

Das Original Stecksystem

für vorgefertigte Holzbauteile



Abbildung 1: Steckverbinder von Stexon GmbH

Handbuch – Statische Berechnung

Forst, Dezember 2024

Inhaltsverzeichnis

VORWORT 2. AUFLAGE	3
1. STECK-VERBINDUNGSSYSTEME DER FA. STEXON GMBH	4
2. BEMESSUNGSRUNDLAGEN	5
2.1 Das semi-probabilistische Sicherheitskonzept	5
2.1.1 Einführung	5
2.1.2 Bemessung nach Grenzzuständen	5
2.2 Einwirkungen und Einwirkungsgruppen	6
2.2.1 Einwirkungsgruppen	6
2.2.2 Sicherheitsfaktoren auf Seiten der Einwirkung	7
2.2.3 Einwirkungskombinationen	7
2.3 Bemessungswert der Beanspruchbarkeit und äußere Einflüsse	9
2.4 Baustoffeigenschaften	11
3. ZULASSUNGSPRÜFUNGEN	13
4. PRODUKTINFORMATIONEN – TECHNISCHE DATEN	14
4.1 Steckverbinder mK (mit Klemmbacken)	17
4.2 Steckverbinder oK (ohne Klemmbacken)	18
4.3 Steckverbinder L (Zuganker)	19
4.4 Kenndaten Stockschraube M12 (stiftförmiges Verbindungsmittel)	20
5. BERECHNUNG UND NACHWEISFÜHRUNG	21
5.1 Technische Daten Axial und charakteristische Tragfähigkeit	21
5.1.1 Charakteristische Tragfähigkeit (Stahlversagen) $F_{t,Rk}$	21
5.1.2 Charakteristischer Ausziehwidestand $F_{ax,Rk}$ des Verbinders	22
5.1.3 Charakteristischer Ausziehwidestand $F_{ax,Rk,DT}$ der Stockschraube	24
5.1.4 Charakteristischer Ausziehwidestand $F_{ax,Rk,DT}$ der Betonanker	25
5.2 Technische Daten Abscheren und charakteristische Abschertragfähigkeit	26
5.2.1 Charakteristischer Abscherwidestand $F_{v,Rk}$ für Holz-Holzverbindungen	26
5.2.2 Charakteristischer Abscherwidestand $F_{v,Rk}$ für Holz-Betonverbindungen	31
5.2.3 Charakteristischer Abscherwidestand $F_{v,Rk}$ für Holz-Stahlverbindungen	31
5.3 Technische Daten S40-M12 L (Zuganker) – Charakteristische Werte	32
6. ANWENDUNG – RECHENBEISPIEL	34

VORWORT 2. AUFLAGE

Die erste Auflage des Bemessungsbehelfes wurde 2019 erstellt und von Stexon GmbH als Bemessungshandbuch 2020 zur Verfügung gestellt.

Basis war der Durchbruch im Jahr 2018, als die Stexon GmbH die erste Bauzulassung (ETA-18/0539) für dieses neuartige Steckverbindungs- und Montagesystem erwirkte. Diese wurde auf die Firma Baufritz ausgestellt. In Folge wurde mit großer Anstrengung die notwendige Entwicklung der zusätzlich erforderlichen Werkzeuge sowie die Anpassung der Messtechnik in Zusammenarbeit mit der Firma Leica vorangetrieben. Dem Pionier Klaus Mohr gelang 2019 die erfolgreiche Markteinführung.

Die Idee für das Montagesystem bestand bereits über 10 Jahre. Trotz vertrauensvoller und engagierter Zusammenarbeit wurde allerdings die Lizenz für das erste Steckverbindungssystem mit eingeklebten Klemmböcken jedoch 2021 an Hilti vergeben.

Seit 2022 bin ich alleiniger Eigentümer und Geschäftsführer der Stexon GmbH. Innerhalb eines Jahres gelangen die Weiterentwicklung und Optimierung des ersten Originals. Nach erneuter Zulassungsprüfung und Erweiterung der Steckverbinder-Varianten freue ich mich, die neu erteilte Zulassung ETA-23/0672 im August 2023 bekanntgeben zu können.

Um Sie wie gewohnt auch weiterhin in allen technischen Belangen zu unterstützen, halten sie nun die 2. Auflage des Bemessungshandbuches der Fa. Stexon GmbH in Händen.



Klaus Mohr

1. STECK-VERBINDUNGSSYSTEME DER FA. STEXON GMBH

Systembeschreibung:

Die aus europäischem Drehstahl „Made in Germany“ hergestellten Steck-Verbindungssysteme sind für den Gebrauch in lastabtragenden Holzkonstruktionen vorgesehen, sowohl in

- Hirnholz- als auch Seitenholz-, in der Fläche und Schmalseite von Holzwerkstoffen wie z.B. BSP (CLT) und deren Verbindungen untereinander,
- Verbindung zwischen einer Schwelle aus Holzwerkstoffen und einem Balkenträger aus Massivholz oder verleimten Holzwerkstoffen, sowohl aus Nadel- oder Laubholz,
- Verbindungen von Holzbauteilen an einen Stahl- oder Betonbauteil (z.B. Stahlbeton Bodenplatte, Aufkantung), welche ebenfalls zulässig sind.

Vorteil Präzision

Das Vorfertigen im Werk, Einmessen und Montieren „Stecken“ ist jetzt mit **± 1-2 Millimeter Genauigkeit** machbar. Die Selbstzentrierung der in Reihe gesetzten M12 Bolzen erfolgt im Verbinder Konus, dieser **richtet beim Montieren die Elemente exakt** aus. Zusätzlich sind die Elemente in der **Höhe** mit Toleranz von ± 1 mm Genauigkeit auf der Sechskantmutter positioniert.

Vorteil Sicherheit

Alle Anschlusswerte basieren auf umfangreichen und 2. Mal durchgeführten Zulassungsversuchen und Garantieren die rechnerische und plankonforme Umsetzung. Das Steckverbinder-System ist einfach in der Anwendung und für **Bohrdurchmesser 37 und 40 mm** verfügbar. Einsetzbar ist der Schnellsteckverbinder multifunktional an (fast) allen Element-Schnittstellen, vom **Einfamilienhaus bis zum mehrgeschossigen Hochbau**.

Vorteil Vorfertigung

Rationelle und schnelle Vorfertigung im Werk, mit bündig verdecktem Einbau der Verbinder in die Elemente, reduziert die Nacharbeiten auf der Baustelle.

Vorteil höchste Effizienz

Rationelle Planung erlaubt auch günstigere, demontierbare Verbinder ohne Klemmbacken (oK) einzusetzen, wenn diese nur **Schubkräfte längs- und quer zur Faser** abtragen. Unsere neuen Verbinder mit Klemmbacken (mK) und Zuganker (L) tragen deutlich erhöhte Kräfte **auf Zug und sind gleichzeitig auch auf Schub** belastbar. Der Einsatz von weniger Verbinder bedeuten für Sie Kosteneffizienz und auch bessere Brand- und Schallschutzwerte.

Vorteil Arbeitssicherheit

Durch vereinfachte und kürzere Montagezeiten wird Bauen sicherer. **Bis zu 80% weniger Arbeitsunfälle** und eine ergonomischere körperschonendere Arbeitsweise resultiert in zufriedeneren Mitarbeiter und in Folge in rundum **zufriedene** Kunden.

2. BEMESSUNGSGRUNDLAGEN

2.1 Das semi-probabilistische Sicherheitskonzept

2.1.1 Einführung

Nachfolgend werden die Grundlagen des Sicherheitskonzeptes nach derzeitig gültigen Europäischen Normenwerken dargestellt und in weiterer Folge die Berechnung der Steckverbinder für Holzbauwerke vorgestellt.

Für den Holzbau sind neben den Grundlagendokumenten (EN 1990 – Grundlagen der Tragwerksplanung und EN 1991 – Einwirkungen auf Tragwerke) zur Bemessung und Konstruktion von Holzbauten der „Eurocode 5“ (EN 1995 – Holzbau) relevant [1].

2.1.2 Bemessung nach Grenzzuständen

Grundsätzlich werden in den Normen der Eurocodefamilie die Grenzzustände der Tragsicherheit, der Gebrauchstauglichkeit und der Dauerhaftigkeit von Tragwerken definiert. Basis dieser Grenzzustände bildet das semi-probabilistische Sicherheitskonzept. Im Gegensatz zum deterministischen Sicherheitskonzept mit einem globalen Sicherheitsbeiwert („Verfahren der zulässigen Spannungen“) wird nun mit Teilsicherheitsbeiwerten auf Seiten der Einwirkungen sowie auf Bauteilwiderstandseite gearbeitet.

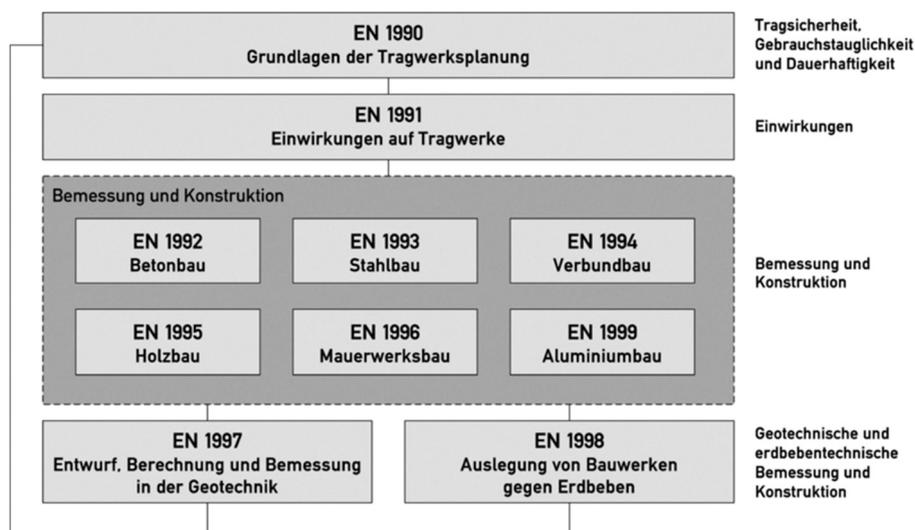


Abbildung 2: Überblick der Europäischen Normenfamilie [1]

Grenzzustand der Tragfähigkeit

Durch Einhaltung dieses Grenzzustandes wird ein Bauteilversagen bis hin zum Einsturz der Tragstruktur vermieden. Bei Überschreitung tritt also ein Versagensmechanismus an einzelnen Teilen des Tragwerkes oder sogar am Gesamtsystem ein. Weitere Versagensarten sind:

- Gleichgewichtsverlust einzelner Teile des Tragwerkes bis hin zum Gesamtsystem
- Stabilitätsverlust

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Mögliche Schäden an Bauteilen, welche durch zu starke Verformungen der Tragstruktur infolge von Beanspruchungen entstehen, werden in definierten Grenzen gehalten. Es wird neben dem Erscheinungsbild auch die Benutzbarkeit (Durchbiegungen, Schwingungen) gewährleistet. Eine Unterschreitung und Einhaltung der Grenzzustände wird erreicht, wenn die Einwirkungen (E) kleiner sind als die Widerstände (R).

Es gilt: $E - R \leq 0$

2.2 Einwirkungen und Einwirkungsgruppen

2.2.1 Einwirkungsgruppen

Als Einwirkungen sind sämtliche Beanspruchungen von Bauteilen zu verstehen. Daraus resultieren Schnittkräften, Spannungen und Dehnungen sowie in weiterer Folge Verformungen (Durchbiegungen und Verdrehungen).

Folgende **Einwirkungsgruppen** sind nach EN 1991-1 zu berücksichtigen:

- EN 1991-1-1: Wichten, Eigengewichte und Nutzlasten
- EN 1991-1-2: Brandeinwirkung
- EN 1991-1-3: Schneelasten
- EN 1991-1-4: Windlasten
- EN 1991-1-5: Temperatureinwirkungen
- EN 1991-1-6: Einwirkungen während des Bauzustandes
- EN 1991-1-7: Außergewöhnliche Einwirkungen

Eingeteilt werden die **Einwirkungen** wie folgt

- **ständige Einwirkungen (G)**
direkte (z.B. Eigengewicht) und indirekte (z.B. Schwinden) Einwirkungen
- **veränderliche Einwirkungen (Q)**
Verkehrs- bzw. Nutzlasten, Schnee- und Windlasten
- **Außergewöhnliche Einwirkungen (A)**
Einwirkungen (z.B. Explosionen, Brand, Anprall) von kurzer Dauer aber bedeutender Größenordnung, welche während der geplanten Nutzungsdauer mit keiner nennenswerten Wahrscheinlichkeit auftreten können

2.2.2 Sicherheitsfaktoren auf Seiten der Einwirkung

Zur Berücksichtigung von Modellunsicherheiten und Größenabweichungen werden die Einwirkungen ungünstig oder günstig wirkend mit **Teilsicherheitsbeiwerten** γ_G (ständige Beanspruchung) und γ_Q (veränderliche Beanspruchung) in den unterschiedlichen Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit abgemindert.

