

Ergebnisse aus Versuchen an mit OSB/3 beplankten Holzrahmenbau-Wänden

Nadja Manser, Empa, Abt. Ingenieur-Strukturen, ETH Zürich, Institut für Baustatik und Konstruktion
Nicolas Zoller, Berner Fachhochschule, Institut für Holzbau, Tragwerke und Architektur
Lukas Kramer, Berner Fachhochschule, Institut für Holzbau, Tragwerke und Architektur
Dr. René Steiger, Empa, Abt. Ingenieur-Strukturen
Prof. Martin Geiser, Berner Fachhochschule, Institut für Holzbau, Tragwerke und Architektur
Prof. Dr. Andrea Frangi, ETH Zürich, Institut für Baustatik und Konstruktion

1 AUSGANGSLAGE

Für eine erdbebengerechte Bemessung von Tragwerken nach dem Konzept des duktilen Tragwerksverhalten muss eine genügende Energiedissipation sichergestellt werden. Holzrahmenbau-Wände können für die Sicherstellung der Energiedissipation angesetzt werden, wenn sie für ein duktilen Versagen bemessen und konstruiert werden. Gemäss der Norm SIA 265, 2021 darf die Duktilität der Verankerung nicht angesetzt werden, weshalb die Duktilität nur mit der Verbindung zwischen Beplankung und Ständerwerk sichergestellt wird. Für ein duktilen Versagen der Holzrahmenbau-Wand muss garantiert werden, dass die Verbindung zwischen Beplankung und Ständerwerk das schwächste Glied der gesamten Wandscheibe ist und alle anderen Elemente überbemessen sind.

Die Bemessung solcher Holzrahmenbau-Wände ist in der Norm SIA 265, 2021 nicht ausführlich geregelt. Häufig wird deshalb der deutsche nationale Anhang des Eurocodes DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 beigezogen. Nach dieser Norm wird der Tragwiderstand der Wandscheibe als Minimum resultierend aus dem Tragwiderstand der Verbindungsmittel und der Beplankung berechnet. Dieser Ansatz wurde aus der DIN 1052, 2008-12 übernommen (Formeln (1)), in welcher die Darstellung übersichtlicher war. Zusätzlich zu diesem Nachweis der Scheibenbeanspruchung müssen entsprechende Nachweise für das Ständerwerk und die Verankerung geführt werden.

$$f_{v,0,d} = \min \begin{cases} k_{v,1} \cdot R_d / a_v & \text{Abscherwiderstand der Verbindungsmittel} \\ k_{v,1} \cdot k_{v,2} \cdot f_{v,d} \cdot t & \text{Schubwiderstand der Beplankung} \\ k_{v,1} \cdot k_{v,2} \cdot f_{v,d} \cdot 35 \cdot t^2 / a_r & \text{Beulwiderstand der Beplankung} \end{cases} \quad (1)$$

$k_{v,1}$ = Faktor zur Berücksichtigung der Anordnung und Verbindungsart der Beplankung ($k_{v,1} = 1.0$ für allseitig schubsteif verbundenen Plattenränder)

$k_{v,2}$ = Faktor zur Berücksichtigung der Zusatzbeanspruchungen (Einflüsse unten beschrieben)

R_d = Bemessungswert des Tragwiderstands eines Verbindungsmittels auf Abscheren

a_v = Abstand der Verbindungsmittel untereinander

$f_{v,d}$ = Bemessungswert der Schubfestigkeit der Beplankungsplatten

t = Dicke der Beplankung

a_r = Abstand der Ständer

Der Tragwiderstand der Beplankung wird mit dem $k_{v,2}$ -Faktor reduziert. Dieser Reduktionsfaktor erlaubt die vereinfachte Berücksichtigung zusätzlicher Spannungen, welche zu einer Reduktion der Schubfestigkeit der Beplankung führen. In der DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 sind folgende Ursachen für zusätzliche Spannungen aufgeführt:

- der Abstand zwischen der Achse der Ständerwerkelemente und der Beplankung (Abb. 1, a)),
- ein diskontinuierlicher Schubfluss (Abb. 1, b)),
- Kräfte, die senkrecht zu den Achsen der Ständerwerkelemente wirken (Abb. 1, c)).

