

H.J. Blaß · Pforzheimer Straße 15b · 76227 Karlsruhe

Sägewerk Junker GmbH
Ludwig-Junker-Platz 1
77787 Nordrach

18.04.2016

1248_GFM-Diagonalplatten

Gutachtliche Stellungnahme Tafelemente mit Beplankung aus diagonal verlegten GFM-Platten

1 Allgemeines

Diagonal verlegte GFM-Platten als Beplankung für die Holztafelbauart der Firma Sägewerk Junker GmbH sind unter der Nummer Z-9.1-858 allgemein bauaufsichtlich zugelassen. Für die Befestigung der 30 mm dicken GFM-Diagonalplatten als ein- und zweiseitige Beplankung sind in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Nr. Z-9.1-858 ausschließlich Rillennägeln 3,1 x 90 vorgesehen. Die Firma Sägewerk Junker GmbH beabsichtigt, außer Rillennägeln 3,1 x 90 auch Klammern mit einer Mindestlänge von 64 mm zur Befestigung der Beplankung aus GFM-Platten zu verwenden.

Eine zusätzliche Ergänzung der Zulassung Nr. Z-9.1-858 betrifft die Anordnung von Öffnungen für Einblasdämmstoffe (siehe Bild 1).



Bild 1: Öffnungen für Einblasdämmstoffe in GFM-Platten

Der Durchmesser der Einblasöffnungen soll höchstens 120 mm bei einer Mindestbrettbreite von 130 mm betragen. Der Abstand der Einblasöffnungen, die zentrisch auf den Brettfugen angeordnet sind, von der Oberkante der Wandtafeln beträgt 210 mm.

Diese Gutachtliche Stellungnahme enthält Vorschläge für charakteristische Werte der Tragfähigkeit bei Beanspruchungen in Scheibenebene unter Berücksichtigung der beantragten Ergänzungen „Klammern als Verbindungsmittel“ und „Einblasöffnungen“. Diese Gutachtliche Stellungnahme basiert auf folgenden Unterlagen:

- Gutachtliche Stellungnahme Nr. 1124 „Tafелеlemente mit Beplankung aus diagonal verlegten GFM-Platten“. H.J. Blaß, 22.06.2015.
- Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Nr. Z-9.1-858 „Diagonal verlegte GFM-Platten als Beplankung für die Holztafelbauart“ der Firma Sägewerk Junker GmbH vom 21. Dezember 2015.
- „Klebstofffreie Beplankungen im Holztafelbau“. Dissertation eingereicht bei der Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften des Karlsruher Instituts für Technologie.
- „Verhalten einer Massivholzbauweise unter Erdbebenlasten“. Karlsruher Berichte zum Ingenieurholzbau, Band 18, H.J. Blaß und P. Schädle, KIT Scientific Publishing, Karlsruhe, ISBN 9783866447219, 2011.
- „Statisches und dynamisches Verhalten von aussteifenden Wandscheiben in Brettstapelbauweise“. Karlsruher Berichte zum Ingenieurholzbau, Band 30, C. Sandhaas und H.J. Blaß, KIT Scientific Publishing, Karlsruhe, ISBN 9783731504597, 2016.

2 Klammern als Verbindungsmittel

Werden Klammern anstelle von Rillennägeln 3,1 x 90 zur Befestigung der GFM-Platten auf den Rippen der Wandtafeln verwendet, kann dies sowohl die Tragfähigkeit als auch die Steifigkeit der Elemente beeinflussen. Während die Tragfähigkeit der Wandscheibe bei Zug- oder Druckbeanspruchung der Diagonalbretter direkt von der Tragfähigkeit $F_{f,Rk}$ der Rillennägel abhängt (siehe Gleichungen (1) und (2)), geht die Steifigkeit der Rillennagelverbindung nicht explizit in die Bemessung der Wandtafeln ein.