Zusätzliche **Kombinationsbeiwerte** ψ_0 , ψ_1 und ψ_2 berücksichtigen die reduzierte Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens ungünstiger Auswirkungen mehrerer Einwirkungen.

Die Einwirkungen werden dabei unterteilt in:

- **charakteristischer Wert** der Einwirkung:
wird während des Bezugszeitraumes nicht überschritten
- **seltener Wert**: Kombinationsbeiwert einer selten auftretenden veränderlichen Einwirkung mit einer veränderlichen Einwirkung
- **häufiger Wert** einer veränderlichen Einwirkung
Kombinationsbeiwert einer häufig auftretenden veränderlichen Einwirkung.
- **quasi-ständiger Wert** einer veränderlichen Einwirkung
Kombinationsbeiwert einer quasi-ständig auftretenden veränderlichen Einwirkung.

2.2.3 Einwirkungskombinationen

Um die Auftretenswahrscheinlichkeiten unterschiedlicher **Einwirkungskombinationen** auf ein Tragwerk zu berücksichtigen, müssen verschiedene Bemessungssituationen unterschieden werden:

- **ständige** Situationen: übliche Nutzungsbedingungen eines Tragwerks
- **vorübergehende** Situation: zeitlich begrenzte Zustände eines Tragwerks
- **außergewöhnliche** Situationen: außergewöhnliche Bedingungen für das Tragwerk (Explosionen, Brand, Anprall, ...)
- **Erdbebensituation**: Erdbebeneinwirkung auf das Tragwerk

In jeder Einwirkungskombination ist eine veränderliche Einwirkung als Leiteinwirkung zu bestimmen oder eine außergewöhnliche Einwirkung zu benennen. Alle weiteren Einwirkungen sind als Begleiteinwirkungen sinnvoll zu berücksichtigen (günstig oder ungünstig wirkend). Jede veränderliche Einwirkung soll in einer Kombination als Leiteinwirkung auftreten.

Kombinationsregeln für Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit

1) ständige und vorübergehende Situation (Grundkombination)

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

mit

- E_d Bemessungswert einer Einwirkungskombination
- 2) bei einer außergewöhnlichen Bemessungssituation
- 3) E_{dAE} für die Bemessungssituation Erdbeben
- P Bemessungswert der Vorspannung
- \sum Summenbildung („gemeinsame Auswirkung“)
- “+“ „Zu kombinieren mit“
- γ_P Teilsicherheitsbeiwert der ständigen Einwirkung Vorspannung
- $\gamma_{G,j}$ Teilsicherheitsbeiwert der ständigen Einwirkung j
- $G_{k,j}$ Charakteristischer Wert der ständigen Einwirkung j
- $\gamma_{Q,1}$ Teilsicherheitsbeiwert der Leiteinwirkung j (dominierende veränderliche Einwirkung)
- $Q_{k,1}$ Charakteristischer Wert der Leiteinwirkung j (dominierende veränderliche Einwirkung)
- $\gamma_{Q,i}$ Teilsicherheitsbeiwert der Begleiteinwirkung j (begleitende veränderliche Einwirkung)
- $Q_{k,i}$ Charakteristischer Wert der Begleiteinwirkung j (begleitende veränderliche Einwirkung)
- $\psi_{0,i}$ Kombinationsbeiwert einer veränderlichen Einwirkung i

2) außergewöhnliche Situation

$$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1} \text{ oder } \psi_{2,1}) \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

mit

- E_d Bemessungswert einer Einwirkungskombination einer außergewöhnlichen Bemessungssituation
- A_d Bemessungswert einer außergewöhnlichen Einwirkung
- $\psi_{1,1}$ Kombinationsbeiwert für häufige Werte der Leiteinwirkung
- $\psi_{2,1}$ Kombinationsbeiwert für quasi-ständige Werte der Leiteinwirkung
- $\psi_{2,i}$ Kombinationsbeiwert für quasi-ständige Werte der Begleiteinwirkung

3) Bemessungssituation **Erdbeben**

$$E_{dAE} = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

mit

- E_{dAE} Bemessungswert einer Einwirkungskombination für die Bemessungssituation Erdbeben
- P Bemessungswert der Vorspannung
- A_{Ed} Charakt. Wert der Einwirkung infolge Erdbeben (mit Wichtungsfaktor γ_i abzumindern)

Kombinationsregeln für Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Allgemein: Nach EN 1990 ist die Bedingung

$$E_d \leq C_d$$

zu erfüllen, mit.

- E_d Bemessungswert der Einwirkungen auf Gebrauchstauglichkeitsniveau
 C_d Grenzwert des maßgebenden Gebrauchstauglichkeitskriteriums

1) **Charakteristische** Kombination (Irreversible Auswirkungen auf das Tragwerk)

$$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

2) **Häufige** Kombination (reversible Auswirkung auf das Tragwerk)

$$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

3) **Quasi-ständige** Kombination (Langzeitauswirkungen auf das Tragwerk; Erscheinungsbild)

$$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

2.3 Bemessungswert der Beanspruchbarkeit und äußere Einflüsse

Im Holzbau ist der charakteristische Wert der Tragfähigkeit eines Bauteils oder einer Verbindung noch mit einem Modifikationsbeiwert und einem Teilsicherheitsbeiwert für Baustoffeigenschaften abzumindern, um den Bemessungswert der Beanspruchbarkeit zu erhalten. Durch den **Modifikationsbeiwert** k_{mod} wird der Einfluss der Lasteinwirkungsdauer und des unterschiedlichen Feuchtegehalts des Holzes in Rechnung gestellt. Der **Sicherheitsfaktor** γ_M berücksichtigt als Teilsicherheitsbeiwert ungünstige Streuungen von Baustoffeigenschaften (charakt. Rohdichte, Holzqualität, etc.) und Modellunsicherheiten. Somit ergibt sich der Bemessungswert der Tragfähigkeit eines Holzbauteils zu

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

R_k charakteristische Wert der Beanspruchbarkeit (Festigkeitseigenschaft)

Modifikationsbeiwert und Sicherheitsbeiwert sind in Tabelle 3 und Tabelle 4 aufgeführt.

Die technologischen Eigenschaften von Holz werden maßgeblich von der sich einstellenden Holzgleichgewichtsfeuchte beeinflusst. Je höher der Holzfeuchtegehalt, umso geringer die Festigkeit und das Elastizitätsmodul. Diese Umgebungseinflüsse werden in Form von **Nutzungsklassen** (NKL 1-3) berücksichtigt.

Ebenso wirkt sich die **Einwirkungsdauer** auf die Bauteilbeanspruchung aus und ist daher nach EN 1995-1-1 für eine bessere Berechnung ebenfalls in **Klassen** unterteilt

Nutzungsklasse (NKL) und Klasse der Lasteinwirkungsdauer (KLED)

NKL	Umgebungs-klima		Holz-feuchte der meisten Nadelhöl-zer	Tragwerks- bzw. Gebäudetyp
	Tempera-tur	relative Luft-feuchte ¹		
1	20 °C	≤ 65%	≤ 12%	Innenräume von Wohn-, Schul- und Verwal-tungsbauten
2	20 °C	≤ 85%	≤ 20%	Innenräume von Nutzbauten wie Lagerhallen, Reithallen und Industriehallen sowie über-dachte Konstruktionen im Freien, deren Bau-teile nicht der freien Bewitterung ausgesetzt sind (30° Regeneinfallswinkel)
3	-	-	> 20%	Bauteile im Freien mit konstruktivem Holz-schutz

¹ Die relative Luftfeuchte darf in den Nutzungsklassen 1 und 2 maximal für einige Wochen im Jahr die angegebenen Werte übersteigen

Tabelle 1: Einteilung von Tragwerk- bzw. Gebäudetyp nach Nutzungsklassen (NKL)

KLED	Größenordnung der akkumulierten Lasteinwirkungsdauer	Beispiele
ständig	länger als 10 Jahre	Eigenlasten von Tragwerken, Ausrüstungen, festen Einbauten und haustechn. Anlagen
lang	6 Monate bis 10 Jahre	Lagerstoffe
mittel	1 Woche bis 6 Monate	Nutzlasten, Schneelasten bei Geländehöhe größer 1.000 m ü. NN
kurz	kürzer als eine Woche	Schneelasten bei Geländehöhen bis 1.000 m ü. NN, Windlasten
sehr kurz	kürzer als 1 Minute	außergewöhnliche Lasten, Anpralllasten, Erdbebenlasten

Tabelle 2: Einteilung von Tragwerk- bzw. Gebäudetyp in Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED)

Der Modifikationsbeiwert k_{mod} hängt demnach von Nutzungsklasse und Lasteinwirkungs-dauer ab. Empfohlene Werte für k_{mod} sind für die genannten Holz- und Holzwerkstoffarten nachfolgenden aufgeführt.

Baustoff (Bezugsnorm)	Nutzungsklasse		
Vollholz (EN 14081-1), Brettschichtholz (EN 14080), Furnierschichtholz (EN 14374, EN 14279), Sperrholz (EN 636-1, -2, -3)			
Lasteinwirkungsdauer	1	2	3
Ständig	0,60	0,60	0,50
Lang	0,70	0,70	0,55
Mittel	0,80	0,80	0,65
Kurz	0,90	0,90	0,70
sehr kurz	1,10	1,10	0,90

Tabelle 3: Empfohlene Werte für k_{mod}

Die Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffeigenschaften nach EN 1995-1-1 setzen sich wie folgt zusammen:

Grenzzustand der Tragfähigkeit	γ_M
<i>Grundkombination</i>	
Vollholz	1,30
Brettschichtholz	1,25
LVL, Sperrholz, OSB	1,20
Spanplatten	1,30
Harte Faserplatten	1,30
Mittelharte Faserplatten	1,30
MDF-Faserplatten	1,30
Weiche Faserplatten	1,30
Verbindungen	1,30
Nagelplatten (Stahleigenschaften)	1,25
<i>außergewöhnliche Kombination</i>	
Allgemein	1,00
Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	
Allgemein	1,00

Tabelle 4: Empfohlene Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffeigenschaften

2.4 Baustoffeigenschaften

Baustoffkennwerte werden als charakteristische Rohdichte und Festigkeitswerte angegeben. Diese entsprechen einem angenommenen Quantilwert einer statistischen Verteilung,

im Regelfall dem 5 % - Quantilwert bei Festigkeiten und Rohdichten, bei Steifigkeiten dem Mittelwert.

Nachfolgend sind exemplarisch die charakteristischen Festigkeitskennwerte nach EN 338 für Nadelholz und nach EN 14080 für Brettschichtholz (homogener Aufbau) aufgeführt.

Nadelholz		Festigkeitsklasse von Nadelholz													
		Symbol	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	
Festigkeits-eigenschaft [N/mm ²]	Biegefestigkeit	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	
	Zugfestigkeit	$f_{t,0,k}$	7,2	8,5	10	11,5	13	14,5	16,5	19	22,5	26	30	33,5	
		$f_{t,90,k}$	0,4												
	Druckfestigkeit	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	24	25	27	29	30	
		$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0	
Schubfestigkeit	$f_{v,k}$	3	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0		
Festigkeits-eigenschaft [kN/mm ²]	Elastizitätsmodul	$E_{m,0,mean}$	7,0	8,0	9,0	9,5	10,0	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	
		$E_{m,0,k}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,1	10,7	
		$E_{m,90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	
	Schubmodul	G_{mean}	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	
Rohdichte [kg/m ³]	Rohdichte	ρ_k	290	310	320	330	340	350	360	380	390	400	410	430	
		ρ_{mean}	350	370	380	400	410	420	430	460	470	480	490	520	

Tabelle 5: Festigkeitsklassen von Nadelholz nach EN 338

Brettschichtholz		Festigkeitsklasse von Brettschichtholz								
homogener Aufbau		Symbol	GI 20h	GI 22h	GI 24h	GI 26h	GI 28h	GI 30h	GI 32h	
Festigkeits-eigenschaft [N/mm ²]	Biegefestigkeit	$f_{m,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32	
	Zugfestigkeit	$f_{t,0,g,k}$	16	17,6	19,2	20,8	22,3	24	25,6	
		$f_{t,90,g,k}$	0,5							
	Druckfestigkeit	$f_{c,0,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32	
		$f_{c,90,g,k}$	2,5							
	Schubfestigkeit (Schub und Torsion)	$f_{v,g,k}$	3,5							
Rollschubfestigkeit	$f_{r,g,k}$	1,2								
Festigkeits-eigenschaft [kN/mm ²]	Elastizitätsmodul	$E_{0,g,mean}$	8400	10500	11500	12100	12600	13600	14200	
		$E_{0,g,05}$	7000	8800	9600	10100	10500	11300	11800	
		$E_{90,g,mean}$	300							
		$E_{90,g,05}$	250							
	Schubmodul	$G_{g,mean}$	650							
		$G_{g,05}$	540							
Rollschubmodul	$G_{r,g,mean}$	65								
	$G_{r,g,05}$	54								
Rohdichte [kg/m ³]	Rohdichte ^b	$\rho_{g,k}$	340	370	385	405	425	430	440	
		$\rho_{g,k,mean}$	370	410	420	445	460	480	490	

Tabelle 6: Festigkeitsklassen von Brettschichtholz nach EN 14080

3. ZULASSUNGSPRÜFUNGEN

Sämtliche Steck-Verbindungssysteme sind hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit bzw. der Tragfähigkeit der gesamten Verbindung geprüft worden, welche zu den in Punkt 4 aufgelisteten Ergebnissen führen.

