d,2,\text{einseitig,brit}} \end{cases}$$


zu bestimmen, wobei für die Gesamttragfähigkeit wie zuvor für die Kombination von duktilem und sprödem Tragverhalten beschrieben, mindestens die Tragfähigkeit der einseitigen Beplankung ($f_{v,0,d,1,\text{einseitig,brit}}$ oder $f_{v,0,d,2,\text{einseitig,brit}}$) unter Annahme von $k_{v,2} = 0,33$ maßgebend wird.

Bemessungsbeispiel 5:

Beplankung innen:

fermacell Gipsfaser, $t = 12,5 \text{ mm}$, Verbindungsmittelart Klammer $d = 1,8 \text{ mm}$, $s_1 = 50 \text{ mm}$, NKL 1,

$$K_{\text{ser},1} = 340 \text{ N/mm}, f_{v,0,d,1,\text{einseitig,brit}} = (0,5/0,33) \cdot 7,2 \text{ N/mm} = 10,9 \text{ N/mm} \text{ (s. Tabelle 2);}$$

Beplankung außen:

fermacell Powerpanel HD, $t = 15 \text{ mm}$, Verbindungsmittelart Klammer $d = 1,8 \text{ mm}$, $s_2 = 50 \text{ mm}$, NKL 2,

$$K_{\text{ser},2} = 480 \text{ N/mm}, f_{v,0,d,2,\text{einseitig,brit}} = (0,5/0,33) \cdot 2,0 \text{ N/mm (s. Tabelle 5);}$$

$$\Rightarrow f_{v,0,d,\text{beidseitig}} = \max. \left\{ \begin{array}{l} \min. \left\{ \begin{array}{l} 10,9 \text{ N/mm} \cdot \left(1 + \frac{480 \text{ N/mm} \cdot 50 \text{ mm}}{340 \text{ N/mm} \cdot 50 \text{ mm}} \right) = 26,3 \text{ N/mm} \\ 3,1 \text{ N/mm} \cdot \left(1 + \frac{340 \text{ N/mm} \cdot 50 \text{ mm}}{480 \text{ N/mm} \cdot 50 \text{ mm}} \right) = \underline{5,3 \text{ N/mm}} \end{array} \right. \\ f_{v,0,d,1,\text{einseitig,brit}} = \underline{7,2 \text{ N/mm}} \\ f_{v,0,d,2,\text{einseitig,brit}} = 3,1 \text{ N/mm} \end{array} \right.$$

In den Gleichungen bedeuten:

- $f_{v,0,d,i,\text{einseitig,brit}}$ Bemessungswert der längenbezogenen Schubfestigkeit einer Beplankungsseite ($i = 1,2$) mit maßgebendem spröden Plattenversagen,
 $f_{v,0,d,i,\text{einseitig,duc}}$ Bemessungswert der längenbezogenen Schubfestigkeit einer Beplankungsseite ($i = 1,2$) mit maßgebendem duktilem Versagen des Verbundes,
 $f_{v,0,d,\text{beidseitig}}$ Bemessungswert der längenbezogenen Schubfestigkeit beider Beplankungsseiten,
 $K_{\text{ser},i}$ Rechenwert für den Verschiebungsmodul eines Verbindungsmittels des ausgeführten Verbundes einer Beplankungsseite ($i = 1,2$),
 s_i Abstand der Verbindungsmittel untereinander einer Beplankungsseite ($i = 1,2$).

In den Tabellen 8 und 9 sind die nach oben genannten Gleichungen bestimmten Tragfähigkeiten beidseitig beplankter Wandtafeln mit asymmetrischem Konstruktionsaufbau zusammengestellt. Kombiniert wurden **fermacell** Gipsfaserplatten auf der Innenseite in der Nutzungsklasse 1 mit Leichtbetonplatten **fermacell** Powerpanel HD auf der Außenseite in Abhängigkeit des vorhandenen Wetterschutzsystems für die Nutzungsklassen 1,2 und 3. Die aufgeführten Tragfähigkeiten setzen voraus, dass der Verbund beider Beplankungen auf Innen- und Außenseite mit den gleichen Verbindungsmitteln, Verbindungsmitteldurchmessern und Verbindungsmittlabständen ausgeführt wird. Des Weiteren gelten die Werte für Verbindungen mit Nadelholz mindestens der Festigkeitsklasse C24 und für Plattenmaterialien mit scharfkantigem Plattenrand.