Im aktuellen Entwurf des Eurocode 5, prEN1995-1-1, 2022 wurde der Bemessungsansatz aus der DIN übernommen. Der Faktor $k_{v,2}$ wurde in $k_{p,model}$ unbenannt. Im vorliegenden Beitrag wird für $k_{v,2}$, bzw. $k_{p,model}$, der Begriff Reduktionsfaktor verwendet. Zusätzlich zu den drei oben aufgeführten Ursachen für zusätzliche Spannungen, welche zu einer Reduktion der Schubfestigkeit der Beplankung führen, werden in der prEN1995-1-1, 2022 zwei weitere Einflüsse genannt:

- Modellannahme von gelenkigen Verbindungen zwischen den Ständerwerkelementen, während die tatsächlichen Verbindungen oft schwächer sind (Abb. 1, d)),
- Exzentrizität der Achsen der Ständerwerkelemente, wenn die Elemente im Querschnitt unterschiedliche Höhen aufweisen (Abb. 1, e)).

Der Einfluss der Verbindung der Ständerwerkelemente ist etwas irreführend formuliert. Tatsache ist, dass die Ständerwerkelemente nicht, wie im Modell angenommen, perfekt gelenkig verbunden sind, sondern eine gewisse Federsteifigkeit besitzen. Ob diese Federsteifigkeit schwächer oder stärker als die gelenkige Modellannahme ist, ist jedoch abhängig von der Konstruktion des Ständerwerks.

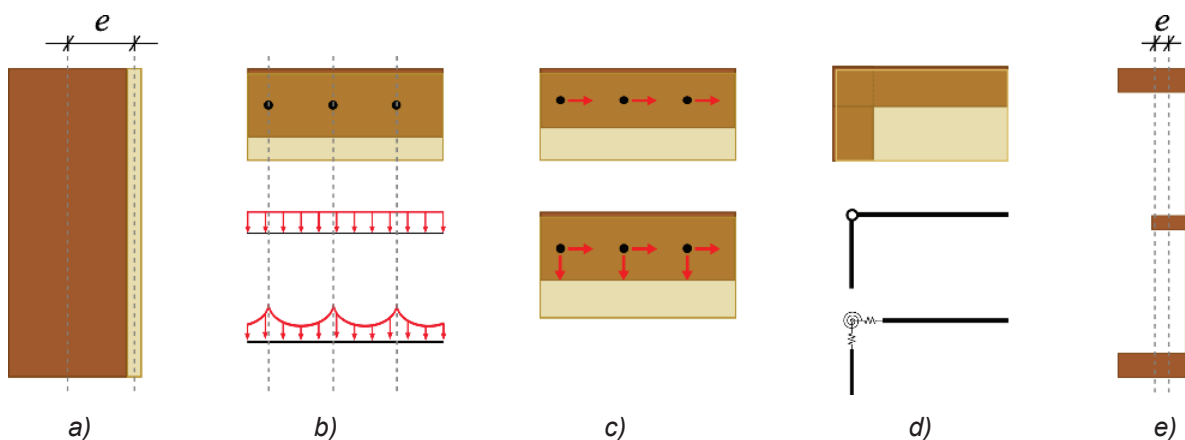


Abb. 1: Einflüsse, welche die Schubfestigkeit der Beplankung in Holzrahmenbau-Wänden reduzieren: a) Exzentrizität zwischen Ständerwerk- und Beplankungsachsen, b) Abweichung von der Modellannahme eines kontinuierlichen Schubflusses (oben: Modell, unten: Realität), c) Abweichung von der Modellannahme, dass die Kräfte nur parallel zur Achse der Elemente des Ständerwerks wirken (oben: Modell, unten: Realität). d) Abweichung von der Modellannahme von gelenkig verbundenen Ständerwerkelementen (oben: Modell, unten: Realität), e) Exzentrizität innerhalb der Ständerwerkelemente.

In der DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 ist der Reduktionsfaktor zu 0.33 für eine einseitige und 0.50 für eine beidseitige Beplankung festgelegt. In der prEN 1995-1-1, 2022 ist er auf 0.50 für eine einseitige und 0.67 für eine beidseitige Beplankung erhöht worden.

Bereits bei Gebäuden, die in Zonen mit geringer bis mittlerer Erdbebengefährdung liegen, können grosse horizontale seismische Kräfte resultieren. Um Holzrahmenbau-Wände für die Aufnahme grosser horizontaler Kräfte auszulegen, kann eine mehrreihige Verklammerung angeordnet werden. Diese Maximierung des Tragwiderstands mit Hilfe einer mehrreihigen Verklammerung ist in der Schweiz nicht unüblich. Da gleichzeitig sichergestellt werden muss, dass die Verbindungsmittel beim Erreichen des Tragwiderstands duktil versagen und das spröde Versagen der Beplankung und des Ständerwerks ausgeschlossen ist, entsteht die Notwendigkeit einer genaueren Quantifizierung des Tragwiderstands der Beplankung und folglich des Reduktionsfaktors. Der Reduktionsfaktor ist nur geringfügig auf experimentellen Daten gestützt und es wird vermutet, dass er in der DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 zu konservativ festgelegt ist. Das Ziel der vorgestellten Untersuchungen war, den Reduktionsfaktor mit Hilfe experimenteller Untersuchungen genauer zu quantifizieren.