Anhand der Versuchsergebnisse wurden in weiterer Folge Rechenmodelle abgeleitet, welche zu den in Punkt 5 aufgelisteten Ergebnissen führen.

Versuche zum Auszieh Widerstand und zur Bestimmung der Schubtragfähigkeit erfolgten sowohl in als auch quer zur Faserrichtung,

- in Nadelholz,
- in Brettschichtholz und Brettspertholz (insbesondere Schmalseite),
- Anschluss des Schwellenholzes mit einer Mörtelfuge von 30 mm ist sowohl geprüft als auch simuliert worden.

Wichtig sind die Ergebnisse zum Stahlversagen, welche dank **optimierter Klemmbacken** nun ausschließlich in Zugversagen der Bolzen mit Regelgewinde M12 10.9 resultierten. Damit sind Verbindungen mit M12 Gewinde in Stahlgüte 4.6 bis zu 10.9 zulässig.

Vorteile mit neuer ETA-23/0672:2023

Federbelastete, mechanisch gesicherte Klemmbacken ersetzen eingeklebte Klemmpratzen

Vollständiger Klemmbackenring ersetzt 2 Stück geviertelte Klemmpratzen

- ⇒ Erhöhte Zulassungswerte axial
- ⇒ Überkopfmontage, Einsteckrichtung aus allen Richtungen sicher abgetragen
- ⇒ Keine Spaltwirkung

4. PRODUKTINFORMATIONEN – TECHNISCHE DATEN

Alle maßgebenden und relevanten Bestimmungen bezüglich Materialkennwerte, Anwendungsbereiche der Verbindungssysteme sind der Europäischen Technischen Bewertung *ETA-23/0672* zu entnehmen. Zusätzlich zur Qualitätssicherung erfolgt eine **externe Fremdüberwachung**, welche die konstante und gleichbleibende Leistungsfähigkeit und Qualität der Produkte dokumentieren.

Technische Beschreibung des Produkts

Die Steckverbinder sind zweiteilig und bestehen aus Verbinder und einem stiftförmigen Verbindungsmittel mit M12 Anschlussgewinde. *Tabelle 7: Verbindervarianten und Bohrdurchmesser im Holz* gibt einen Überblick über die Bohrung im Holz und zugehörige Verbinder.

Bohrung	37 mm		40 mm		
	S40-M12 oK	S40-M12 mK	S45-M12 oK	S45-M12 mK	S40-M12 L
Zugelassen für	Schub 	Schub + Zug	Schub 	Schub + Zug 	Schub + Zug
Holzgew.	ja	ja	ja	Ja	nein
Außen-ø	40 mm	40 mm	45 mm	45 mm	39 mm ¹⁾
Oberfläche	Blau	silber	blau	Silber	silber (galv. verz.)
	Galvanisch verzinkt		Galvanisch verzinkt		Feuerverz. Lasche

oK / mK ... ohne / mit Klemmbacken

L ... Steckverbinder mit Lochblech, für Zugverankerung bei sehr hohen Zuglasten und Schub

¹⁾ passgenauer Sitz im Bohrloch 40mm

Tabelle 7: Verbindervarianten und Bohrdurchmesser im Holz

Das zugehörige stiftförmige Verbindungsmittel mit M12 Gewinde am Ende wird in den Konus des Verbinders eingesteckt, zentriert selbständig und wird von den Klemmbacken fixiert, d.h. die Verbindung ist sofort beanspruchbar.

Für das **stiftförmige Verbindungsmittel** können folgende Typen verwendet werden:

- Bolzen, Gewindestangen M12 (4.6 bis zu 10.9) für Stahl- und Holzverbindungen
- Holzschrauben nach EN 14592 oder selbstbohrende Schrauben nach ETA mit M12 Anschlussgewinde (4.6 bis zu 10.9)
- Betonanker nach ETA, herstellerunabhängig, mit M12 ≥ 80 mm Anschlussgewinde (die Hersteller weisen Güte 8.8 bzw. $f_{u,k} = 800 \text{ N/mm}^2$ in ihrer ETA aus)

Holzbaustoffe und Materialqualität

Die Steckverbinder sind verzinkt und für den Einsatz in Nutzungsklasse 1 und 2 zugelassen.

Verbindungen zwischen folgenden Holzwerkstoffprodukten sind zugelassen, wobei bei der Berechnung für Nadel- und Laubhölzer eine maximale charakteristische Rohdichte von 590 kg/m^3 zulässig ist:

- Bauholz aus Nadel- und Laubholz nach EN 338 / EN 14081,
- Brettschichtholz BSH und Balkenschichtholz aus Nadel- und Laubholz nach EN 1194 / EN 14080, ETA oder Nationaler Zulassung,
- Furnierschichtholz LVL nach EN 14374, ETA oder Nationaler Zulassung,
- Furnierstreifenholz Parallam PSL,
- Spanstreifenholz Intrallam LSL,
- Duo- and Triobalken (siehe Balkenschichtholz),
- Brettsperrholz (CLT) und gleichwertige tragend verklebte Bauprodukte nach EN16351, ETA oder Nationaler Zulassung.
- Holzwerkstoffprodukte und Massivholzplatten nach EN 13986 oder ETA bzw. Nationaler Zulassung, wenn die Bestimmungen der ETA des Holzwerkstoffprodukte gelten.
- Holzwerkstoffprodukte nach ETA oder Nationaler Zulassung, falls die ETA des Produktes Bestimmungen für die Verwendung von selbstbohrenden Schrauben einschließt, die den Bestimmungen der ETA für die Erzeugung von Holzwerkstoffprodukten entsprechen.

Tabelle B.1 aus ETA-23/0672 enthält die charakteristischen Tragfähigkeiten mit Standard und reduzierten End- und Randabständen auf Basis von C24 ($\rho_k = 350\text{kg/m}^3$) oder Holzwerkstoffe ($\rho_k = 385\text{kg/m}^3$, z.B. CLT).

Die Zulassungsprüfungen erfolgten mit $l_{ef} = 32\text{mm}$ Gewindelänge. Nach ETA-23/0672, Anhang A1 darf die Gewindelänge erhöht werden und die Länge des Holzgewindes L_g mittels linearer Interpolation auf max. $3x L_g$ erhöht werden. Die Verbinder mit Klemmbacken (mK) haben serienmäßig $L_g = 36\text{ mm}$ bei Länge 45mm um idente Tragfähigkeit wie in der ersten, 2018 erwirkten ETA, zu haben.

Charakteristische Tragfähigkeit (kN)		S40-M12 mK	S45-M12 mK	S40-M12 L	S30-M12 i, M30-M12 i	S40-M12 oK, S45-M12 oK	
Stahlversagen (axial)	$F_{t,Rk}^{1)}$	4.6, 4.8: 33,7 kN; 5.6, 5.8: 42,1 kN; 6.6: 50,6 kN; 8.8: 67,4 kN; 10.9: 84,3 kN				wenn relevant: $F_{t,Rk}^{1)}$	
Axial 90°, $a_{4,c}=50\text{ mm}^{2)}$	$a_{1,c} \geq 58\text{mm}$	$F_{ax,90,Rk}$	9,1		$F_{v,Rk,DT}^{6)}$	X	x
	$a_{1,c} \geq 200\text{mm}$		8,3				
	$a_{1,c} \geq 400\text{mm}$		11,4				
Axial ²⁾	$\alpha=0^\circ$, $\geq 80 \times 80$	$F_{ax,0,Rk}$	10,5 ³⁾		$F_{v,Rk,DT}^{6)}$	X	x
	edge EWP, $t \geq 60\text{mm}$	$F_{ax,edge,Rk}$	10,4				
Abscheren ⁴⁾	$0^\circ a_{4,c} = 50$	$F_{v,0,Rk}$	29,3		$F_{v,Rk,M12}$	$F_{v,Rk,M12}$	
	$90^\circ a_{4,t} = 50$	$F_{v,90,Rk}$	17,1				
Abscheren ⁵⁾	$90^\circ a_{4,t} = 50$	$F_{v,90,Rk}$	10,2	10,2			--

¹⁾ $F_{t,Rd} = F_{t,Rk} / \gamma_{M2} = F_{t,Rk} / 1,25$; $F_{t,Rk} = f_{ub} \cdot A_s$;

f_{ub} = Stahlzugfestigkeit (N/mm²), A_s = Kernquerschnitt M12 (84,3 mm²)

²⁾ $F_{ax,Rk}$ für S-Verbinder $l=45\text{mm}$, Holz-Gewindelänge 32 mm, Min.-Querschnitt 100x45 mm² (Kommentar: edge EWP = Schmalseite des Holzwerkstoffs)

³⁾ $F_{ax,0,Rk}$ für kurze (z.B. Wind) und sehr kurz Lastdauer

⁴⁾ Abscheren ohne auf Querkzug belasteter Rand (Lochleibungsfestigkeit, ohne Seileffekt)

⁵⁾ $a_{4,t} = 50\text{ mm}$, Abscheren mit belastetem Rand (ohne Querkzugverstärkung)

⁶⁾ Limitierung der Tragfähigkeit auf Stahlversagen $F_{t,Rk}$ durch $F_{v,Rk,DT}$, Abschernachweis (Nägel, Schrauben) im Lochblech nach EN1995-1-1 oder durch die Werte lt. Leistungserklärung des Herstellers.

Tabelle 8: Kenndaten Verbinder nach ETA-23/0672 : 2023

Neu: je Wand 2 Verbinder weniger!

4.1 Steckverbinder mK (mit Klemmbacken)

Typ	S40-M12 mK	S45-M12 mK
Außendurchmesser D	40 mm	45 mm
Gewinde-Innendurchmesser Di	36 mm	39 mm
Bohrdurchmesser im Holz	37 mm	40 mm
Länge L	45 mm	45 mm, 110 mm
Gewindelänge Lg	36 mm	36 mm, 96 mm
Innendurchmesser d1	12 mm für metrischen Bolzen, Gewindestange	
Innendurchmesser d2	Für passgenaue Auflage der M12 Sechskantmutter zur Höhen Nivellierung	
	Mindestholzquerschnitt, Abstände	
Vollholz, Seitenholz	45x100 mm ² , a _{4,c} =40 mm	45x100 mm ² , a _{4,c} =40 mm
Vollholz, Hirnholz	80x80 mm ² , a _{4,c} =40 mm	80x80 mm ² , a _{4,c} =40 mm
BSP-Schmalseite	≥ 60 mm, a _{4,c} =30 mm	≥ 80 mm, a _{4,c} =30 mm

Tabelle 9: Kenndaten Verbinder S40-M12 mK und S45-M12 mK

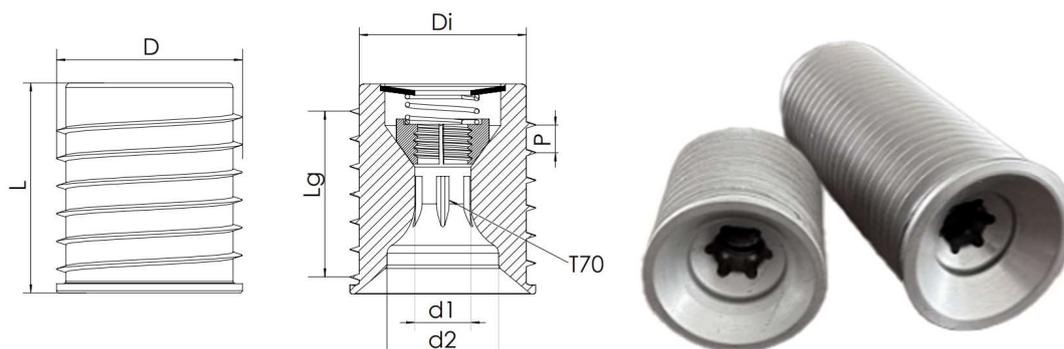


Abbildung 3: Verbinder S40-M12 mK, S45-M12 mK

**Neu: Bohrloch 40 mm,
erhöhte Sicherheit**

Es sind die Standardlänge 45 mm und bei S45-M12 auch 110 mm lange Verbinder lagernd, zugelassen sind Verbinder bis zu 120 mm Länge. Sonderlängen sind auf Anfrage verfügbar.