Einseitig beplankte Wandscheibe mit druckbeanspruchten GFM-Platten:

$$F_{V,C,GFM,Rk} = 0,5 \cdot (n_h + n_v) \cdot \cos \alpha_D \cdot F_{f,Rk} \quad (1)$$

Einseitig beplankte Wandscheibe mit zugbeanspruchten GFM-Platten:

$$F_{V,t,GFM,Rk} = \frac{B \cdot F_{f,Rk}}{\max(B/n_h; H/n_v)} \quad (2)$$

Ein Ersatz von Rillennägeln durch Klammern wird daher bei Berücksichtigung der Tragfähigkeit der Klammern in den Gleichungen (1) und (2) zu zutreffenden Tragfähigkeitswerten der Wandtafeln führen, eine ausreichende Steifigkeit ist allerdings nur dann gewährleistet, wenn die Klammerverbindung mindestens die gleiche Steifigkeit aufweist wie die Verbindung mit Rillennägeln. Die Steifigkeit der Nagel- oder Klammerverbindung wird dabei durch den Anfangsverschiebungsmodul K_{ser} gekennzeichnet.

Der Verschiebungsmodul K_{ser} für stiftförmige Verbindungsmittel in Holz-Holz- und Holz-Holzwerkstoffverbindungen ist in Tabelle 7.1 von EN 1995-1-1 angegeben. Die Verschiebungsmoduln pro Verbindungsmittel betragen nach EN 1995-1-1:

$$K_{ser} = \frac{\rho_m^{1,5} \cdot d^{0,8}}{30} \text{ für Nägel (nicht vorgebohrt)} \quad (3)$$

$$K_{ser} = \frac{\rho_m^{1,5} \cdot d^{0,8}}{80} \text{ für Klammern} \quad (4)$$

Die Gleichungen (3) und (4) lassen zunächst vermuten, dass Klammern mit Durchmessern d zwischen 1,53 mm und 2,03 mm bei gleicher Rohdichte deutlich geringere Verschiebungsmoduln aufweisen als Nägel mit $d = 3,1$ mm. Allerdings weichen in der Praxis die in Versuchen gemessenen Verschiebungsmoduln häufig signifikant von den in EN 1995-1-1 angegebenen Werten ab. Daher werden zur Beurteilung der Verschiebungsmoduln von Klammern und Nägeln Versuchsergebnisse herangezogen, die im Rahmen von Forschungsarbeiten an der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine des Karlsruher Instituts für Technologie ermittelt wurden. Band 18 der Karlsruher Berichte zum Ingenieurholzbau (Blaß und Schädle 2011) enthält Versuchsergebnisse mit einschnittig beanspruchten Rillennägeln 2,8 x 65 und Klammern 1,83 x 64 in Holz-Holz-Verbindungen, die Dissertation Töws enthält Versuchsergebnisse mit einschnittig beanspruchten Rillennägeln 3,1 x 90 in Holz-Holz-Verbindungen. Tabelle 1 und 2 zeigen die experimentell ermittelten Verschiebungsmoduln pro Verbindungsmittel im Vergleich mit den Werten nach EN 1995-1-1.

Tabelle 1: Mittlere Verschiebungsmoduln K_{ser} für einschnittig beanspruchte Klammern und Nägel in Holz-Holz-Verbindungen (Blaß und Schädle 2011)

Versuchsreihe	Anzahl	Verbindungsmittel	ρ [kg/m ³]	$K_{ser,exp}$ [N/mm]	$K_{ser,EN1995}$ [N/mm]	$K_{ser,exp} / K_{ser,EN1995}$
1	10	Klammer 1,83 x 64	456	566	197	2,87
2	10	Klammer 1,83 x 64	442	481	188	2,55
3	10	Klammer 1,83 x 64	438	524	186	2,82
13	10	Klammer 1,83 x 64	451	518	194	2,67
14	10	Klammer 1,83 x 64	427	485	179	2,71
15	10	Klammer 1,83 x 64	428	438	179	2,44
7	6	Rillennagel 2,8 x 65	464	213	759	0,28
8	6	Rillennagel 2,8 x 65	442	321	706	0,45
9	6	Rillennagel 2,8 x 65	442	232	706	0,33
19	6	Rillennagel 2,8 x 65	456	189	740	0,26
20	6	Rillennagel 2,8 x 65	440	166	701	0,24
21	6	Rillennagel 2,8 x 65	436	253	692	0,37

Aus den Tabellen 1 und 2 wird deutlich, dass der Verschiebungsmodul einer Klammer nach EN 1995-1-1 deutlich unterschätzt, der eines Rillennagels deutlich überschätzt wird. Die Absolutwerte der Verschiebungsmoduln der Klammern betragen im Mittel mehr als das Doppelte der Werte der Nägel. Dies wird bestätigt durch weitere Versuchsergebnisse von Sandhaas und Blaß (2016) für Klammern 1,53 x 50 in OSB-Holz-Verbindungen.

