

Leistungsfähige Schrägverschraubungen im Holzbau

High-capacity angled screw connections in timber
construction

La performance des vissages obliques dans la
construction bois

Efficienza dell'assemblaggio diagonale con viti nella
costruzione in legno

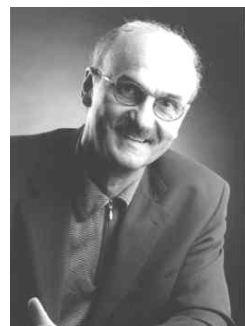
Prof. Dr.-Ing. Martin H. Kessel
Prüfingenieur für Baustatik VPI

Institut für Baukonstruktion und Holzbau iBHolz
Technische Universität Braunschweig

Labor für Holztechnik LHT
Fachhochschule Hildesheim

Ingenieurbüro kgs Hildesheim

Hildesheim, Deutschland



1. Einleitung

Die Verbindung von Holzbauteilen durch Schrägverschraubung mit Vollgewindeschrauben ist eine Bauart des 21. Jahrhunderts und befindet sich noch in der Entwicklung. Die Ergründung ihres Tragverhaltens und anderer heute relevanter Eigenschaften ist längst nicht abgeschlossen. Über ihre Planung und Ausführung gibt es für Ingenieure noch viel zu lernen und zu lernen und in der handwerklichen Ausbildung zum Gesellen und zum Meister kommt diese Bauart so gut wie noch gar nicht vor.

Vor diesem Hintergrund und mit dem Bewusstsein, dass Bauholz ein natürlich gewachsener anisotroper Faserwerkstoff ist, ist es empfehlenswert, dass solche Verbindungen von Ingenieuren auf der Grundlage ihres an Hochschulen erworbenen holzbautechnischen Fachwissens geplant und in der Ausführung betreut werden. Handwerkliches Wissen reicht dafür, wie für Holztragwerke allgemein – von der Balkonanlage über den Holztafelbau bis zur weitgespannten Brücke –, in der Regel nicht aus.

Die Wirkungsweise von Schrägverschraubungen mit Vollgewindeschrauben wird im Folgenden an 3 typischen Verbindungen des Holzbaus gezeigt.

2. Stützenfuß

Der Stützenfuß in Abbildung 1 kann für eingeschossige bauliche Anlagen mit geringem Gefährdungspotential, wie Carports, Balkone und Überdachungen verwendet werden. Bei dem Stützenfuß handelt es sich bei Normalkraftbeanspruchung um eine geregelte Bauart, so dass seine Tragfähigkeit auf der Grundlage der DIN 1052:2008-12, der DIN 18800:2008-11 und der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-9.1-235 bestimmt werden kann.

Abweichend von der Zulassung Z-9.1-235 für ABC Spax-Schrauben sind die Schrauben des Stützenfußes unter einem Winkel von 25° zur Holzfaserrichtung eingedreht. Bei diesem Winkel ergeben sich bei Zugbeanspruchung deutlich höhere Tragfähigkeit der Schrauben, was durch Versuche im Labor für Holztechnik LHT nachgewiesen wurde.

2.1. Tragfähigkeit bei Zugbeanspruchung

Der Anschluss Holzstiel an Kopfplatte wird mittels 12 ABC Spax Vollgewindeschrauben 5,0x70 im Winkel von 25° zur Faserrichtung des Stiels hergestellt.

Tragfähigkeit einer Schraube auf Herausziehen
nach Z-9.1-235 für $l_{\text{eff}} = 60\text{mm}$

$$R_{\text{ax,d}} = k_{\text{mod}} \cdot 1775\text{N}$$

Hieraus resultiert eine Zugbeanspruchbarkeit
für den Anschluß

$$\begin{aligned} R_{\text{t,d}} &= k_{\text{mod}} \cdot 12\text{Schrauben} \cdot 1775\text{N} \cdot \cos 25^\circ \\ &= k_{\text{mod}} \cdot 19.300\text{N} \end{aligned}$$

Die Bohrungen in der Kopfplatte sind ebenfalls im Winkel von 25° gefertigt. Die Schraubenköpfe werden hierin versenkt, so dass die Schrauben nicht auf Abscheren beansprucht werden. Die sich für die Kopfplatte ergebenden Druckbeanspruchungen können ohne weiteren Nachweis von dieser aufgenommen werden.