2 VERWENDETE WERKSTOFFE

Beplankung: Die untersuchten Beplankungsplatten waren vom Typ OSB/3 mit Dicken von 12 mm, 15 mm, 18 mm und 25 mm und Abmessungen (d. h. Breite und Höhe) von 1250 mm und 2500 mm. Die Platten jeder Dicke stammten aus einer einzigen Produktionscharge.

Ständerwerk: Die Ständerwerkelemente bestanden aus Schweizer Brettschichtholz GL24h (SN EN 14080, 2013), hergestellt aus Fichte (*Picea abies*).

Verbindungsmittel: Für die Verbindung zwischen Beplankung und Ständerwerk wurden zwei verschiedene Arten von Verbindungsmitteln verwendet:

- Beharzte Klammern: Durchmesser 1.53 mm und Länge 50 mm (Haubold, KG 700),
- Rillennägel: Durchmesser 3.10 mm und Länge 90 mm. (Haubold 3.10 x 90 Ring Wire Weld).

3 EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

3.1 Versuche an OSB/3-Platten

Es wurde die Schubfestigkeit der OSB/3-Platten nach dem in der Norm SN EN 789, 2004 festgelegten Prüfverfahren bestimmt. Für jede Beplankungsdicke wurden je fünf Prüfkörper parallel und senkrecht zur Spanrichtung der Deckschicht der Platten geprüft. Weiter wurden die Plattendicken aller verwendeten Platten gemessen.

3.2 Versuche an Holzrahmenbau-Wänden

Um die Schubfestigkeit von OSB/3-Platten in der Anwendung als Beplankungsmaterial von Holzrahmenbau-Wänden zu bestimmen, wurden Wandelemente in Bauteilgrösse geprüft. Der Versuchsaufbau, einschliesslich der für die Ständerwerkelemente verwendeten Terminologie und der Definition der Verbindungsmittelabstände ist in der Abb. 2 dargestellt. Die Prüfkörper wurden so konstruiert, dass ein Versagen in der Beplankung erzwungen, und ein Versagen der Verbindungsmittel, der Verankerung und des Ständerwerks vermieden wurde. Um diese besondere Versagensart herbeizuführen, wurden die Verbindungsmittel, die Verankerung und das Ständerwerk im Vergleich zur Beplankung überdimensioniert. Insgesamt wurden neun Wandtypen in je drei Versuchen getestet. Vier Wandtypen hatten einen rechteckigen, fünf einen quadratischen Querschnitt. In der Tab. 1 sind die verwendeten Materialien und die geometrischen Eigenschaften von sämtlichen untersuchten Wandtypen zusammengestellt.

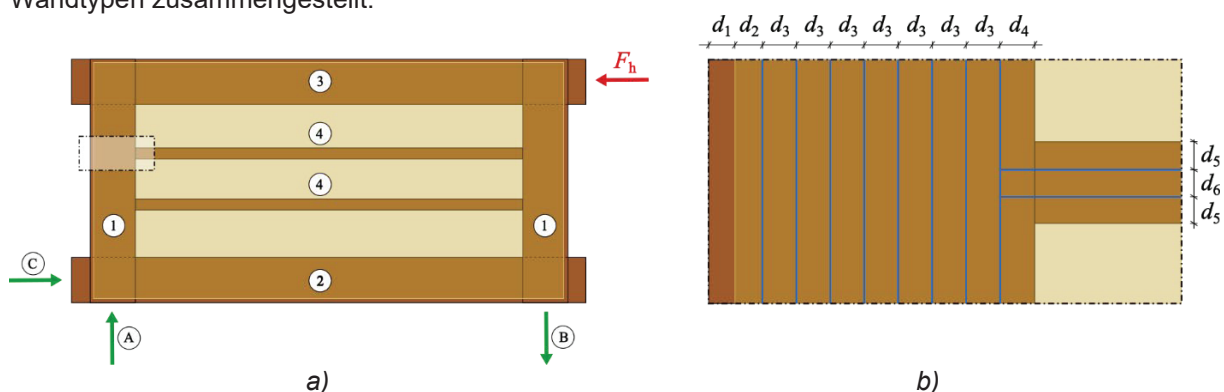


Abb. 2: a) Übersicht über die geprüften Wandscheiben mit den durch Nummern gekennzeichneten Ständerwerkelementen (1: Randständer, 2: Schwelle, 3: Einbinder, 4: Zwischenständer) und den durch die aufgebrachte Kraft F_h hervorgerufenen Reaktionskräften A, B, C. Der gestrichelt-gepunktete Bereich ist in Abbildung b) dargestellt. Die blauen Linien zeigen die Reihen an, auf denen die Verbindungsmittel angeordnet wurden.