Tabelle 2: Mittlere Verschiebungsmoduln K_{ser} für einschnittig beanspruchte Nägel in Holz-Holz-Verbindungen (Töws 2016)

Versuchsreihe	Anzahl	Verbindungsmittel	ρ [kg/m ³]	$K_{ser,exp}$ [N/mm]	$K_{ser,EN1995}$ [N/mm]	$K_{ser,exp} / K_{ser,EN1995}$
27-H	5	Rillennagel 3,1 x 90	484	205	877	0,23
27-N	5	Rillennagel 3,1 x 90	405	185	672	0,28
32-H	5	Rillennagel 3,1 x 90	480	245	867	0,28
32-N	5	Rillennagel 3,1 x 90	409	215	682	0,32
58-H	5	Rillennagel 3,1 x 90	477	260	859	0,30
58-N	5	Rillennagel 3,1 x 90	420	195	709	0,27
63-H	5	Rillennagel 3,1 x 90	481	250	869	0,29
63-N	5	Rillennagel 3,1 x 90	405	180	672	0,27
90-H	5	Rillennagel 3,1 x 90	498	360	916	0,39
90-N	5	Rillennagel 3,1 x 90	409	205	682	0,30

Da eine einschnittig beanspruchte Klammer in Holz-Holz-Verbindungen eine höhere Verbindungssteifigkeit bewirkt als ein Rillennagel, bestehen keine Bedenken, GFM-Platten mit Klammern 1,53 x 64 oder 1,83 x 64 anstelle mit Rillennägeln 3,1 x 90 zu befestigen.

3 Einblasöffnungen

Einblasöffnungen in GFM-Platten sind für Einblasdämmstoffe erforderlich. Die Anordnung der kreisrunden Öffnungen mit einem Durchmesser von 120 mm ist in Bild 1 dargestellt. Durch die Einblasöffnungen werden die Bretter in der Nähe der Rähme um etwa 50 % geschwächt. Da die Einblasöffnungen mittig auf den Brett-fugen angeordnet werden, ist eine Schwächung der Bretter von mehr als 50 % nicht möglich. Außerdem wird pro Gefach nur eine Einblasöffnung angeordnet. Im Folgenden wird rechnerisch untersucht, ob durch die Schwächung der Brettquerschnitte die Zug- oder Drucktragfähigkeit der Bretter unzulässig verringert wird. Hierzu wird eine einseitige Schwächung der Brettquerschnitte um 50 % angenommen. Die Ausmitte der Zug- oder Druckkraft im geschwächten Bereich wird vernachlässigt, da die Bretter sich in der Ebene der GFM-Platten nicht verbiegen können und daher auch nicht durch nennenswerte Momente beansprucht werden. Bei zwei-seitig beplankten Wandtafeln mit GFM-Platten wird lediglich eine Beplankung mit Einblasöffnungen versehen.

Das der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Nr. Z-9.1-858 zugrunde liegende Rechenmodell lautet:

Einseitig beplankte Wandscheiben mit GFM-Beplankungen mit auf Druck beanspruchten Brettern werden wie verbretterte Wandscheiben nach DIN EN 1995-1-1 NCI NA.9.2.4.4 bemessen, einseitig beplankte Wandscheiben mit GFM-Beplankungen mit auf Zug beanspruchten Brettern werden wie Wandscheiben mit Beplankungen aus Holzwerkstoffplatten nach dem Verfahren A in DIN EN 1995-1-1 9.2.4.2 bemessen. Bei beidseitig beanspruchten Wandscheiben, bei denen auf einer Seite die Bretter auf Zug, auf der anderen auf Druck beansprucht werden, dür-

fen die Tragfähigkeiten der auf Zug bzw. Druck beanspruchten Bretter addiert werden.

Dieses Rechenmodell wird um den Nachweis druck- oder zugbeanspruchter Bretter mit einer Schwächung um 50 % erweitert, indem ein zusätzlicher Druckspannungsnachweis für die Druckdiagonale nach DIN EN 1995-1-1 NCI NA.9.2.4.4 geführt wird. Für Zugbeanspruchung wird ein Schubnachweis mit abgeminderter Schubfläche geführt, da sich die GFM-Platten in diesem Fall wie Holzwerkstoffplatten in einem Schubfeld verhalten.