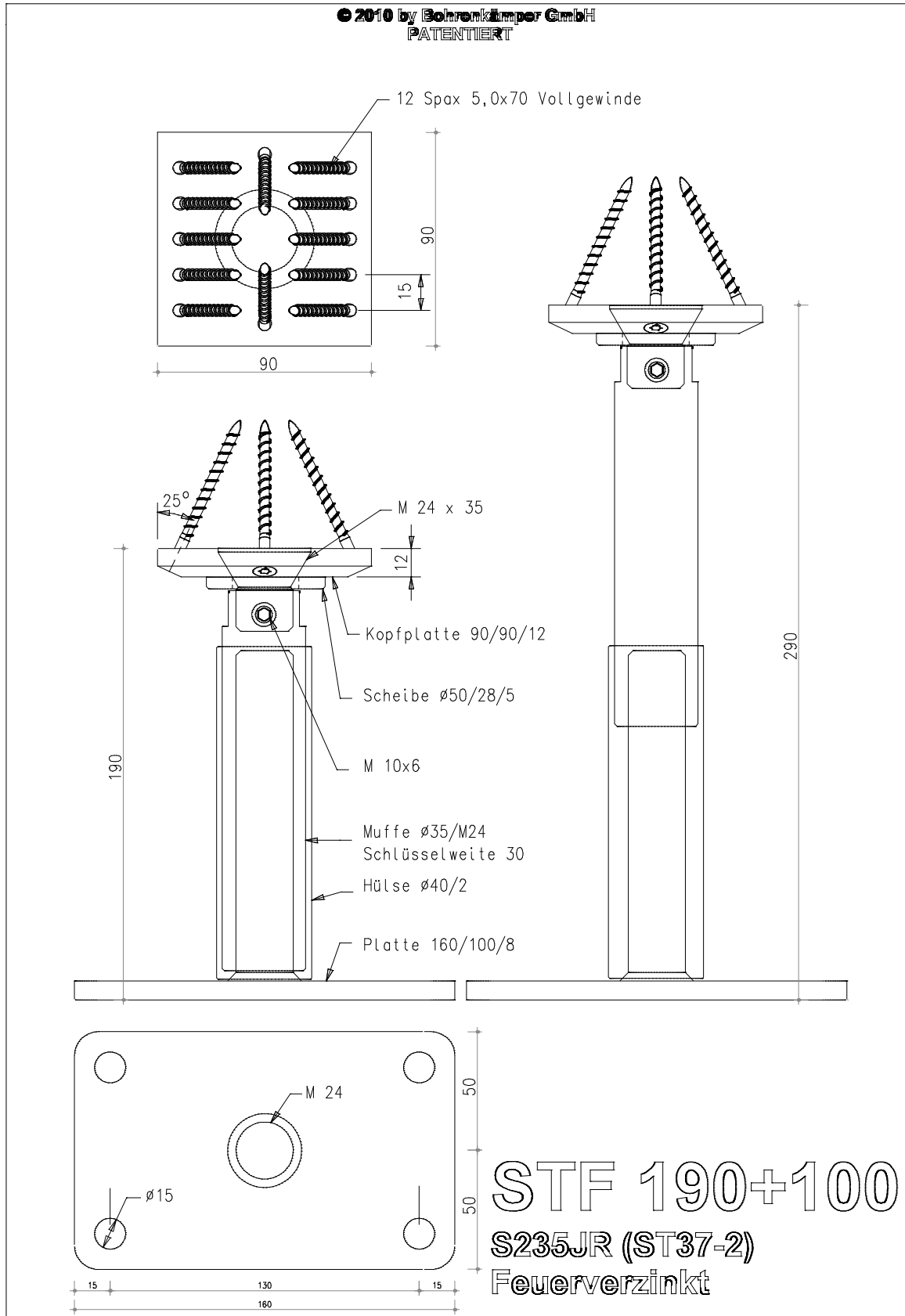


Abbildung 1: Stützenfuß

Die Zugbeanspruchbarkeit $R_{t,d}$ muss darüber hinaus durch den

- Anschluss Kopfplatte an Gewindemuffe,
- Anschluss Gewindemuffe an Gewindestange M24x90 und den
- Anschluss der Fußplatte an die Unterkonstruktion

sicher gestellt werden.