Zum Eindrehen der Verbinder in das Holz ist ein Standard-Sternantrieb T70 Werkzeug geeignet.

Die Mindesteinstecktiefe des M12 Bolzens in die Verbinder ist 45 mm, d.h. der Bolzen ist mit der Oberkante des Verbinders bündig.

4.2 Steckverbinder oK (ohne Klemmbacken)

Typ	S40-M12 oK	S45-M12 oK
Außendurchmesser D	40 mm	45 mm
Gewinde-Innendurchmesser Di	36 mm	39 mm
Bohrdurchmesser im Holz	37 mm	40 mm
Länge L	45 mm	45 mm
Gewindelänge Lg	ca. 30 mm	ca. 30 mm
Innendurchmesser d1	12 mm für metrischen Bolzen, Gewindestange	
Innendurchmesser d2	Für passgenaue Auflage der M12 Sechskantmutter zur Höhen Nivellierung	
	Mindestholzquerschnitt, Abstände	
Vollholz, Seitenholz	45x100 mm ² , a _{4,c} =40 mm	45x100 mm ² , a _{4,c} =40 mm
Vollholz, Hirnholz	80x80 mm ² , a _{4,c} =40 mm	80x80 mm ² , a _{4,c} =40 mm
BSP-Schmalseite	≥ 60 mm, a _{4,c} =30 mm	≥ 80 mm, a _{4,c} =30 mm

Tabelle 10: Kenndaten Verbinder S40-M12 oK und S45-M12 oK

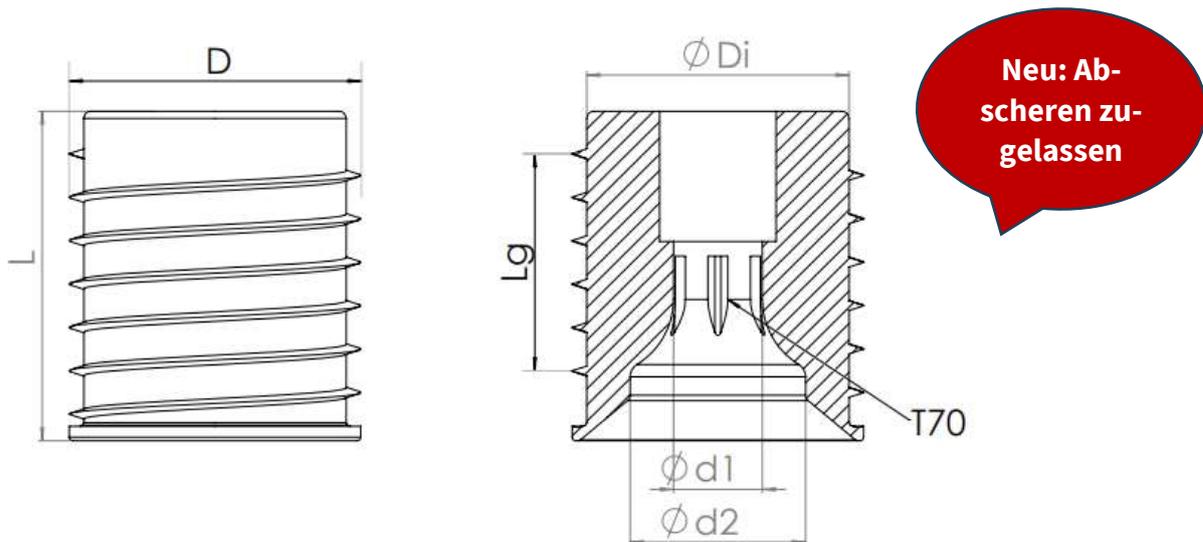


Abbildung 4: Verbinder S40-M12 oK, S45-M12 oK

Es sind neben der Standardlänge 45 mm Verbinder bis zu 120 mm zugelassen. Sonderlängen sind auf Anfrage verfügbar.

Zum Eindrehen der Verbinder in das Holz ist ein Standard-Sternantrieb T70 Werkzeug geeignet.

Die Mindesteinstecktiefe des M12 Bolzens in die Verbinder wird mit 45 mm empfohlen, d.h. der Bolzen ist mit der Oberkante des Verbinders bündig.

4.3 Steckverbinder L (Zuganker)

Typ	S40-M12 L-60	S45-M12 L-80
Länge L	Für 60 mm Schwelle	Für 80 mm Schwelle
Außendurchmesser D	39 mm	39 mm
Bohrdurchmesser im Holz	40 mm	40 mm
Zuglasche L x B x t	340 mm, 60mm, 3mm	
Kamm-/Rillennägel nach EN14592 oder nach ETA	4x40, 4x50 , 4x60 (bis zu 4x100) Min. 10 Stk., max. 31 Stk., nach statischem Erfordernis	
Innendurchmesser d1	12 mm für metrischen Bolzen, Gewindestange	
Innendurchmesser d2	Für passgenaue Auflage der M12 Sechskantmutter zur Höhen Nivellierung	
	Mindestholzquerschnitt	Abstände
Vollholz, Seitenholz	60x100 mm ² , a _{4,c} =40 mm	80x100 mm ² , a _{4,c} =40 mm
Vollholz, Hirnholz	80x80 mm ² , a _{4,c} =40 mm	80x80 mm ² , a _{4,c} =40 mm
BSP-Schmalseite	60 mm	80 mm

Tabelle 11: Kenndaten Verbinder S40-M12 L

Bei Bohrabstand $a_{4,t} \geq 40$ mm ist bei den Kammnägeln $a_{4,c} \geq 5d$ eingehalten.

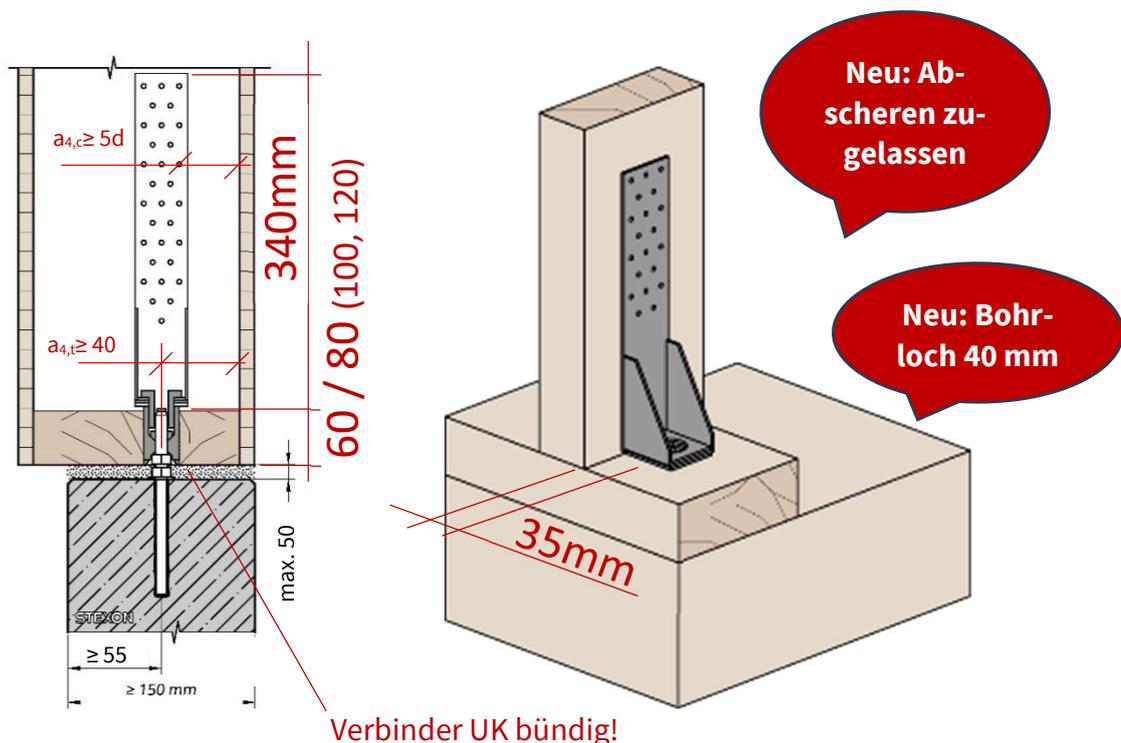


Abbildung 5: Verbinder S40-M12 L

Es gelten dieselben Nutzungsbedingungen wie für den Steckverbinder S40-M12. Die Steckverbinder S40-M12 L mit Zuglasche sind ohne Holz-Außengewinde ausgeführt und für die Schwellendicke 60 mm und 80 mm auf Lager. Sonder-Schwellendicke unter bzw. über 80 mm sind auf Anfrage verfügbar (z.B. 45 mm LVL, 100 mm und 120 mm Schwellendicke).

4.4 Kenndaten Stockschraube M12 (stiftförmiges Verbindungsmittel)

Stiftförmiges Verbindungsmittel	
Herstellerangaben beachten!	
Oberer Teil (Anschlusselement Steckverbinder)	
Material	Nach ETA, EN 14592
Gewinde	M12
Güte	4.6 - 10.9
Länge l_s	≥ 80 mm
Unterer Teil, Holzgewinde (Holz-Holz Verbindung)	
Holzgewinde	Nachweis gemäß ETA oder EN 14592
Durchmesser d_g	12 mm
Länge $l_g (\geq 4d)$	60, 100 oder 140 mm
Unterer Teil – Betonanker (Beton-Holz Verbindung)	
Nachweis	Betondübel gemäß ETA
Unterer Teil, Stahlbolzen (Stahl-Holz Verbindung)	
Gewinde M12	Stahlverbindung gemäß EC3

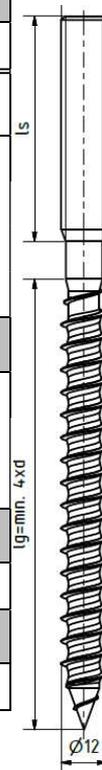


Tabelle 12: Kenndaten Stiftförmiges Verbindungsmittel

Vorbohrdurchmesser der Stockschraube sind mind. **8 mm bis max. 10 mm**. Die Bohrung dient für exaktes positionieren und lotrechte Orientierung des M12 Bolzens!

Empfohlen sind ≥ 45 mm Einstecktiefe des M12 Bolzens in die Verbinder.

Mindestens 80 mm Länge muss der M12 Bolzen bei Betonanker u.a. für die vorhandene Quellschicht haben!

Es gelten dieselben Nutzungsbedingungen wie für den Steckverbinder S40-M12.

**Neu: kürzere Längen für
geringere Holzdicken
zugelassen**

5. BERECHNUNG UND NACHWEISFÜHRUNG

Alle maßgebenden und relevanten Bestimmungen bezüglich axialer Belastung und auf Abscheren sowie kombinierte Belastung werden dargestellt.

5.1 Technische Daten Axial und charakteristische Tragfähigkeit

Der Gesamtwert der Ausziehfestigkeit ergibt sich aus dem kleinsten Wert der Ausziehwiderstände $F_{ax,Rk}$ vom Holzgewinde des Verbinders im Holzbauteil, dem Stahlversagen $F_{t,Rk}$ des Verbinders (Klembacken) sowie des Ausziehversagens $F_{ax,Rk,DT}$ des stiftförmigen Verbindungsmittels (DT Dowel Type fastener) zu:

$$F_{ax,\alpha,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{k_{mod} \cdot F_{ax,Rk}}{\gamma_M} \\ \frac{F_{t,Rk}}{\gamma_{m,2} = 1,0} \\ \frac{k_{mod} \cdot F_{ax,Rk,DT}}{\gamma_M} \end{array} \right.$$

Die angegebenen Berechnungsverfahren gelten für Nadel- und Laubhölzer (Weich- und Harthölzer) und dürfen bis zur maximalen charakteristischen Rohdichte des Holzes von $\rho_k = 590 \text{ kg/m}^3$ erhöht werden. Laubhölzer und Holzwerkstoffprodukte dürfen eine höhere Rohdichte aufweisen, diese ist aber in der Berechnung der Tragfähigkeit nicht zu berücksichtigen.