Bei den rechteckigen Wandtypen wurden die OSB/3-Platten mit Dicken von jeweils 12 mm, 15 mm und 18 mm mit Hilfe von beharzten Klammern auf dem Ständerwerk befestigt. Zur Befestigung der 25 mm dicken Platten wurden Rillennägel verwendet, da die in der Praxis verwendeten Klammern technisch nur schwierig in die 25 mm dicke OSB/3-Platte eingebracht werden können und die Eindringtiefe im Ständerwerk kritisch gering wäre. Die Grösse der Prüfkörper ergab sich aus den Abmessungen der OSB/3-Platten (2.50 m und 1.25 m) und einem Versatz von 20 mm (Abb. 2, d_1) an den Plattenrändern. Der Versatz wurde angeordnet, um lokale Quetschungen der Beplankung aufgrund der grossen Verformungen während den Versuchen zu vermeiden. Die Abmessungen (Breite x Höhe) der Prüfkörper betrug 1.29 m x 2.54 m. Auch die Abmessungen der quadratischen Prüfkörper (1.29 m x 1.29 m) richtete sich nach den Abmessungen der OSB/3 Platten und einem Versatz von 20 mm an den Plattenrändern. An zwei Wandtypen mit einer 12 mm dicken Beplankung wurde der Einfluss der Anordnung der Beplankung, einseitig oder beidseitig, untersucht. Weiter wurde ein Wandtyp mit einer 12 mm dicken Beplankung untersucht, bei dem die Dicke des Ständerwerks um 50% reduziert war. Auch wurden zwei Wandtypen mit einer 18 mm dicken Beplankung geprüft, die sich nur in den verwendeten Verbindungsmitteln, Klammern oder Nägel, unterschieden.

Tab. 1: Geometrie aller geprüften Wandtypen. Die Abstände d_1 bis d_6 sind in Abb. 2 dargestellt. Der Abstand a_v beschreibt den Verbindungsmittelabstand innerhalb einer Verbindungsmittelreihe. Die Zahl in der Benennung der Wandtypen entspricht der Dicke der OSB/3-Platten. Der erste Buchstabe beschreibt das verwendete Verbindungsmittel (S: staples/Klammern und N: nails/Nägel) und die zweiten Buchstaben, falls vorhanden, ein dünnes Ständerwerk (DS) oder eine beidseitige Beplankung (BB).

	Rechteckige Wände						Quadratische Wände							
	12-S	15-S	18-S	25-N	12-S	18-N	12-S-DS	12-S-BB	18-S	18-N	12-S-DS	12-S-BB	18-S	18-N
Beplankung														
Dicke	[mm]	12	15	18	25	12	12	12	18	18	12	12	18	18
Anordnung		einseitig	einseitig	einseitig	einseitig	einseitig	einseitig	einseitig	einseitig	einseitig	beidseitig	beidseitig	einseitig	einseitig
Ständerwerk														
Einbinder und Schwelle (Breite x Höhe)	[mm]	200 x 240*	200 x 240*	200 x 240*	200 x 280*	200 x 240*	200 x 240*	200 x 240*	200 x 240*	200 x 240*	200 x 240*	200 x 240*	200 x 240*	200 x 240*
Randständer (Breite x Höhe)	[mm]	240 x 200	240 x 200	240 x 200	280 x 200	240 x 200	240 x 200	240 x 200	240 x 200	240 x 200	240 x 200	240 x 200	240 x 200	240 x 200
Zwischenständer (Breite x Höhe)	[mm]	200 x 60*	200 x 60*	200 x 60*	200 x 100*	200 x 60*	200 x 60*	200 x 60*	200 x 60*	200 x 60*	200 x 60*	200 x 60*	200 x 60*	200 x 60*
Anzahl Zwischenständer	[-]	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Verbindung														
Typ	[-]	Klammer	Klammer	Klammer	Nagel	Klammer	Klammer	Klammer	Klammer	Klammer	Klammer	Klammer	Klammer	Nagel
Anzahl Reihen auf dem Plattenrand	[-]	8	8	8	10	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Anzahl Reihen auf den Zwischenständern	[-]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Abstände														
d_1	[mm]	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
d_2	[mm]	20	20	20	30	20	20	20	20	20	20	20	20	22
d_3	[mm]	25	25	25	20	25	25	25	25	25	25	25	25	24
d_4	[mm]	25	25	25	50	25	25	25	25	25	25	25	25	30
d_5	[mm]	20	20	20	35	20	20	20	20	20	20	20	20	20
d_6	[mm]	20	20	20	30	20	20	20	20	20	20	20	20	30
a_v	[mm]	23	23	23	40	23	23	23	23	23	23	23	23	40