Tabelle 8: Bemessungswerte von beidseitig beplankten Wandtafeln mit asymmetrischem Aufbau in der Kombination Innenseite Nutzungsklasse 1, Außenseite Nutzungsklasse 1 oder 2

Bemessungswerte der längenbezogenen Tragfähigkeiten $f_{v,0,d}$ in [N/mm] von <u>beidseitig beplankten Wandtafeln¹⁾</u> bestehend aus fermacell Gipsfaser und fermacell Powerpanel HD									
Gipsfaser t = 10 mm, NKL 1 Powerpanel HD, NKL 1+2				VM ²⁾	Gipsfaser t = 12,5 mm, NKL 1 Powerpanel HD, NKL 1+2				
5,3	5,4	5,5	5,5	Klammer d = 1,8 mm	7,2	7,2	6,5	5,3	
4,9	5,3	5,5	5,5	Klammer d = 1,53 mm	7,2	6,5	5,3	5,0	
4,6	6,0	7,3	8,3	Nagel d = 2,8 mm	8,3	8,3	6,6	5,0	
4,0	5,7	6,8	8,3	Nagel d = 2,5 mm	8,3	8,3	6,3	4,5	
3,5	5,2	6,2	8,3	Nagel d = 2,2 mm	8,3	7,0	5,8	4,0	
150 [mm]	100 [mm]	75 [mm]	50 [mm]	S ³⁾	50 [mm]	75 [mm]	100 [mm]	150 [mm]	
4,3	6,3	8,3	8,3	Nagel d = 2,2 mm	8,3	8,3	6,4	4,4	
5,1	7,2	8,3	8,7	Nagel d = 2,5 mm	10,0	8,3	7,3	5,2	
5,5	7,4	8,3	8,7	Nagel d = 2,8 mm	10,0	8,3	8,3	6,0	
5,0	5,3	6,7	8,7	Klammer d = 1,53 mm	10,0	6,8	5,3	5,1	
5,3	6,5	8,7	8,7	Klammer d = 1,8 mm	10,0	9,0	6,8	5,3	
Gipsfaser t = 15 mm, NKL 1 Powerpanel HD, NKL 1+2				VM ²⁾	Gipsfaser t = 18 mm, NKL 1 Powerpanel HD, NKL 1+2				

¹⁾Rippenabstand $b_r = 62,5$ cm; ²⁾VM: Verbindungsmittel; ³⁾s: Abstand der Befestigungsmittel untereinander

Tabelle 9: Bemessungswerte von beidseitig beplankten Wandtafeln mit asymmetrischem Aufbau in der Kombination Innenseite Nutzungsklasse 1, Außenseite Nutzungsklasse 3

Bemessungswerte der längenbezogenen Tragfähigkeiten $f_{v,0,d}$ in [N/mm] von beidseitig beplankten Wandtafeln ¹⁾ bestehend aus fermacell Gipsfaser und fermacell Powerpanel HD									
Gipsfaser t = 10 mm, NKL 1 Powerpanel HD, NKL 3				VM ²⁾	Gipsfaser t = 12,5 mm, NKL 1 Powerpanel HD, NKL 3				
4,2	5,4	5,5	5,5	Klammer d = 1,8 mm	7,2	7,2	6,5	4,3	
4,4	4,8	5,5	5,5	Klammer d = 1,53 mm	7,2	6,5	4,9	4,5	
4,2	5,5	6,5	6,5	Nagel d = 2,8 mm	7,2	6,5	6,5	4,6	
3,7	5,2	6,5	6,5	Nagel d = 2,5 mm	7,2	6,5	5,8	4,2	
3,1	4,7	5,7	6,5	Nagel d = 2,2 mm	7,1	6,5	5,3	3,6	
150 [mm]	100 [mm]	75 [mm]	50 [mm]	S ³⁾	50 [mm]	75 [mm]	100 [mm]	150 [mm]	
3,9	5,8	6,5	8,1	Nagel d = 2,2 mm	8,3	6,5	5,9	4,0	
4,8	6,5	6,5	8,7	Nagel d = 2,5 mm	10,0	6,7	6,5	4,9	
5,1	6,5	6,8	8,7	Nagel d = 2,8 mm	10,0	7,8	6,5	5,6	
4,5	5,0	6,7	8,7	Klammer d = 1,53 mm	10,0	6,8	5,1	4,6	
4,3	6,5	8,7	8,7	Klammer d = 1,8 mm	10,0	9,0	6,8	4,5	
Gipsfaser t = 15 mm, NKL 1 Powerpanel HD, NKL 3				VM ²⁾	Gipsfaser t = 18 mm, NKL 1 Powerpanel HD, NKL 3				