DIN EN 1995-1-1 NCI NA.9.2.4.4 (NA.4) lautet: „Für den Nachweis der Schalung dürfen rechnerisch Bretter berücksichtigt werden, die innerhalb einer ideellen Breite der Druckdiagonalen $b_d = 0,2 \ell$, höchstens jedoch $b_d = 0,2 h$ angeordnet sind. Dabei ist ℓ die Länge und h die Höhe der Tafel. Als Knicklänge ℓ_{ef} ist die Länge der Diagonalen zwischen den stützenden Rippen einzusetzen.“

Da Knicken der Diagonalen in den Versuchen mit Wandtafeln nicht beobachtet wurde, und die Einblasöffnungen am Ende der Knicklänge der diagonal angeordneten Bretter liegen, wird zusätzlich zum Nachweis der Verbindungsmittel lediglich ein Druckspannungsnachweis in der Druckdiagonalen erforderlich.

Mit $\ell = B$ und $h = H$ lautet damit die durch die Druckfestigkeit der Bretter begrenzte Wandscheibentragfähigkeit mit druckbeanspruchten GFM-Diagonalplatten unter Berücksichtigung einer Schwächung von 50 % des Querschnitts:

$$F_{V,C,GFM,RK} = 0,5 \cdot 0,2 \cdot B \cdot 30 \text{ mm} \cdot \cos \alpha_D \cdot f_{c,0,k} = 3 \cdot B \cdot \cos \alpha_D \cdot f_{c,0,k} \quad (5)$$

Die Wandscheibentragfähigkeit mit zugbeanspruchten GFM-Diagonalplatten unter Berücksichtigung einer Schwächung von 50 % des Querschnitts beträgt:

$$F_{V,C,GFM,RK} = 0,5 \cdot B \cdot 30 \text{ mm} \cdot f_{v,k} = 15 \cdot B \cdot f_{v,k} \quad (6)$$

Hierin bedeuten:

B Länge der Wandscheibe in mm;

α_D Neigungswinkel der Wandscheibendiagonalen, $\alpha_D = \arctan (H/B)$;

$f_{c,0,k}$ Charakteristischer Wert der Druckfestigkeit der Bretter C24, $f_{c,0,k} = 21 \text{ N/mm}^2$.

$f_{v,k}$ Charakteristischer Wert der Schubfestigkeit der Bretter C24, $f_{v,k} = 2 \text{ N/mm}^2$.

Während Wandtafeln mit GFM-Platten ohne Einblasöffnungen nach Gleichung (1) oder (2) bemessen werden, gelten für Wandtafeln mit GFM-Platten mit Einblasöffnungen folgende Bemessungsgleichungen:

Einseitig beplankte Wandscheibe mit druckbeanspruchten GFM-Platten:

$$F_{V,C,GFM,RK} = \min \left\{ 0,5 \cdot (n_h + n_v) \cdot \cos \alpha_D \cdot F_{f,RK}; 3 \cdot B \cdot \cos \alpha_D \cdot f_{c,0,k} \right\} \quad (7)$$

Einseitig beplankte Wandscheibe mit zugbeanspruchten GFM-Platten:

$$F_{V,t,GFM,RK} = \min \left\{ \frac{B \cdot F_{f,RK}}{\max(B/n_h; H/n_v)}; 15 \cdot B \cdot f_{v,k} \right\} \quad (8)$$

4 Zusammenfassung

Diese gutachtliche Stellungnahme beurteilt das Trag- und Verformungsverhalten von Wandscheiben mit Beplankungen aus 30 mm dicken GFM-Platten, die mit Klammern an den Rippen der Wandtafeln befestigt sind oder die Öffnungen für Einblasdämmstoffe aufweisen.