* Lamellen stehend

4 ERGEBNISSE DER VERSUCHE

4.1 Versuche an OSB/3-Platten

Die Ergebnisse der an den OSB/3-Platten durchgeführten Schubversuche sind in der Tab. 2 dargestellt. Die Variationskoeffizienten (CoV) der Schubfestigkeiten lagen im Bereich von 3.6% bis 10.8%. Der in der Literatur angegebene Mittelwert der Schubfestigkeit von OSB/3-Platten (9.4 N/mm², Schick (2019)) konnte durch die Ergebnisse der in dieser Studie durchgeführten Schubprüfungen nicht bestätigt werden. Die aus den Prüfwerten nach dem Verfahren der SN EN 14358, 2016 berechneten 5% Fraktilwerte lagen für fast alle Prüfserien unter dem in der Norm SIA 265/1, 2018 und in der Leistungserklärung angegebenen charakteristischen Wert der Schubfestigkeit (6.8 N/mm²). Die gemessenen Dicken aller in dieser Studie verwendeten OSB/3-Platten sind in der Tab. 3 zusammengestellt. Alle Plattendicken lagen unter den nominellen Werten der Plattendicke. Es sind zusätzliche Untersuchungen geplant, um die OSB/3 Eigenschaften umfassender zu ermitteln.

Tab. 2: Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD) und Variationskoeffizienten (CoV) der Schubfestigkeiten, die aus den Schubprüfungen an den OSB/3-Platten ermittelt wurden. Die 5% Fraktilwerte wurden nach dem in der SN EN 14358, 2016 beschriebenen Verfahren berechnet.

	n [-]	M [N/mm ²]	SD [N/mm ²]	CoV [%]	5% Fraktil [N/mm ²]
12, ⊥	5	7.69	0.28	3.6	6.79
15, ⊥	5	7.84	0.36	4.6	6.92
18, ⊥	5	7.61	0.41	5.4	6.63
25, ⊥	5	6.36	0.69	10.8	4.86
12,	5	6.97	0.38	5.5	6.08
15,	5	7.40	0.42	5.6	6.41
18,	5	7.28	0.46	6.3	6.21
25,	5	6.37	0.27	4.3	5.62

Tab. 3: Mittelwerte, maximal und minimal gemessene Dicken der OSB/3-Platten.

Nominell [mm]	Mittelwert [mm]	Minimum [mm]	Maximum [mm]
12	11.4	11.1	11.6
15	14.4	14.2	14.8
18	17.6	17.3	17.8
25	24.8	24.5	25.0

4.2 Versuche an Holzrahmenbau-Wänden



Abb. 3: Das initiale Versagen beim rechteckigen Prüfkörper 12-S-2 trat entlang der Klammerreihe auf (rot markiert).*

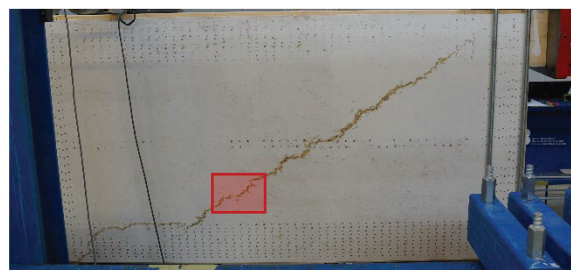


Abb. 4: Das initiale Versagen beim rechteckigen Prüfkörper 25-N-3 trat im Feld der Beplankung auf (rot markiert).*

*Die OSB/3 Platten wurden weiss gestrichen, um den Verlauf der Risse besser zu erkennen.