¹⁾Rippenabstand $b_r = 62,5$ cm; ²⁾VM: Verbindungsmittel; ³⁾s: Abstand der Befestigungsmittel untereinander

Ergänzende Erläuterungen zu den Tabellen 8 und 9:

- Tragfähigkeit der einseitig mit Gipsfaser beplankten Wandtafel wird maßgebend
- Beide Beplankungen tragen gemeinsam in Abhängigkeit ihrer Steifigkeiten
- Beide Beplankungen tragen gemeinsam in Höhe ihrer Tragfähigkeiten unter Annahme einer Reduzierung der Tragfähigkeit einer Beplankungsseite um 25%

6 Bemessungssituationen bei Erdbeben

6.1 Allgemeines

Die Bemessung und Ausführung von Holzbauten in deutschen Erdbebengebieten ist in der DIN 4149:2005-04 unter Beachtung der ergänzenden Angaben zu dieser Norm in Teil 1 der in den Bundesländern bekannt gemachten Liste der technischen Baubestimmungen geregelt. Danach dürfen Plattenwerkstoffe auf Gipsbasis für die bauliche Durchbildung bei Duktilitätsklassen 2 und 3 nur zu 10 % an der Ableitung von seismischen Einwirkungen beteiligt und nur in Kombination mit Beplankungsmaterialien nach Abschnitt 10.3 (2) der DIN 4149 verwendet werden.

Nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-9.1-434 vom 19.9.2013 ist die Anwendung der **fermacell** Gipsfaserplatten als alleiniges Beplankungsmaterial von seismisch beanspruchten Wänden in Holztafelbauart möglich. Ein gemeinsames Tragverhalten in Kombination mit Leichtbetonplatten **fermacell** Powerpanel HD kann jedoch nicht in Rechnung gestellt werden. Die Zulassung berücksichtigt nur die dissipativen Eigenschaften der mit Gipsfaserplatten beplankten Holztafeln, resultierend aus dem Verbund der Gipsfaserplatten mit den Rippen durch mechanische Verbindungsmittel, und stuft zur Festlegung des Verhaltensbeiwertes q diese Konstruktionen in die Duktilitätsklasse 2 ein.

Zur Sicherstellung dieser günstig wirkenden dissipativen Eigenschaften fordert die Zulassung ein duktileres Tragverhalten der Wandkonstruktionen. Dazu sind in Abschnitt 3.2 der Zulassung Z-9.1-434 Bedingungen aufgeführt, die bei der Planung und Ausführung der Konstruktionen zu beachten sind.

6.2 Nachweisverfahren

Die Bemessung der Beanspruchbarkeit von Wandtafeln unter seismischen Einwirkungen erfolgt ebenfalls nach dem Schubfeldverfahren der DIN EN 1995-1-1. Im Gegensatz zu dem im Abschnitt 3 dieser Erläuterungen beschriebenen Verfahren, muss nachgewiesen werden, dass

$$k_{v1} \cdot F_{v,RK} / s \leq \min \begin{cases} k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot f_{t,k} \cdot t \\ k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot f_{v,k} \cdot 35 \cdot t^2 / b_r \end{cases}$$

Ein sprödes Versagen der Konstruktion infolge Überschreitung der Zugfestigkeit des Plattenmaterials oder ein Versagen durch Plattenbeulen darf demnach für die Beanspruchbarkeit nicht maßgebend werden. Zusätzlich wird eine hohe Duktilität des Verbundes dadurch gefordert, dass eine Kombination aus Verbindungsmitteldurchmesser, Plattendicke und Einschlagtiefe in das Holz gewählt werden muss, bei der nach der Johansen-Theorie der Versagensfall 6 mit Ausbildung von zwei Fließgelenken im Verbindungsmittel eintritt.