Rohdichtekorrektur nach ETA-23/0672 bzw. EN 1995-1-1 [3]:

$$F_{ax,\alpha,Rk,\rho_\alpha} = F_{ax,\alpha,Rk} \left(\frac{\rho_\alpha}{\rho_k} \right)^{0,8}$$

5.1.1 Charakteristische Tragfähigkeit (Stahlversagen) $F_{t,Rk}$

Bei den Versuchen resultierte Stahlversagen der M12 Gewindestange Güte 10.9. Daher darf die Stahltragfähigkeit wie in Tabelle B.1 in ETA-23/0672 angesetzt werden:
4.6, **4.8: 33,7 kN**; 5.6, 5.8: 42,1 kN; 6.6: 50,6 kN; **8.8: 67,4 kN**; 10.9: 84,3 kN

Bei den Verbindern S40-M12 und S45-M12 mit 45 mm Länge wird die Stahltragfähigkeit nicht maßgebend und darf bei den Nachweisen vernachlässigt werden.

5.1.2 Charakteristischer Auszieh Widerstand $F_{ax,Rk}$ des Verbinders

Die berechnete Ausziehtragfähigkeit aus dem **Hirn - und Seitenholz und entsprechende Rohdichtekorrektur**, ist in den nachfolgenden Tabellen dargestellt. Basis in ETA-23/0672 ist Nadelholz C24 mit Gewindelänge $L_g = 32$ mm. Ausgeführt sind die Verbinder mit 45 mm Länge mit $L_g = 36$ bzw. 110 mm Länge mit $L_g = 96$ mm und sind nach Anhang B.3, ETA-23/0672 linear zu korrigieren mit $F_{ax,Rk,Lg} = L_{g,Ist} \text{ (mm)} / 32 \times F_{ax,Rk}$; die Mindestgüte für den Einsatz der Verbinder ist \geq Klasse C14 nach EN338.

Eine Kraft-Faserneigung zwischen $\alpha = 0^\circ - 30^\circ$ ist durch lineare Interpolation der nachfolgend tabellierten Werte zu berücksichtigen.

Charakteristische Werte berechnet auf Basis ETA-23/0672:

Hirnholz $F_{ax,Rk}$ für $\alpha = 0^\circ$	S40-M12 mK	S45-M12 mK
Gewindelänge L_g [mm]	36 mm	36 / 96 mm
$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$ (C24)	11,8 kN	11,8 / 31,5 kN
$\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$ (C30)	12,6 kN	12,6 kN
Randabstand $a_{3,c}$, $a_{4,c}$	40 mm	50 mm

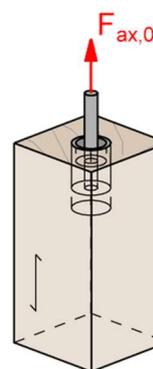


Tabelle 13: Charakteristischer Auszieh Widerstand im **Hirnholz** in Abhängigkeit der Rohdichte; [kN]

Abbildung 6: Auszieh Widerstand Hirnholz

Seitenholz $F_{ax,Rk}$ für $\alpha = 90^\circ - 30^\circ$	S40-M12 mK	S45-M12 mK	
Gewindelänge L_g [mm]	36 mm	36 / 96 mm	
$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$ (C24)	$a_{3,c} = 58$ mm	10,2 kN	10,2 / --- kN
	$a_{3,c} = 100$ mm	10,2 kN	10,2 / 27,2 kN
	$a_{3,c} = 200$ mm	11,1 kN	11,1 / 29,5 kN
	$a_{3,c} = 400$ mm	12,8 kN	12,8 / 34,1 kN
$\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$ (C30)	$a_{3,c} = 58$ mm	10,9 kN	10,9 / --- kN
	$a_{3,c} = 100$ mm	10,9 kN	10,9 / 29,1 kN
	$a_{3,c} = 200$ mm	11,8 kN	11,8 / 31,6 kN
	$a_{3,c} = 400$ mm	13,7 kN	13,7 / 36,5 kN
Randabstand $a_{4,c}$	40 mm	40 mm	

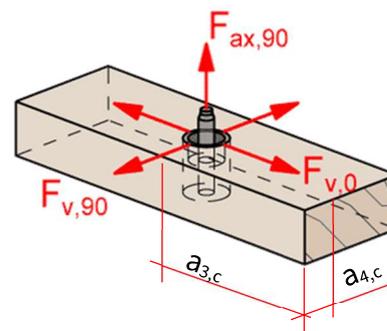


Tabelle 14: Charakteristischer Auszieh Widerstand im **Seitenholz** $\geq 45 \times 100 \text{ mm}^2$ in Abhängigkeit der Holzdicke; [kN]

Abbildung 7: Auszieh Widerstand Seitenholz

2023 erfolgten für die ETA erstmals Ausziehversuche mit **Brettsperrholz** (BSP) Schmalseite und daher ist die Herleitung der Berechnungsmethode nach Uibel/Blaß [4] wie in der ersten Auflage des Bemessungshandbuches 2019 nicht erforderlich.
Die Orientierung der Decklage kann vertikal oder horizontal sein und hat keinen Einfluss.

Charakteristische Werte berechnet auf Basis ETA-23/0672:

Schmalseite BSP $F_{ax,Rk}$ für Rohdichte $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$	S40-M12 mK	S45-M12 mK
Gewindelänge L_g [mm]	36 mm	36 / 96 mm
Auszieh widerstand [kN]	11,7 kN	11,7 / 35,1 kN
BSP - Mindestdicke B [mm]	60 mm	80 mm
Endabstand $a_{3,c}$	50 mm	50 / 100 mm
Randabstand $a_{4,c}$	40 mm	40 mm

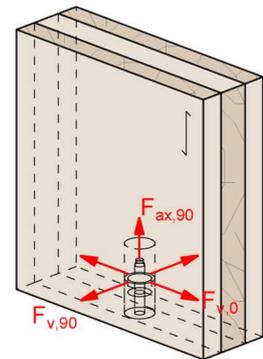


Tabelle 15: Charakteristische Werte des Auszieh widerstandes in den Schmalseiten von Brettsperrholz in Abhängigkeit der Holzdicke; [kN]

Abbildung 8: Auszieh widerstand Schmalseite BSP

Seitenfläche BSP $F_{ax,Rk}$ für Rohdichte $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$	S40-M12 mK	S45-M12 mK
Gewindelänge L_g [mm]	36 mm	36 / 96 mm
Auszieh widerstand [kN]	12,8 kN	12,8 / 34,1 kN
BSP - Mindestdicke B [mm]	45 mm	45 / 120 mm
Endabstand $a_{3,c}$	50 mm	50 / 100 mm
Randabstand $a_{4,c}$	40 mm	40 mm

Tabelle 16: Charakteristische Werte des Auszieh widerstandes in den Seitenflächen von Brettsperrholz in Abhängigkeit der Holzdicke; [kN]

5.1.3 Charakteristischer Auszieh Widerstand $F_{ax,Rk,DT}$ der Stockschraube

Der Auszieh Widerstand des Holzgewindes der **Stockschrauben** (falls vom Hersteller nicht anders angegeben) bemisst sich nach EN 1995-1-1 zu [3]:

$$F_{ax,\alpha,Rk} = \frac{n_{ef} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef}}{1,2 \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \left(\frac{\rho_k}{\rho_\alpha} \right)^{0,8} \quad (8.38)$$

$$\text{mit } f_{ax,k} = 0,52 \cdot d^{-0,5} \cdot l_{ef}^{-0,1} \cdot \rho_k^{0,8} \quad (8.39)$$

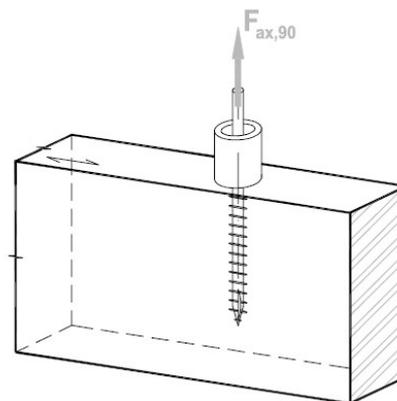


Abbildung 9: Auszieh Widerstand der Stockschraube aus Seitenholz

Für Herausziehen aus dem Hirnholz ($\alpha = 0^\circ - 30^\circ$) ist $f_{ax,k}$ noch um den Faktor k_{ax} abzumindern:

$$F_{ax,\alpha,Rk} = n_{ef} \cdot k_{ax} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef} \cdot k_d$$

$$\text{mit } k_{ax} = 0,3 + \frac{0,7 \cdot \alpha}{30^\circ} < 1 \quad (\text{Tab.11.2 (5), EC5 2024})$$

und $k_d = 1$ (Durchmessereinfluss, Gl. 8.40).

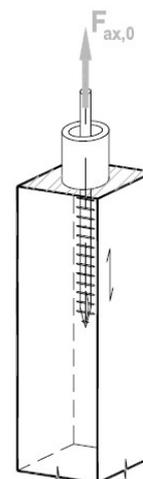


Abbildung 10: Auszieh Widerstand der Stockschraube aus Hirnholz

Stockschraube $F_{ax,Rk,DT}$	d [mm]	12 mm						
	lg [mm]	60	80	100	120	140	180	200
Hirnholz		Auszieh Widerstand $F_{ax,0,Rk,DT}$ [kN]						
$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$ (C24, BSP)		2,34	3,03	3,70	4,36	5,01	6,28	6,90
$\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$ (C20, ~Gl24h)		2,49	3,23	3,95	4,65	5,35	6,70	7,37
$\rho_k = 410 \text{ kg/m}^3$		2,65	3,43	4,20	4,95	5,68	7,12	7,83
$\rho_k = 430 \text{ kg/m}^3$		2,75	3,57	4,36	5,14	5,90	7,40	8,14
Seitenholz		Auszieh Widerstand $F_{ax,90,Rk,DT}$ [kN]						
$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$ (C24, BSP)		7,78	10,08	12,33	14,52	16,69	20,92	23,00
$\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$		8,31	10,77	13,16	15,51	17,82	22,34	24,57
$\rho_k = 410 \text{ kg/m}^3$		8,83	11,44	13,99	16,48	18,94	23,74	26,11
$\rho_k = 430 \text{ kg/m}^3$		9,18	11,89	14,53	17,13	19,67	24,67	27,12

Tabelle 17: Charakteristische Werte des Auszieh Widerstandes der Stockschraube in Hirn- und Seitenholz, in Abhängigkeit der Holzdicke und der Gewindelänge; [kN]

5.1.4 Charakteristischer Auszieh Widerstand $F_{ax,Rk,DT}$ der Betonanker

Auszieh Widerstände für Betonschrauben, Betonanker und Klebeanker usw. sind den jeweiligen Produktzulassungen zu entnehmen (**herstellerunabhängig!**). Bei Holz-Stahl-Anschlüssen ist das Stahlbauteil nach Eurocode 3 zu bemessen.

Die beispielhafte Berechnung mit der Software fischer FIXPERIENCE ergibt für gerissenen Beton C25/30, mit 2,5 cm mittlerer Quellschicht, für FAZ II plus M12 die nachfolgend angeführten Designwiderstände.

Zu berücksichtigen ist, dass ein **exakter Nachweis** anhand der expliziten Anwendung zu erstellen ist. Diese Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Betonanker FAZ II Plus M12	h_{ef} : 70mm, Bemessungswerte für C25/30)	
Aufkantung	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]
b = 150 mm, mittig gebohrt	9,81	4,97
b = 200 mm, mittig gebohrt	14,11	4,97
Randabstand c	N_{Rd}	V_{Rd}
c = 55 mm	9,81	4,97
c = 75 mm	11,78	4,97
c = 95 mm	13,90	4,97
c = 135 mm	14,93	4,97
Ohne Randeinfluss	N_{Rd}	V_{Rd}
c = --	14,93	4,97

Tabelle 18: Bemessungswerte des Betonankers FAZ II plus M12 mit 2,5 cm Quellschicht

Es ist ersichtlich, dass durch die Abstandsmontage die M12 Bolzenbiegung maßgebend ist.

Empfohlen wird die Verwendung der Betonanker mit großer Unterlegscheibe (GS) für eine sichere Auflage und zur Abtragung des Eigengewichts der aufgesteckten Holzkonstruktion im Montagezustand. Nach dem vollständigen Abbinden der Unterfüllung (Quellschicht) wird das Eigengewicht über die Kontaktfläche abgetragen.

180 mm Mindestlänge des Betonankers FAZ II plus GS M12x wird empfohlen.