In allen 27 Wandscheibenversuchen versagte die Beplankung spröde in Richtung des Kraftflusses zwischen dem Punkt der Krafteinleitung und dem Punkt, an dem die horizontale Kraft in den Prüfrahmen eingeleitet wurde. Das initiale Versagen trat entweder entlang einer Verbindungsmittelreihe (Abb. 3) oder in diagonaler Richtung im Feld der Beplankung auf (Abb. 4). Die aufgebrachten Kräfte beim Bruch (F_{\max}) und die horizontale Verschiebung des Prüfkörpers beim Bruch ($d_{\max,rel}$), sind in der Tab. 4 zusammengefasst. Die Verschiebung und die daraus resultierende Steifigkeit der geprüften Wandscheiben sind für den Vergleich von numerischen Berechnungen mit den Versuchsergebnissen wichtig. Da dies nicht Teil dieses Beitrags ist, werden die relativen horizontalen Verschiebung an dieser Stelle nur der Vollständigkeit halber angegeben, ohne dass sie weiter diskutiert werden.

Tab. 4: Aufgebrachte Kräfte (F_{\max}) und relative horizontale Verschiebungen ($d_{\max,rel}$) beim Bruch der geprüften Holzrahmenbau-Wände.

Rechteckig				Quadratisch			
		F_{\max} [kN]	$d_{\max,rel}$ [mm]			F_{\max} [kN]	$d_{\max,rel}$ [mm]
12-S	1	181	9.5	12-S	1	98	11.1
	2	186	10.1		2	101	13.1
	3	178	9.5		3	100	12.0
15-S	1	241	12.5	12-S-DS	1	92	19.1*
	2	221	10.6		2	95	9.8
	3	229	10.6		3	101	10.6
18-S	1	299	11.9	12-S-BB	1	185	13.9
	2	290	11.7		2	185	15
	3	305	12.9		3	179	17.4
25-N	1	394	16.6	18-S	1	135	15.7
	2	405	16.3		2	144	19.3
	3	379	14.5		3	157	19.7
				18-N	1	163	19.8
					2	159	20.2
					3	155	18.0

*Bei diesem Versuch wurde am Prüfaufbau eine Änderung vorgenommen, welcher zu einer grösseren Verformung des Prüfkörpers führte.

5 AUSWERTUNG DER REDUKTIONSFAKTOREN

Der Reduktionsfaktor wurde bestimmt, indem der Schubwiderstand der OSB/3-Platte (abgeschätzt mit Hilfe der zweiten Zeile in Formel (1) multipliziert mit der Länge der Wand) mit der im Versuche ermittelten aufgebrachten Kraft beim Bruch F_{\max} gleichgesetzt wurde. Das Auflösen nach dem Reduktionsfaktor führt zu Formel (2).

$$k_{v,2} = \frac{F_{\max}}{k_{v,1} \cdot f_{v,est,mean} \cdot t \cdot l} \quad (2)$$

F_{\max} = Aufgebrachte Kraft beim Bruch

$k_{v,1}$ = 1.0

$f_{v,est,mean}$ = Schubfestigkeit der Platte auf Niveau Mittelwert

t = Dicke der Beplankung

l = Länge des Wandelements (rechteckig: $l = 2.50$ m, quadratisch: $l = 1.25$ m)

Um den Einfluss der Schubfestigkeit auf Niveau Mittelwert und den Einfluss der Plattendicke abzuschätzen, wurden zwei Auswertungsansätze für die Bestimmung des Reduktionsfaktors aus den Resultaten der Wandscheibenversuche angewendet.

Auswertung mit der nominellen Plattendicke und einer Schätzung der mittleren Plattenschubfestigkeit, basierend auf dem in der Norm SIA 265/1 angegebenen charakteristischen Wert.

Ausgehend von der in der Norm SIA 265/1, 2018 angegebenen charakteristischen Schubfestigkeit der OSB/3 Platten ($f_{v,k} = 6.8 \text{ N/mm}^2$) und unter der Annahme einer Lognormalverteilung wurde der Mittelwert der Plattenschubfestigkeit geschätzt. Für diese Abschätzung muss ein Variationskoeffizient (CoV) der Schubfestigkeit von OSB/3-Platten gewählt werden. Im JCSS Probabilistic Model Code gibt es keine Informationen über den CoV der Schubfestigkeit von OSB/3-Platten. In den vorliegenden Untersuchungen wurde deshalb ein CoV von 15% als Obergrenze für die Auswertungen festgelegt, welcher im JCSS Probabilistic Model Code für die Schubfestigkeit von Brettschichtholz angegeben ist. Der mittlere CoV, der aus den Schubversuchen der OSB/3-Platten ermittelt wurde, betrug 6%. Dieser niedrige Wert lässt sich dadurch erklären, dass alle geprüften OSB/3-Platten aus einer einzigen Produktionscharge pro Plattendicke und von nur einem einzigen Hersteller stammten. Daher wurde für die Auswertung der Reduktionsfaktoren der Wert von 6% für den CoV als untere Grenze gewählt. Zusätzlich wurden die Berechnungen mit einem CoV von 11% durchgeführt. Als Plattendicke wurde in dieser Auswertung die nominelle Dicke der OSB/3-Platten verwendet. Die mit diesem Auswertungsansatz berechneten Reduktionsfaktoren für mit OSB/3-Platten beplankte Holzrahmenbau-Wände lagen zwischen 0.69 und 0.91 (Abb. 5).