Bei Anwendung des in der Zulassung angegebenen vereinfachten Verfahrens für Rippenquerschnitte der Festigkeitsklasse C24 ist durch Einhaltung der vorgegebenen Randbedingungen

- Mindestdicke der Beplankung $t_{1,req} \geq 12,5$ mm
- Verhältnis von Plattendicke t und Durchmesser der Verbindungsmittel $t \geq 7 \cdot d$
- Befestigung von Platten mit $t = 12,5$ mm nur mit Klammern

bereits sichergestellt, dass der Versagensfall 6 bemessungsrelevant wird. Davon abweichende Konstruktionen sind nach Abschnitt 3.2.3.2 der Zulassung möglich, wenn rechnerisch nachgewiesen ist, dass die Gleichung (8.6f) der DIN EN 1995-1-1 maßgebend wird. Die Beanspruchbarkeit des Verbundes $F_{v,Rk}$ ist dann mit der Johansen-Gleichung

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

ohne Berücksichtigung eines Anteils aus der Seilwirkung zu bestimmen. Entsprechend der Bemessung für die statische Beanspruchbarkeit in Abschnitt 3 dieser Erläuterungen wurden die erforderlichen Festigkeits- und Konstruktionsbeiwerte der europäischen Zulassung ETA-03/0050, der DIN EN 1995-1-1:2010-12 unter Berücksichtigung der Änderungen in DIN EN 1995-1-1/A2:2014-07 und dem nationalen Anhang entnommen. Abweichend wurde der Teilsicherheitsbeiwert für die Verbindung nach der nationalen Zulassung Z-9.1-434 mit $\gamma_M = 1,0$ berücksichtigt. Die k_{mod} -Werte wurden entsprechend der Regelungen in DIN 4149 für die Lasteinwirkungsdauer „sehr kurz“ angenommen.

In den Bemessungstabellen wurden Plattendicken und Verbindungsmitteldurchmesser, die oben genannte Randbedingungen nicht erfüllen, bereits berücksichtigt. Zu aufgeführten Parameterkombinationen, bei denen der Nachweis des Verbundes rechnerisch nicht maßgebend wird, sind keine Bemessungswerte angegeben. Diese Parameterkombinationen sind nach der nationalen Zulassung nicht anwendbar bzw. dürfen bei seismischen Einwirkungen nicht ausgeführt werden.

Voraussetzung zur Sicherstellung der rechnerisch ermittelten Tragfähigkeiten des Verbundes ist die Einhaltung des in der nationalen Zulassung unter Abschnitt 3.2.3.1 vorgegebenen Abstandes für Klammern und Nägel parallel zum Plattenrand von $a_{4,c} = 10 \cdot d$ an der Fußrippe, sowie $a_{4,c} = 7 \cdot d$ an allen weiteren Rippen der Wandtafel. Die Abstände der Nägel zum Holz müssen nach Tabelle 8.2 der DIN EN 1995-1-1:2010-12 mindestens $a_{4,c} = 5 \cdot d$ bzw. für Klammern nach Tabelle 8.3 mindestens $a_{4,c} = 10 \cdot d$ betragen.

Die Einschlagtiefe t_{pen} der Verbindungsmittel ist derart zu wählen, dass infolge des Einhängeneffektes wirkende axiale Beanspruchungen des Verbindungsmittels zu keinem

spröden Versagen durch Kopfdurchziehen sondern zu einem duktilen Versagen durch Herausziehen des Verbindungsmittels aus dem Holz führen. Des Weiteren sind Nachweise des zug- und druckfesten Anschlusses der seitlichen Randrippen an die Unterkonstruktion, sowie der horizontalen und vertikalen Lagerung der Fuß- und Kopfripen unter Beachtung der Anforderungen in der Zulassung durch einen erfahrenen Tragwerksplaner zu führen.

6.3 Bemessungstabellen seismisch beanspruchter Wandtafeln

In den Tabellen 10 bis 13 sind für einseitig und beidseitig beplankte Wandtafeln bestehend aus **fermacell** Gipsfaserplatten nach den Regelungen der nationalen Zulassung Z-9.1-434 unter Beachtung des EC 5 und DIN 4149 in Abhängigkeit von Nutzungsklasse, Beplankungsdicke t , Verbindungsmitteldurchmesser d und Verbindungsmittelabstand s die Beanspruchbarkeiten bei seismischen Einwirkungen aufgeführt. Der Rippenabstand wurde dabei mit $b_r = 62,5$ cm angenommen. Die angegebenen Werte für beidseitig beplankte Wandtafeln setzen einen symmetrischen Konstruktionsaufbau voraus. Für alle in den Tabellen aufgeführten Parameterkombinationen wird unter Annahme der geforderten Mindesteinschlagtiefe rechnerisch die Gleichung (8.6f) der DIN EN 1995-1-1 bemessungsrelevant. Dies entspricht dem geforderten Versagensfall 6 nach der Johansen-Theorie mit Ausbildung von zwei Fließgelenken im Verbindungsmittel.