Abbildung 12: Betonanker mit Höhenmutter, FAZ II plus GS M12

5.2 Technische Daten Abscheren und charakteristische Abschertragfähigkeit

Die Abschertragfähigkeit der Steckverbinder, vom Anwender auch als Schubtragfähigkeit bezeichnet, wurde im Holzbauteil als maximale Lochleibungswerte des Verbinders, geprüft mit eingestecktem M12 Bolzen, zu $F_{v,90,Rk} = 17,1$ kN bestimmt. Diese Werte sind ohne Einfluss von Quersugsversagen des Holzes.

In der ersten ETA (2018) erfolgten Versuche mit zusätzlicher Quersugsicherung durch 2 Stk. 8mm Vollgewindeschrauben, diese resultierten in $F_{v,90,Rk} = 11,8$ kN.

Praxisnahe sind Verbindungen ohne zusätzlicher Quersugsicherungsmaßnahmen, welche in der neuen ETA-23/0672 daher in einem etwas verminderten Wert von $F_{v,90,Rk} = 10,2$ kN nun dokumentiert ist.

5.2.1 Charakteristischer Abscherwiderstand $F_{v,Rk}$ für Holz-Holzverbindungen

Alle Zulassungsversuche basieren auf dem Mindestquerschnitt mit 45 mm Dicke, 100 mm Breite in C24 und sind ohne Berücksichtigung des Seileffekts!

Abschertragfähigkeit Verbinder $a_4 = 50$ mm			S40-M12mK S45-M12 mk	S40-M12 oK S45-M12 oK
$F_{v,0,Rk}$	0°	$a_{3,t} = 200$ mm	29,3 kN	29,3 kN
$F_{v,90,Rk}$	90°	$a_{3,t} = 200$ mm	10,2 kN	10,2 kN

Tabelle 19: Charakteristische Werte der Schubtragfähigkeit der Steckverbinder nach ETA, basierend auf Versuchswerten in C24, Holzdicke $t_{min} = 45$ mm

Die Abschertragfähigkeit der Verbindung resultiert aus dem Mindestwert der Abscherbeanspruchbarkeit des Steckverbinders im Holzbauteil 1 (vgl. Tab. 18) sowie des stiftförmigen Verbindungsmittels im Bauteil 2.

$$F_{v,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} \\ \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk,DT}}{\gamma_M} \end{array} \right.$$

Bauteil 2 kann ein stiftförmiges Verbindungsmittel mit M12 Anschlussgewinde für den Steckverbinder in einem Holz- oder Holzwerkstoffbauteil sein, in einem Stahl- oder Betonbauteil sein.

Überwiegend wird die Fließgelenk-Ausbildung im M12 Bolzen maßgebend!

Für die Berechnung der gesamten Verbindung ist das stiftförmige Verbindungsmittel (Stockschraube, M12 Gewindebolzen) nach Eurocode 5 Kapitel 8.2.3 als einschnittige Stahl-Holzverbindung, **dickes Stahlblech**, zu berechnen [3]:

$$F_{v,Rk,DT} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right. \quad (8.10)$$

mit

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (8.31)$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,07216 \cdot \rho_k \quad (8.32)$$

$$d = d_{ef} = 1,1 \cdot d_i = 9,9 \text{ mm} \quad (8.10)$$

$$k_{90} = 1,53 \text{ für Nadelholz (Weichholz)} \quad (8.33)$$

$$k_{90} = 1,48 \text{ für LVL}$$

$$k_{90} = 1,08 \text{ für Laubholz (Hartholz)}$$

für $f_{u,k} = 800 \text{ N/mm}^2$ (Güte 8.8) ist

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 153,5 \text{ Nmm} \quad (8.30)$$



Abbildung 13: Stockschraube
M12x180/100 ($l_{ef} = 100 \text{ mm}$)

Die Tragfähigkeit der Steckverbinder beruht auf Lochleibungsversuchen sowie auf zusätzlich durchgeführten Bauteilversuchen mit Stockschrauben und ist daher versuchstechnisch belegt.

Es besteht zusätzlich die Möglichkeit, das Steck-Verbindungssystem **ohne Klemmbacken** (oK) zum Positionieren und auf Abscheren belastet zu verwenden. Die Abschertragfähigkeit ist ohne Seileffekt bei den oK – Verbindern anzusetzen.

Nachfolgend sind tabellarisch die charakteristischen Werte der Schubtragfähigkeit **für die gesamte Holz-Holz-Verbindung** angeführt. Diese gelten für Stockschrauben M12 Güte 4.8 und 8.8 mit Holzgewindelänge $l_{ef} = 100 \text{ mm}$.

Abschertragfähigkeit $F_{v,Rk}$			S40-M12mK S45-M12 mk		S40-M12 oK S45-M12 oK	
Charakteristische Rohdichte ρ_k			350 kg/m ³ C24	380 kg/m ³ C30, ~Gl24h	350 kg/m ³ C24	380 kg/m ³ C30, ~Gl24h
$F_{v,0,Rk}$	M12 4.8	$a_{3,t} = 200$ mm	7,0 kN	7,2 kN	4,7 kN	4,8 kN
	M12 8.8	$a_{4,c} = 40$ mm	8,5 kN	8,8 kN	6,2 kN	6,3 kN
$F_{v,90,Rk}$	M12 4.8	$a_{3,c} = 200$ mm	8,5 kN	6,7 kN	4,1 kN	4,3 kN
	M12 8.8	$a_{4,t} = 50$ mm	7,9 kN	8,2 kN	5,7 kN	5,8 kN

Tabelle 20: Charakteristische Werte der Schubtragfähigkeit im Seitenholz in Abhängigkeit der Holzdichte und des Winkels zwischen Kraft- und Faserrichtung ε

Werte für geringere Abstände a_3 und a_4 sind mit der Stexon GmbH abzuklären.

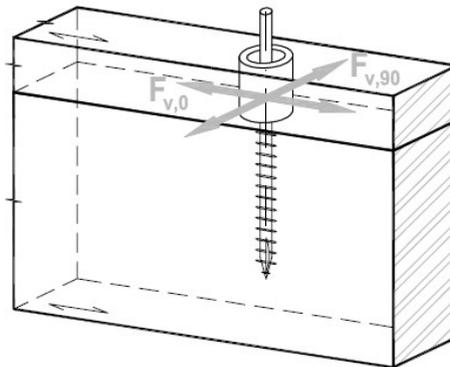


Abbildung 14: Abschertragfähigkeit Seitenholz bei Belastung in ($\varepsilon = 0^\circ$) und senkrecht ($\varepsilon = 90^\circ$) zur Faserrichtung

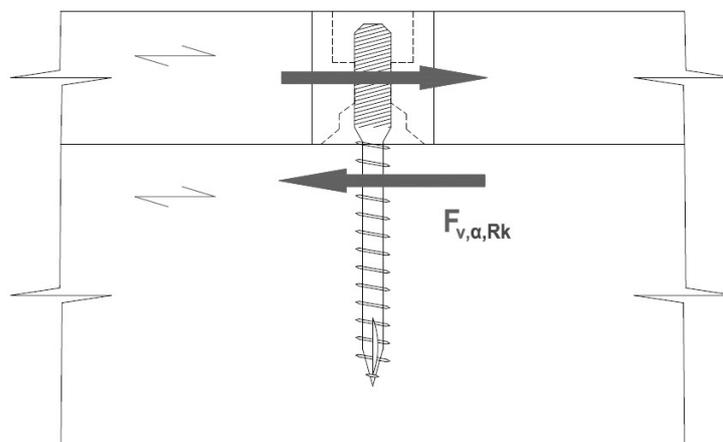


Abbildung 15: Steckverbinder ohne Klemmbacken im Schwellenholz zur Positionierung und Abtragung von Abscherkräften $F_{v,\alpha,Rk}$

Für **Brettsperrholz** gilt nach Uibel/Blaß für Holzschrauben in der Schmalfläche [4]:

$$f_{h,k} = 20 \times d_{ef}^{-0,5}$$

Abscherversuche der Steckverbinder in der Schmalseite von BSP bei Versuchen 2018 resultierten in die nachfolgend angeführten **charakteristischen Werte** der Verbindungen und wurden 2023 nochmals mit weiteren Versuchen bestätigt. Diese sind noch nicht in die ETA 2023 integriert, die Zulassungserweiterung ist beantragt.

S40-M12 mK, S45-M12 mK		Abschertragfähigkeit $F_{v,Rk}$
Schmalfläche		
Kraftrichtung	Abstände°	$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$
0°	$a_3 = 200 \text{ mm}$ $a_4 = 45 \text{ mm}$	9,84 kN
45°		8,29 kN
90		6,74 kN

Tabelle 21: Charakteristische Werte der Schubtragfähigkeit in der Schmalfläche von Brettsperrholz in Abhängigkeit des Winkels zwischen Kraft und Faserrichtung; [kN]

Die Seitenfläche ist analog zum Abscherverhalten im Vollholz zu betrachten!

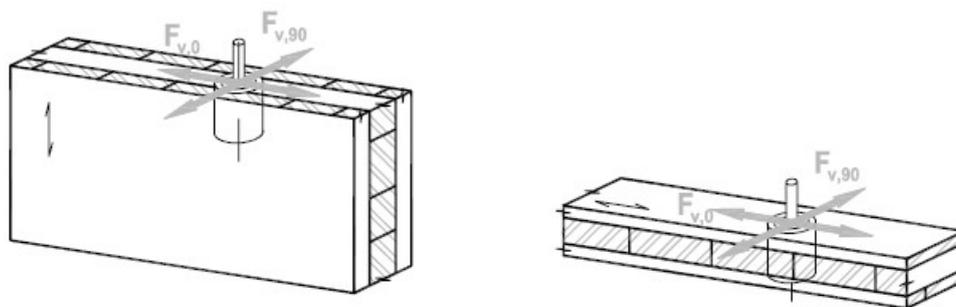


Abbildung 16: Abschertragfähigkeit in Schmal (li) - und Seitenfläche (re) von Brettsperrholz bei Belastung in Richtung und senkrecht zur Plattenebene

Wird der **Anschluss mit einer Fuge** ausgebildet, so ist diese im Johansen Nachweis der Verbindung zu berücksichtigen.

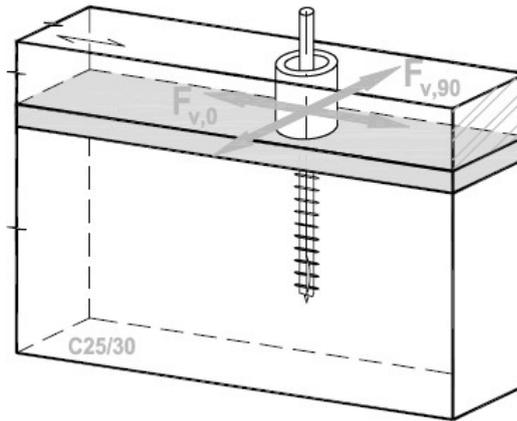


Abbildung 17: Abschertragfähigkeit Schwellenholz mit Mörtelfuge bei Belastung in und senkrecht zur Faserrichtung

Dazu wird die Zwischenschicht (z.B. das Mörtelbett) als eine schubweiche (elastische) Zwischenschicht angenommen und der Johansen Versagensmechanismus für einschnittige Verbindungen entsprechend erweitert [5]. $F_{v,Rk,DT}$ ergibt sich damit als Minimum aus:

$$F_{v,Rk,DT} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} d_{ef} \frac{\beta}{1+\beta} \left[-2t_{zw} - t_1 - t_2 + \sqrt{(4 + \delta + \frac{\delta}{\beta}) t_{zw}^2 + (2 + \frac{1}{\beta}) t_1^2 + (2 + \beta) t_2^2 + 4t_{zw}t_1 + 4t_{zw}t_2 + 2t_1t_2} \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,05 f_{h,1,k} d_{ef} \frac{2\beta}{2+\beta} \left[-t_{zw} - \frac{t_1}{2} + \sqrt{t_{zw}^2 + t_{zw}t_1 + \frac{t_1^2}{2} + \delta \frac{t_{zw}^2}{2\beta} + \frac{t_1^2}{2\beta} + \frac{2M_{y,Rk}}{f_{h,1,k}\beta d} + \delta \frac{t_{zw}^2}{4} + \frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k}d}} \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,05 f_{h,1,k} d_{ef} \frac{\beta}{\frac{1}{2} + \beta} \left[-t_{zw} - \frac{t_2}{2} + \sqrt{(1 + \frac{\delta}{4\beta} + \frac{\delta}{2}) t_{zw}^2 + (\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\beta) t_2^2 + t_{zw}t_2 + \frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k}\beta d} + \frac{2M_{y,Rk}}{f_{h,1,k}d}} \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,15 f_{h,1,k} d_{ef} \frac{1}{1+\beta} \left[-\beta t_{zw} + \sqrt{\beta^2 t_{zw}^2 + 4\beta(\beta+1) \frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k}d_{ef}} + \frac{\beta(\beta+1)}{2} \delta t_{zw}^2} \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2+\beta} \left[\sqrt{2\beta(1+\beta) + \frac{4\beta(2+\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k}d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_2 d}{1+2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1+\beta) + \frac{4\beta(1+2\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k}d t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1+\beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$

5.2.2 Charakteristischer Abscherwiderstand $F_{v,Rk}$ für Holz-Betonverbindungen

Die Lochleibungsfestigkeit $f_{h,1,k}$ wird nach Eurocode 5 in Abhängigkeit des Winkels zur Holzfaserrichtung bestimmt. Erfolgt der Anschluss mit Mörtelfuge auf Beton (häufigste Anwendungen), so wird dies mit der Software des Betonankerherstellers entsprechend berechnet.