Auswertung mit der gemessenen effektiven Plattendicke und der Plattenschubfestigkeit ermittelt in den Schubversuchen an den OSB/Platten

Für die Plattenschubfestigkeiten auf Niveau Mittelwert wurden die Resultate der Schubversuche an den OSB/3-Platten verwendet. Da der Stichprobenumfang mit nur fünf Versuchen pro Serie gering war, wurden nicht die Mittelwerte aus den Versuchen verwendet, sondern es wurden Konfidenzintervalle (CI) berechnet. Diese Konfidenzintervalle beschreiben den Bereich, in dem der wahre Mittelwert der Schubfestigkeit mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit enthalten ist. Erneut wurde angenommen, dass die Schubfestigkeiten lognormal verteilt sind. Die Reduktionsfaktoren wurden berechnet einerseits für ein 75% Konfidenzintervall, welches in der SN EN 1990, 2002 für die statistische Bestimmung von einzelnen Eigenschaften vorgegeben ist und für ein 95% Konfidenzintervall, was einer sehr konservativen Annahme entspricht. Als Plattendicke wurde für jeden Versuch der gemessene effektive Wert eingesetzt. Die mit diesem Auswertungsansatz berechneten Reduktionsfaktoren für mit OSB/3-Platten beplankte Holzrahmenbau-Wände lagen zwischen 0.78 und 0.99 (Abb. 5).

6 RESULTIERENDE REDUKTIONSFAKTOREN

Der Vergleich der beiden Auswertungsansätze für die Bestimmung der Reduktionsfaktoren zeigt, dass beide Ansätze zu Werten in der gleichen Größenordnung führen. In der Abb. 5 sind sämtliche resultierende Reduktionsfaktoren grafisch dargestellt.

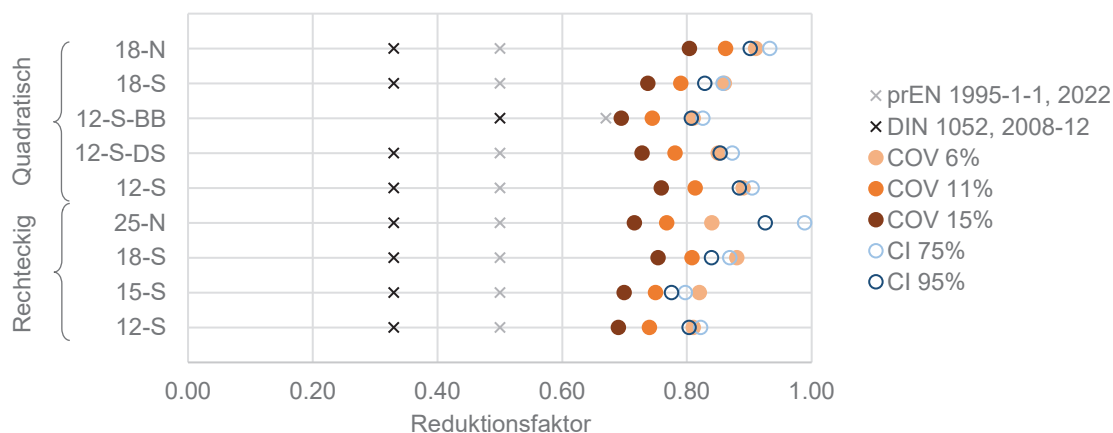


Abb. 5: Reduktionsfaktoren für die vereinfachte Bemessung von mit OSB/3-Platten beplankten Holzrahmenbau-Wänden. Vergleich zwischen den in der DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 und in der prEN 1995-1-1, 2022 festgelegten Werten mit den aus den Wandscheibenversuchen resultierenden Werten.