Tabelle 10: Bemessungswerte von einseitig mit **fermacell** Gipsfaser beplankten Wandtafeln unter seismischen Einwirkungen in Nutzungsklasse 1

Bemessungswerte der längenbezogenen Tragfähigkeiten $f_{v,0,d}$ in [N/mm] von einseitig mit fermacell Gipsfaser beplankten Wandtafeln ¹⁾ unter seismischen Einwirkungen in der Nutzungsklasse 1									
Nagel $d = 2,2$ mm				$t^{2)}$	Nagel $d = 2,5$ mm				
3,2	4,8	6,3	9,5	15 mm	12,0	7,8	5,8	3,9	
3,3	4,9	6,5	9,8	18 mm	11,6	8,0	6,0	4,0	
150 [mm]	100 [mm]	75 [mm]	50 [mm]	$s^{3)}$	50 [mm]	75 [mm]	100 [mm]	150 [mm]	
3,6	5,4	7,2	10,9	18 mm	14,6	9,7	7,3	4,9	
3,5	5,3	7,1	10,6	15 mm	X	9,5	7,1	4,7	
3,4	5,2	6,9	10,3	12,5 mm	X	9,2	6,9	4,6	
Klammer $d = 1,53$ mm				$t^{2)}$	Klammer $d = 1,8$ mm				

¹⁾Rippenabstand $b_r = 62,5$ cm; ²⁾ t : Plattenenddicke; ³⁾ s : Abstand der Befestigungsmittel untereinander

Tabelle 11: Bemessungswerte von einseitig mit **fermacell** Gipsfaser beplankten Wandtafeln unter seismischen Einwirkungen in Nutzungsklasse 2

Bemessungswerte der längenbezogenen Tragfähigkeiten $f_{v,0,d}$ in [N/mm] von einseitig mit fermacell Gipsfaser beplankten Wandtafeln ¹⁾ unter seismischen Einwirkungen in der Nutzungsklasse 2									
Nagel d = 2,2 mm				t ²⁾	Nagel d = 2,5 mm				
2,7	4,1	5,4	8,1	15 mm	10,0	6,6	5,0	3,3	
2,8	2,0	5,6	8,3	18 mm	10,2	6,8	5,1	3,4	
150 [mm]	100 [mm]	75 [mm]	50 [mm]	s ³⁾	50 [mm]	75 [mm]	100 [mm]	150 [mm]	
3,1	4,6	6,2	9,3	18 mm	12,4	8,3	6,2	4,1	
3,0	4,5	6,1	9,1	15 mm		8,1	6,1	4,0	
2,9	4,4	5,9	8,8	12,5 mm		7,9	5,9	3,9	
Klammer d = 1,53 mm				t ²⁾	Klammer d = 1,8 mm				

¹⁾Rippenabstand $b_r = 62,5$ cm; ²⁾t: Plattenenddicke; ³⁾s: Abstand der Befestigungsmittel untereinander

Tabelle 12: Bemessungswerte von beidseitig mit **fermacell** Gipsfaser beplankten Wandtafeln mit symmetrischem Aufbau unter seismischen Einwirkungen in Nutzungsklasse 1

Bemessungswerte der längenbezogenen Tragfähigkeiten $f_{v,0,d}$ in [N/mm] von beidseitig mit fermacell Gipsfaser beplankten Wandtafeln ¹⁾ unter seismischen Einwirkungen in der Nutzungsklasse 1									
Nagel d = 2,2 mm				t ²⁾	Nagel d = 2,5 mm				
6,3	9,5	12,7	19,0	15 mm	23,3	15,5	11,6	7,8	
6,5	9,8	13,0	19,5	18 mm	23,9	15,9	12,0	8,0	
150 [mm]	100 [mm]	75 [mm]	50 [mm]	s ³⁾	50 [mm]	75 [mm]	100 [mm]	150 [mm]	
7,2	10,9	14,5	21,7	18 mm	29,1	19,4	14,6	9,7	
7,1	10,6	14,2	21,2	15 mm	28,4	18,9	14,2	9,5	
6,9	10,3	13,8	20,7	12,5 mm	27,7	18,4	13,8	9,2	
Klammer d = 1,53 mm				t ²⁾	Klammer d = 1,8 mm				

¹⁾Rippenabstand $b_r = 62,5$ cm; ²⁾t: Plattenenddicke; ³⁾s: Abstand der Befestigungsmittel untereinander