Folgende Randbedingungen sind einzuhalten, Änderungen gegenüber Z-9.1-858 sind fett dargestellt:

- Der Neigungswinkel α_{GFM} der Bretter der GFM-Platten zur Schwelle bzw. Rähm beträgt zwischen 45° und 65° ;
- Der Neigungswinkel α der Bretter der GFM-Platten darf um bis zu 15° von dem Neigungswinkel α_{D} der Diagonalen der Wandscheibe abweichen;
- Bei beidseitiger Anordnung werden die GFM-Platten mit dem gleichen Neigungswinkel der Bretter entweder in gleicher Richtung oder in Gegenrichtung verlegt;
- Die GFM-Platten werden an jedem Brett mit den Rippen mit Hilfe von mindestens jeweils zwei Nägeln $3,1 \times 90$ mm **oder drei Klammern $1,53 \times 64$ oder drei Klammern $1,83 \times 64$** nach DIN EN 14592 verbunden. Die Nägel entsprechen der Tragfähigkeitsklasse 3 nach DIN 20000-6;
- Die Anzahl der **Verbindungsmittel** pro Brettanschluss ist jeweils konstant entlang Rähm und Schwelle bzw. entlang der Rand- und Innenpfosten.
- Der Anschluss eines Brettes an Rähm oder Schwelle darf eine andere Anzahl **Verbindungsmittel** aufweisen als der Anschluss an den Randpfosten;
- Die Randpfosten werden mit Rähm und Schwelle mit jeweils einer Vollgewindeschraube $8,0 \times 200$ verbunden;

Die Wandscheibentragfähigkeit in Scheibenrichtung ist wie folgt zu bestimmen:

Für einseitig beplankte Wandscheiben mit druckbeanspruchten GFM-Diagonalplatten **ohne Einblasöffnungen**:

$$F_{\text{v,c,GFM,Rk}} = 0,5 \cdot (n_{\text{h}} + n_{\text{v}}) \cdot \cos \alpha_{\text{D}} \cdot F_{\text{f,Rk}} \quad (9)$$

Für einseitig beplankte Wandscheiben mit zugbeanspruchten GFM-Diagonalplatten **ohne Einblasöffnungen**:

$$F_{\text{v,t,GFM,Rk}} = \frac{B \cdot F_{\text{f,Rk}}}{\max(B/n_{\text{h}}; H/n_{\text{v}})} \quad (10)$$

Für einseitig beplankte Wandscheiben mit druckbeanspruchten GFM-Diagonalplatten mit Einblasöffnungen:

$$F_{\text{v,c,GFM,Rk}} = \min\{0,5 \cdot (n_{\text{h}} + n_{\text{v}}) \cdot \cos \alpha_{\text{D}} \cdot F_{\text{f,Rk}}; 3 \cdot B \cdot \cos \alpha_{\text{D}} \cdot f_{\text{c,0,k}}\} \quad (11)$$

Für einseitig beplankte Wandscheiben mit zugbeanspruchten GFM-Diagonalplatten mit Einblasöffnungen:

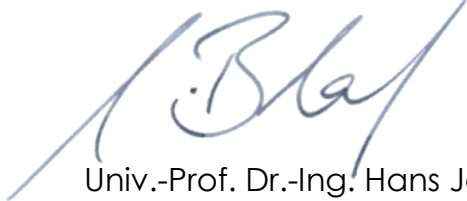
$$F_{\text{v,t,GFM,Rk}} = \min\left\{\frac{B \cdot F_{\text{f,Rk}}}{\max(B/n_{\text{h}}; H/n_{\text{v}})}; 1,5 \cdot B \cdot f_{\text{v,k}}\right\} \quad (12)$$

Hierin bedeuten:

- B Länge der Wandscheibe;
H Höhe der Wandscheibe;
 n_h Anzahl der Rillennägel 3,1 x 90 im Rähm bzw. in der Schwelle pro Beplankungsseite;
 n_v Anzahl der **Verbindungsmittel** im Rähm bzw. in der Schwelle pro Beplankungsseite;
 $F_{f,RK}$ Charakteristischer Wert der Tragfähigkeit eines auf Abscheren beanspruchten **Verbindungsmittels** nach DIN EN 1995-1-1;
 α_D Neigungswinkel der Wandscheibendiagonalen, $\alpha_D = \arctan (H/B)$;
 $f_{c,0,k}$ Charakteristischer Wert der Druckfestigkeit der Bretter C24, $f_{c,0,k} = 21 \text{ N/mm}^2$.
 $f_{v,k}$ Charakteristischer Wert der Schubfestigkeit der Bretter C24, $f_{v,k} = 2 \text{ N/mm}^2$.

Unter den vorgenannten Voraussetzungen bestehen nach meiner Überzeugung gegen die Erweiterung der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-9.1-858 keine Bedenken.

Karlsruhe, den 18.04.2016



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hans Joachim Blaß



Dr.-Ing. Marcus Flaig