Die in der DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 angegebenen Faktoren zur Reduktion der Schubfestigkeit (0.33 bei einseitiger und 0.50 bei beidseitiger Beplankung) für einen vereinfachten Plattennachweis mit einer pauschalen Berücksichtigung der sich aus den im Abschnitt 1 beschriebenen Einflüssen ergebenden zusätzlichen Spannungen, scheinen im Vergleich zu den Versuchsergebnissen dieser Studie zu konservativ gewählt. Eine Erhöhung dieser Reduktionsfaktoren würde zu einem höheren rechnerischen Tragwiderstand von Holzrahmenbau-Wänden führen.

Die aus den Versuchen resultierenden Reduktionsfaktoren (Abb. 5) liegen, je nach Auswertungsansatz und Wandkonfiguration zwischen 0.69 und 0.99. Der in der prEN 1995-1-1, 2022 vorgeschlagene Reduktionsfaktor für eine einseitige Beplankung (0.50) kann mit den vorliegenden experimentellen Untersuchungen für mit OSB/3-Platten beplankte Holzrahmenbau-Wände bestätigt werden, jener für eine beidseitige Beplankung (0.67) jedoch nicht. Sowohl in der DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 als auch in der prEN 1995-1-1, 2022 ist bei einer beidseitigen Beplankung ein höherer Reduktionsfaktor festgelegt, was in den durchgeführten Versuchen nicht beobachtet wurde. Der Reduktionsfaktor der quadratischen, beidseitig beplankten Wandkonfiguration **12-S-BB** lag sogar tiefer als jener der identisch aufgebauten, einseitig beplankten Wandkonfiguration **12-S**. Ob eine Differenzierung zwischen einseitiger oder beidseitiger Beplankung gerechtfertigt ist, ist deshalb zu diskutieren. Der geringe Unterschied in den resultierenden Reduktionsfaktoren der einseitig und beidseitig beplankten Wände deutet darauf hin, dass der Einfluss des Abstandes der Ständerwerkachse zu der Achse der Beplankung (Abb. 1, a)) auf die zusätzlichen Spannungen in der Beplankung gering ist. Die Untersuchungen an Wandelementen mit unterschiedlicher Ständerwerkbreiten (quadratische Wände **12-S** und **12-S-DS**) bestätigen diese Hypothese. Der Vergleich der resultierenden Reduktionsfaktoren zeigte kaum einen Unterschied für die beiden Ständerwerkbreiten.

Dieser Beitrag dient als eine Grundlage für die Festlegung der Reduktionsfaktoren für die vereinfachte Bemessung von Holzrahmenbau-Wänden, aufgrund derer Normenkommissionen gegebenenfalls über eine Anpassung diskutieren können. Neben der derzeit für die CEN-Vernehmlassung bereitgemachten Entwurfsversion des EC 5 (prEN 1995-1-1, 2022) ist die DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 die einzige normative Vorgabe.

7 DANKSAGUNG

Die vorliegende Studie ist Teil des Forschungsprojekts "Entwicklung einer Methode für die Modellierung, Bemessung und Ausführung von aussteifenden Holzrahmenbau-Wänden mit Öffnungen", welches vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) im Rahmen des Aktionsplans Holz 2021 - 2026 finanziert und von Holzbau Schweiz und Swiss Timber Engineers (STE) als Projektpartner unterstützt wird.

8 LITERATUR

SIA 265:2021 Holzbau, SIA, Zürich, Schweiz.

DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten, CEN, Brüssel, Belgien, 2013.

DIN 1052:2018-12 Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken - Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau, Deutschland.

prEN 1995-1-1: Eurocode 5 9– Bemessung und Konstruktion von Holzbauten, CEN, Brüssel, Belgien, 2022. INF ENQ Draft. Dokument CEN/TC 250/SC 5/N 1650.

SN EN 14080:2013 Holzbauwerke - Brettchichtholz und Balkenschichtholz - Anforderungen, CEN, Brüssel, Belgien.

SN EN 789:2004 Holzbauwerke - Prüfverfahren - Bestimmung der mechanischen Eigenschaften von Holzwerkstoffen, CEN, Brüssel, Belgien.

Schick M. (2017) Probabilistic investigations on over-strengths of nailed timber-framed wall elements, Kassel, Deutschland.

SN EN 14358:2016 Holzbauwerke - Berechnung und Kontrolle charakteristischer Werte, CEN, Brüssel, Belgien.

Joint Committee on Structural Safety JCSS: Probabilistic Model Code - Part 3.05: Resistance Models: Timber, 2006.

SN EN 1990:2002 Grundlagen der Tragwerksplanung, CEN, Brüssel, Belgien.