Tabelle 13: Bemessungswerte von beidseitig mit **fermacell** Gipsfaser beplankten Wandtafeln mit symmetrischem Aufbau unter seismischen Einwirkungen in Nutzungsklasse 2

Bemessungswerte der längenbezogenen Tragfähigkeiten $f_{v,0,d}$ in [N/mm] von beidseitig mit fermacell Gipsfaser beplankten Wandtafeln ¹⁾ unter seismischen Einwirkungen in der Nutzungsklasse 2									
Nagel d = 2,2 mm				t ²⁾	Nagel d = 2,5 mm				
5,4	8,1	10,8	16,3	15 mm	19,9	13,3	10,0	6,6	
5,6	8,3	11,1	16,7	18 mm	20,4	13,6	10,2	6,8	
150 [mm]	100 [mm]	75 [mm]	50 [mm]	s ³⁾	50 [mm]	75 [mm]	100 [mm]	150 [mm]	
6,2	9,3	4,0	18,6	18 mm	24,9	16,6	12,4	8,3	
6,1	9,1	12,1	18,2	15 mm	24,3	16,2	12,1	8,1	
5,9	8,8	11,8	17,7	12,5 mm	23,6	15,8	11,8	7,9	
Klammer d = 1,53 mm				t ²⁾	Klammer d = 1,8 mm				

¹⁾Rippenabstand b_r = 62,5 cm; ²⁾t: Plattennendicke; ³⁾s: Abstand der Befestigungsmittel untereinander

Ergänzende Erläuterungen zu den Tabellen 10 bis 13:



-  - Nachweis der Verbindungsmitteltragfähigkeit wird bemessungsrelevant
-  - Nachweis der Zugfestigkeit der Beplankung wird bemessungsrelevant, Anwendung dieser Parameterkombination ist nach Zulassung Z 9.1-434 nicht möglich
- Die in den Tabellen angegebenen Tragfähigkeiten gelten für Verbindungen mit Nadelholz mindestens der Festigkeitsklasse C24 und für Plattenmaterialien mit scharfkantigem Plattenrand

Tabelle 14: Mögliche Einschlagtiefen $t_{pen,min}$ und $t_{pen,max}$ zur Einhaltung von $f_{ax,k} \cdot d \cdot t_{pen} < R_{ax,head,k}$ in Abhängigkeit der Plattennendicke t

Verbindungsmittel		t _{pen,min}		t _{pen,max}	
Art	d	-	t = 12,5 mm	t = 15 mm	t = 18 mm
Klammer	1,53 mm	32 mm	60 mm	73 mm	87 mm
	1,8 mm	36 mm	51 mm	62 mm	74 mm
Nagel (glattschaftig)	2,2 mm	44 mm	167 mm	204 mm	241 mm
	2,5 mm	50 mm	147 mm	180 mm	212 mm

Literatur

- [1] ETA-03/0050: *Gipsfaserplatten für die Beplankung und Bekleidung von Bauteilen; DIBt 2013; Geltungsdauer bis 28. Juni 2018*
- [2] ETA-13/0609: *Spezialbauplatte „FERMACELL Powerpanel HD“ für tragende und nicht-tragende Bekleidungen im Innen- und Außenbereich; DIBt 2013; Geltungsdauer bis 26. Juni 2018*
- [3] DIN EN 1995-1-1:2010-12 *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauteilen – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1995-1-1:2004+AC:2006+A1:2008; Dezember 2010*
- [4] DIN EN 1995-1-1:2010-12 *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauteilen – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1995-1-1:2004/A2:2014; Juli 2014*
- [5] DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 *Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauteilen – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau; August 2013*
- [6] DIN EN 1998-1:2010-12 *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten; Deutsche Fassung EN 1998-1:2004+AC:2009; Dezember 2010*
- [7] DIN 4149: *Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten; April 2005*
- [8] Kessel M. H., (2005): *Kapitel E 8.7 und E 10.6 in Erläuterungen zu DIN 1052:2004-08, Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken*
- [9] Z-9.1-434: *Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung: FERMACELL Gipsfaser-Platten; DIBt 2013; Geltungsdauer bis 19. September 2018*
- [10] Z-31.1-176: *Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung: Leichtbetonplatte „FERMACELL Powerpanel HD“ für die Verwendung als mittragende und aussteifende Beplankung von Holzbauteilen nach DIN 1052 bzw. DIN EN 1995-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1995-1-1/NA; DIBt 2013; Geltungsdauer bis 25. Juni 2018*