Die Druckfestigkeit des Quells Mörtels ist in der Regel mit 30 N/mm^2 erforderlich für die Berechnung mit der Software der Betonankerhersteller (Festigkeitsklasse M30, EN 998-2).

Für den Seileffekt wird der Ausziehwiderstand des Steckverbinders aus dem Holzbauteil angesetzt.

Hinweis: Es ist bei den Montagen ist bei einem Wandelement die die Mörtelfuge unterschiedlich und wurde in diesem Bemessungshandbuch im Mittel mit $t = 2,5 \pm 1,5 \text{ cm}$ berücksichtigt.

Die zunehmende Ausführungsqualität führt zu geringerer mittlerer Quells Mörtelschichtdicke von $2,0 \text{ cm}$!

Bei der Bemessung von Fundamentbefestigungen resultiert die Tragfähigkeit aus dem Minimum des Betonankers inklusive Berücksichtigung der vorhanden mittleren Quells Mörtel-Zwischenschichtdicke sowie des Holznachweis des Steckverbinders.

5.2.3 Charakteristischer Abscherwiderstand $F_{v,Rk}$ für Holz-Stahlverbindungen

Bei der Bemessung von Holz-Stahlverbindungen resultiert die Tragfähigkeit aus dem Minimum des Stahlanschlusses nach EC3 sowie des Holznachweis des Steckverbinders.

5.3 Technische Daten S40-M12 L (Zuganker) – Charakteristische Werte

Im Gegensatz zu den Steckverbinder wird der Zuganker S40-M12 L vorwiegend für die **Zugverankerung in die Stiele** eingesetzt. Die Verbinderhülse hat $d_a = 39$ mm und es resultiert ein Lochspiel von 1 mm bei empfohlenem Bohrloch $\varnothing 40$ mm.

Am Stiel wird das Lochblech 340 x 60 x 3 mm angenagelt oder angeschraubt. Je nach abzutragender Zugkraft ist die Anzahl der $\varnothing 4$ mm Kammnägel (Rillennägel) oder $\varnothing 4$ mm Schrauben zu ermitteln.

Die Abschertragfähigkeit $F_{ax,0,Rk}$ ist vom Kammnagelprodukt und der Länge abhängig, exemplarisch wird für GH-Kammnägel 4 x 50 mm (ETA-13/0523) die charakteristische Tragfähigkeit angeführt.

S40-M12 L $a_{3,c} = a_{4,c} \geq 40$ mm	Zugtragfähigkeit $F_{ax,0,Rk}$ Kammnägel 4 x 50 mm
Nagelanzahl	1 Verbinder
10 (empfohlene Mindestnagelanzahl)	15,7 kN
15	21,7 kN
20	28,3 kN
25	34,1 kN
31	41,0 kN

Abschertragfähigkeit Verbinder $a_4 = 50$ mm			S40-M12 L
$F_{v,0,Rk}$	0°	$a_{3,t} = 200$ mm	29,3 kN
$F_{v,90,Rk}$	90°	$a_{3,t} = 200$ mm	10,2 kN



Tabelle 22: Charakteristische Werte der Zugfestigkeit und des Auszieh-
widerstandes des Zugankers L in Abhängigkeit der Nagelanzahl; [kN]

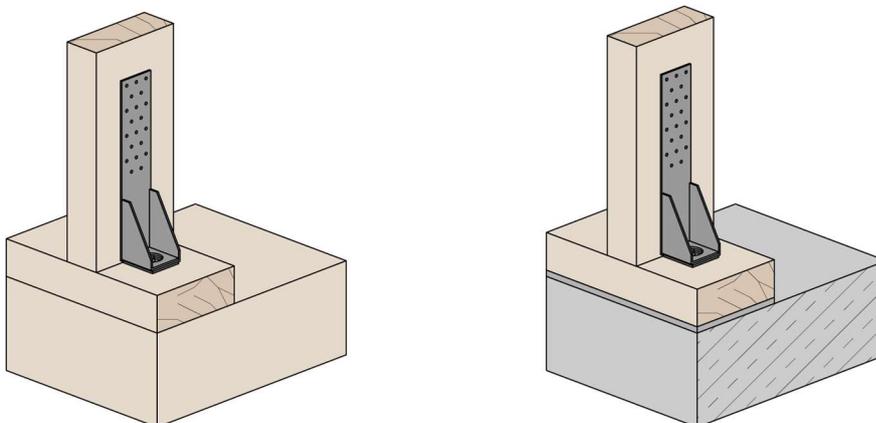


Abbildung 18: Anwendung der Steckverbinder S40-M12 L an Holz (oben und links) und an Beton (rechts)

Limitiert wird bei Betonanschlüssen die Tragfähigkeit von der Ausziehtragfähigkeit des Betonankers M12! Daher sind für einen Betonanker FAZ II Plus M12 ca. 15 Stk. Kammnägel 4 x 50 mm ausreichend!

Bei Holz-Holzverbindungen sind für die geschossweise Durchankerung von Lasten entsprechend höhere Kräfte übertragbar.

Die hohe Tragfähigkeit der Zuganker kann bei Fundamentanschlüssen mittels einer zusätzlichen Stahlplatte die Last auf 2 Betonanker verteilt und damit die Tragfähigkeit deutlich erhöht werden.

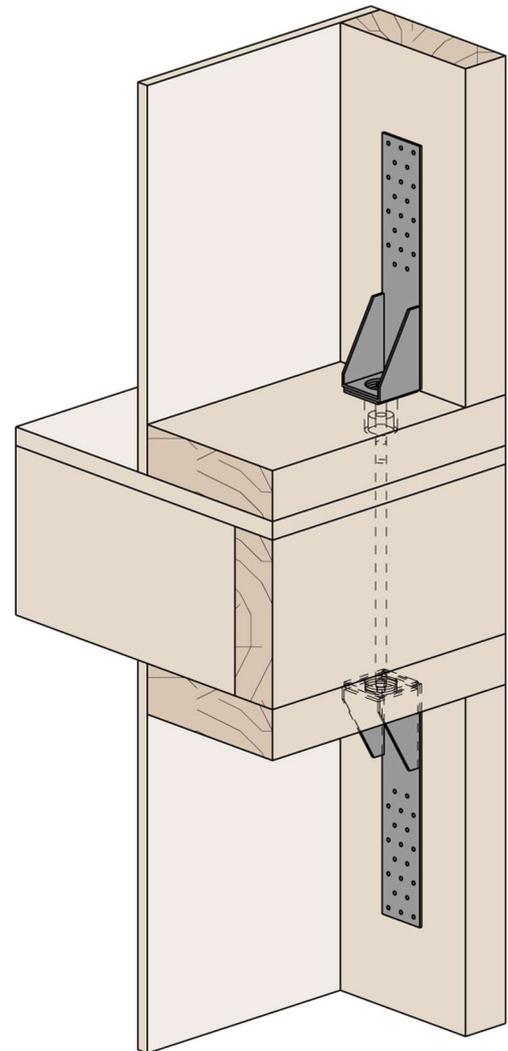


Abbildung 19: Anwendung der Steckverbinder S40-M12 L

Zulässig sind auch 2 Zuganker nebeneinander am Stiel, wenn der Nachweis des stiftförmigen Verbindungsmittels erfüllt ist. Erforderlich für das Bohrloch 40 mm ist der Randabstand $a_4 = 40$ mm, Abstand untereinander $a_2 = 80$ mm, womit die Mindeststielbreite 160 mm vorliegen muss!

Zulässig ist auch bei 6 cm Stiel an beiden Seiten (Rücken-an-Rücken) je einen Zuganker zu nageln. Mit maximaler Rillennägel 4x50 wird nach EC5 ($t-t_2 > 4d$) eingehalten. Der Bohrlochabstand ergibt sich für die Zuganker zu 13 cm (3,5 + 6 + 3,5 cm)

6. ANWENDUNG – RECHENBEISPIEL

Es werden nur die Nachweise für die Zug- und Schubverankerungen mit Steck-Verbindungssystemen geführt.

Die Dimensionierung und Nachweisführung für Ständer und Beplankung sind nach EN 1995-1-1 zu führen.

Gegeben sei eine Wandtafel der Abmessungen $l = 8,00$ m und $h = 2,5$ m. Die Breite des Schwellenholzes ist 20 cm. Die Breite der Holzwerkstoffplatten ist 1,25 m.

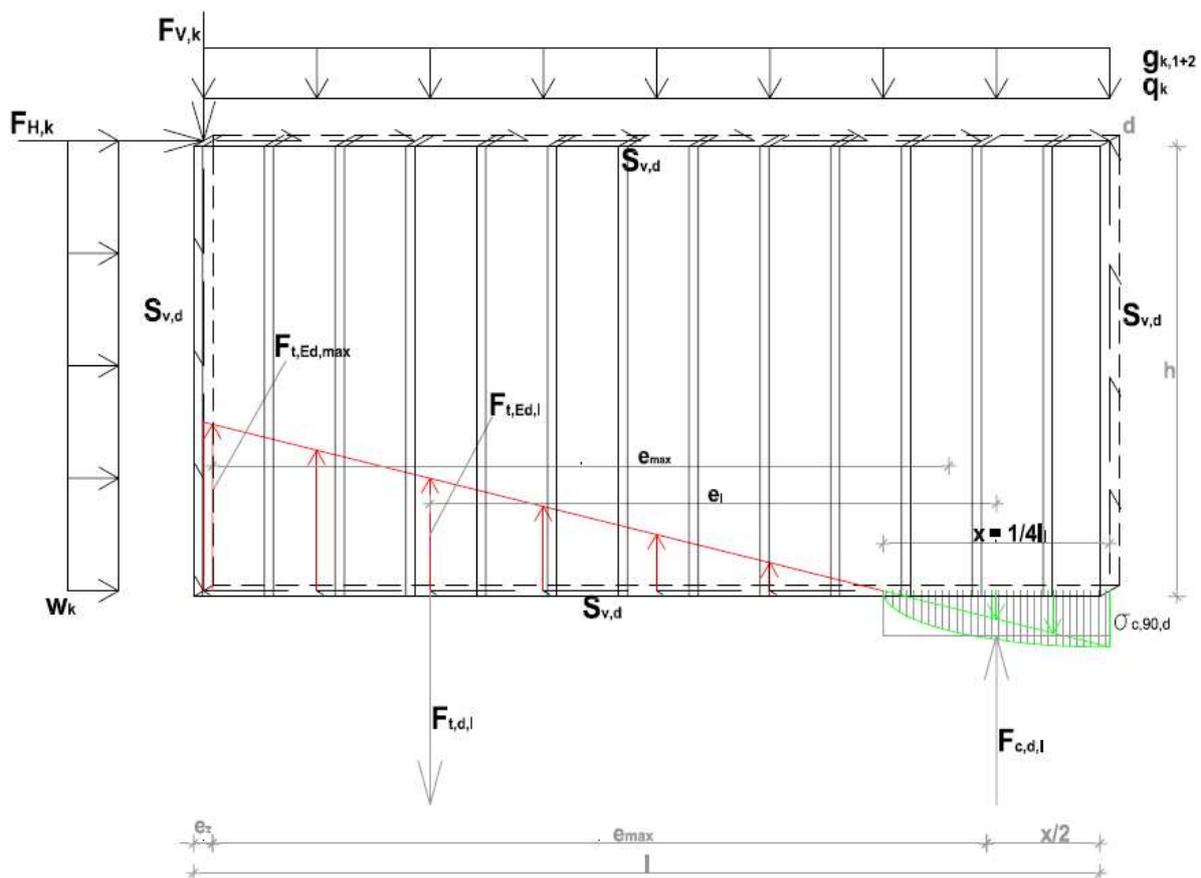


Abbildung 20: Rechenmodell Schub auf Wandscheibe

Einwirkungen:

Eigengewicht Wand: $g_{k,1} = 0,9 \text{ kN/m}^2$
 Ausbaulast Decke OG und Dach: $g_{k,2} = 4,0 \text{ kN/m}$
 $F_{V,k} = 5,5 \text{ kN}$

Verkehrslasten (Kat. A): $q_k = 2,5 \text{ kN/m}$

Einwirkende vertikale Auflast (günstig wirkend):

$$q_{Ed} = 0,9 \cdot (g_{k,1} \cdot h + g_{k,2}) = 0,9 \cdot (0,9 \cdot 2,5 + 4,0) = 5,63 \text{ kN/m}$$

$$F_{V,Ed} = 0,9 \cdot 5,5 = 4,95 \text{ kN}$$

Horizontale Kräfte aus Windlast:

$$F_{H,k} = 15,0 \text{ kN}$$

$$w_k = 0,5 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{Einflussbreite } b_e \text{ sei } 4,0 \text{ m})$$

einwirkende horizontale Auflast (ungünstig wirkend):

$$F_{H,Ed} = 1,5 \cdot (F_{H,k} + w_k \cdot b_e \cdot h/2) = 1,5 \cdot (15,0 + 0,5 \cdot 4,0 \cdot 1,25) = 26,25 \text{ kN}$$

Steckverbinder S40-M12 L zur Aufnahme der Zugkräfte:

Randabstand des äußersten Verbindungsmittels (S40-M12 L):

$$e_z = 0,082 \text{ m} \quad \text{Abmessung Ständer sei } 80/200 \text{ mm}$$

$$x = 0,25 \cdot l = 0,25 \cdot 8 = 2,00 \text{ m}$$

$$e_{\max} = l - e_z - x/2 = l - e_z - 1/2 \cdot 1/4 \cdot l = l - e_z - 1/8 \cdot l$$

$$e_{\max} = 7/8 \cdot l - e_z$$

$$e_{\max} = 6,92 \text{ m}$$

Kräfteberechnung:

Zugkräfte zufolge destabilisierender Kräfte auf äußerstes Verbindungsmittel ($\sum e_i = e_{\max}$):

$$F_{t,Ed} = F_{c,Ed} = F_{H,Ed} \cdot \frac{h}{\sum_{i=1}^n e_i}$$

$$F_{t,Ed} = F_{c,Ed} = 26,25 \cdot \frac{2,5}{6,92} = 9,48 \text{ kN}$$

Maximale Beanspruchung:

$$F_{t,Ed} = 9,48 \text{ kN}$$

(stabilisierende, vertikale Einwirkung wird vernachlässigt)

Dimensionierung:

KLED = kurz (Wind)

NKL = 2

$k_{mod} = 0,9$

$\gamma_M = 1,3$ für Vollholz (C24)

$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$

Mörtelfuge sei 20mm, $\alpha = 0^\circ$

Steckverbinder S40-M12 L zur Aufnahme der Zugkräfte:

$$F_{t,Ed,max} = 9,48 \text{ kN}$$

gewählt: 1x S40-M12 L + 15 **Kamm-Nägel 4x50** (Werte aus ETA des Kammnagelherstellers)

$$F_{ax,0,Rk} = 24,55 \text{ kN (für GH Kammnägel, ETA-13/0523)}$$

$$F_{ax,0,Rd} = 0,9 \cdot 24,55 / 1,3 = 17,00 \text{ kN}$$

$$\left(\frac{F_{t,Ed,max}}{F_{ax,0,Rd}} \right) = \left(\frac{9,48}{17,00} \right) = 0,56 < 1$$

Steckverbinder S40-M12 L zur Schubabtragung:

Randabstand des äußersten Verbindungsmittels (S40-M12 L):

$$e_z = 0,4 \text{ m} \quad \text{Mindestrandabstand } e_{end} = 200 \text{ mm}$$

$$x = 0,25 \cdot l = 0,25 \cdot 8 = 2,00 \text{ m}$$

$$e_{max} = l - e_z - x/2 = l - e_z - 1/2 \cdot 1/4 \cdot l = l - e_z - 1/8 \cdot l$$

$$e_{max} = 7/8 \cdot l - e_z$$

$$e_{max} = 6,60 \text{ m}$$

Kräfteberechnung:

Schubfluss zufolge horizontaler Einwirkung ($\sum e_i = e_{\max}$):

$$S_{v,d} = \frac{F_{H,Ed}}{\sum_{i=1}^n e_i}$$
$$S_{v,d} = \frac{26,25}{6,60} = 3,98 \text{ kN/m}$$

Zugkräfte zufolge destabilisierender Kräfte auf äußerstes Verbindungsmittel ($\sum e_i = e_{\max}$):

Die Zugkräfte werden vollständig über den *Steckverbinder S40-M12 L* an den beiden Randrippen aufgenommen. Es erfolgt keine weitere Bemessung zur Aufnahme von Zugkräften durch zusätzlich vorhandene *Steckverbinder S40-M12*.

Maximale Beanspruchung:

Es erfolgt keine Umrechnung des Schubflusses auf die einzelnen Wandtafeln. Stattdessen wird die gesamte Wand als eine Tafel betrachtet und mit einer entsprechenden Anzahl an *Steckverbinder S40-M12* gegen auftretende Schubkräfte versehen.

$$F_{v,0,Ed} = 3,98 \cdot 6,60 = 26,25 \text{ kN}$$

Steckverbinder S40-M12 L und S40-M12 zur Schubabtragung:

$$F_{v,0,Ed} = 26,25 \text{ kN}$$

$$F_{v,0,Rk} = 6,21 \text{ kN (vgl. Tabelle 17, S.28)}$$

$$F_{v,0,Rd} = 0,9 \cdot 6,21/1,3 = 4,30 \text{ kN}$$

$$\left(\frac{F_{v,0,Ed}}{F_{v,0,Rd}} \right) = \left(\frac{26,25}{4,30} \right) = 6,1$$

gewählt: 2x S40-M12 L (Zuganker) und 5x S40-M12 ($n_{ef} = n$ für $e \geq 500 \text{ mm}$)

$$\left(\frac{F_{t,Ed,max}}{F_{ax,0,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{v,0,Ed}}{F_{v,0,Rd}} \right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{9,48}{17,00}\right)^2 + \left(\frac{26,25}{34,40}\right)^2 = 0,56^2 + 0,76^2 = 0,89 \leq 1$$

Für die Zugverankerung an den Wandenden wird je ein *Steckverbinder S40-M12 L* mit 15 Kammnägeln 4,0x50 mm an den beiden Randrippen angebracht.

Auftretende Schubkräfte in der Schwelle werden über zusätzliche 5 Stück *Steckverbinder S40-M12* in die Stahlbetonbodenplatte übertragen.

Dabei ist auf eine regelmäßige Anordnung, sowie die beiden Randabstände von mind. 200 mm zum belasteten Hirnholzende bzw. mind. 40 mm zum Seitenholz zu achten.

Die Betonanker sind separat gegen Ausziehen und Abscheren gemäß ETA des Betonankerherstellers zu bemessen!

Gegenüber der ersten ETA 2018 werden durch die aktuelle ETA-23/0672 jeweils 2 Stück Schubverbinder eingespart!

Normenverzeichnis:

- [1] M. Augustin et al., Semiprobabilistisches Sicherheitskonzept. [wissenswiki.de]
- [2] EN 26891:1991: Holzbauwerke - Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln - Allgemeine Grundsätze für die Ermittlung der Tragfähigkeit und des Verformungsverhaltens, 1991.
- [3] EN 1995-1-1:2015: Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten Teil 1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau, 2015.
- [4] H. J. Blaß und T. Uibel, „Bemessungsvorschläge für Verbindungsmittel in Brettsperrholz: Trag- und Verformungsverhalten von stiftförmigen Verbindungsmitteln in Brettsperrholz“
- [5] H.J. Blaß und B. Laskewitz, „Tragfähigkeit von Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln und Zwischenschichten“

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Steckverbinder von Stexon GmbH	1
Abbildung 2: Überblick der Europäischen Normenfamilie [1]	5
Abbildung 3: Verbinder S40-M12 mK, S45-M12 mK	17
Abbildung 4: Verbinder S40-M12 oK, S45-M12 oK	18
Abbildung 5: Verbinder S40-M12 L	19
Abbildung 6: Auszieh Widerstand Hirnholz	22
Abbildung 7: Auszieh Wider- stand Seitenholz	22
Abbildung 8: Auszieh Wider- stand Schmalseite BSP	23
Abbildung 9: Auszieh Widerstand der Stockschraube aus Seitenholz	24
Abbildung 10: Auszieh Widerstand der Stockschraube aus Hirnholz	24
Abbildung 11: Schwerlastanker (Fischer FAZ II plus M12 GS) für den Holz-Beton-Anschluss mit Steckverbindern	25
Abbildung 12: Betonanker mit Höhenmutter, FAZ II plus GS M12	25
Abbildung 13: Stockschraube M12x180/100 ($l_{ef} = 100$ mm)	27
Abbildung 14: Abschertragfähigkeit Seitenholz bei Belastung in ($\varepsilon = 0^\circ$) und senkrecht ($\varepsilon = 90^\circ$) zur Faserrichtung	28
Abbildung 15: Steckverbinder ohne Klemmbacken im Schwellenholz zur Positionierung und Abtragung von Abscherkräften $F_{v,\alpha,Rk}$	28
Abbildung 16: Abschertragfähigkeit in Schmal (li) - und Seitenfläche (re) von Brettsperrholz bei Belastung in Richtung und senkrecht zur Plattenebene	29
Abbildung 17: Abschertragfähigkeit Schwellenholz mit Mörtelfuge bei Belastung in und senkrecht zur Faserrichtung	30
Abbildung 18: Anwendung der Steckverbinder S40-M12 L an Holz (oben und links) und an Beton (rechts)	32
Abbildung 19: Anwendung der Steckverbinder S40-M12 L	33
Abbildung 20: Rechenmodell Schub auf Wandscheibe	34

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Einteilung von Tragwerk- bzw. Gebäudetyp nach Nutzungsklassen (NKL) 10

Tabelle 2: Einteilung von Tragwerk- bzw. Gebäudetyp in Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED) 10

Tabelle 3: Empfohlene Werte für k_{mod} 11

Tabelle 4: Empfohlene Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffeigenschaften 11

Tabelle 5: Festigkeitsklassen von Nadelholz nach EN 338 12

Tabelle 6: Festigkeitsklassen von Brettschichtholz nach EN 14080 12

Tabelle 7: Verbindervarianten und Bohrdurchmesser im Holz 14

Tabelle 8: Kenndaten Verbinder nach ETA-23/0672 : 2023 16

Tabelle 9: Kenndaten Verbinder S40-M12 mK und S45-M12 mK 17

Tabelle 10: Kenndaten Verbinder S40-M12 oK und S45-M12 oK 18

Tabelle 11: Kenndaten Verbinder S40-M12 L 19

Tabelle 12: Kenndaten Stiftförmiges Verbindungsmittel 20

Tabelle 13: Charakteristischer Auszieh Widerstand im Hirnholz in Abhängigkeit der Rohdichte; [kN] 22

Tabelle 14: Charakteristischer Auszieh Widerstand im Seitenholz $\geq 45 \times 100 \text{ mm}^2$ in Abhängigkeit der Holzdicke; [kN] 22

Tabelle 15: Charakteristische Werte des Auszieh Widerstandes in den Schmalseiten von Brettsper Holz in Abhängigkeit der Holzdicke; [kN] 23

Tabelle 16: Charakteristische Werte des Auszieh Widerstandes in den Seitenflächen von Brettsper Holz in Abhängigkeit der Holzdicke; [kN] 23

Tabelle 17: Charakteristische Werte des Auszieh Widerstandes der Stockschraube in Hirn- und Seitenholz, in Abhängigkeit der Holzdicke und der Gewindelänge; [kN] 24

Tabelle 18: Bemessungswerte des Betonankers FAZ II plus M12 mit 2,5 cm Quellschicht- Zwischenschicht 25

Tabelle 19: Charakteristische Werte der Schubtragfähigkeit der Steckverbinder nach ETA, basierend auf Versuchswerten in C24, Holzdicke $t_{min} = 45 \text{ mm}$ 26

Tabelle 20: Charakteristische Werte der Schubtragfähigkeit im Seitenholz in Abhängigkeit der Holzdicke und des Winkels zwischen Kraft- und Faserrichtung ε 28

Tabelle 21: Charakteristische Werte der Schubtragfähigkeit in der Schmalfläche von Brettsper Holz in Abhängigkeit des Winkels zwischen Kraft und Faserrichtung; [kN] 29

Tabelle 22: Charakteristische Werte der Zugfestigkeit und des Auszieh- widerstandes des Zugankers L in Abhängigkeit der Nägelanzahl; [kN] 32