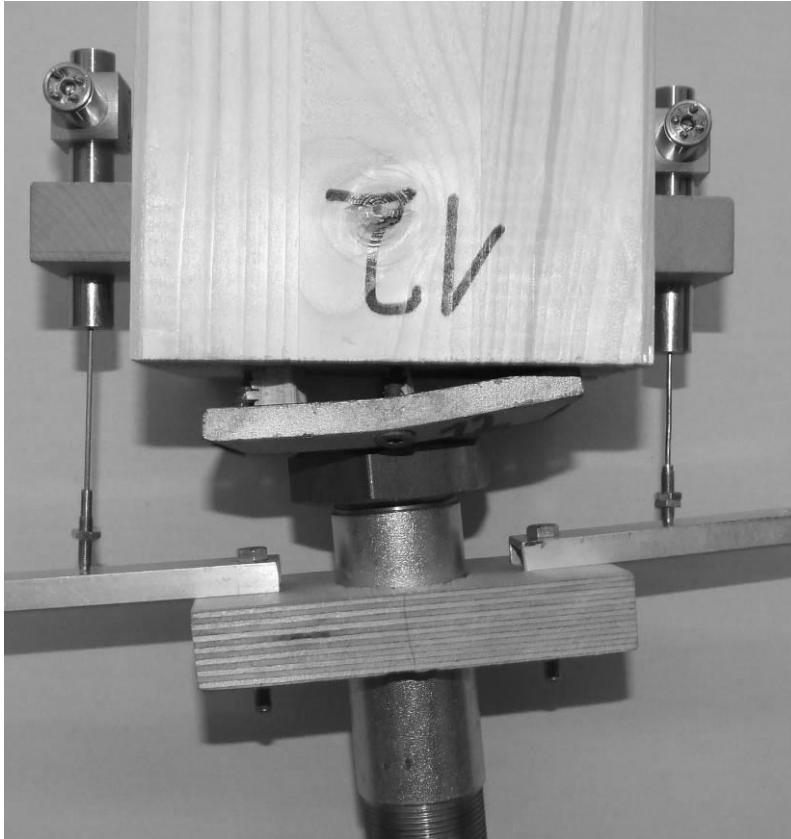


Abbildung 2: Versagen des Stützenfußes durch Herausziehen der Vollgewindeschrauben

Die Ergebnisse der Versuche des LHT Hildesheim (siehe Prüfbericht Nr.: P 1406 vom 08.11.2006) zeigen deutlich höhere Tragfähigkeiten als zuvor berechnet und in der vorhandenen Musterstatik angegeben.

3. Sternzapfenverbinder

Der Sternzapfenverbinder in Abbildung 3 kann im Hirnholz auf Zug und auf Abscheren beansprucht werden. Bei dieser Beanspruchung handelt es sich um eine geregelte Bauart, so dass seine Tragfähigkeit auf der Grundlage der DIN 1052:2008-12, der DIN 18800:2008-11 und der Zulassung Z-9.1-235 für ABC Spax- Schrauben bestimmt werden kann. Gegebenenfalls sind Querschnittsnachweise in den angeschlossenen Bauteilen erforderlich. Verformungen und Schlupf in der Verbindung müssen im Normalfall nicht berücksichtigt werden.

Abweichend von der Zulassung Z-9.1-235 für ABC Spax- Schrauben werden die Schrauben des Verbinders unter einem Winkel von 30° zur Holzfaserrichtung eingedreht. Die Ergebnisse der Versuche des LHT Hildesheim (siehe Prüfbericht Nr.: 01/ P 0310 vom 01.02.2010) zeigen bei diesem Winkel deutlich höhere Tragfähigkeiten als die, die der Zulassung zu Grunde liegen. Die Tragfähigkeit der Spaxschrauben auf Druck bei dem querbelasteten Verbinder können in Anlehnung an die Zulassungen Z-9.1-235 und Z- 9.1-519 ermittelt werden. Knickversagen der Schrauben ist bei den geringen Einschraubtiefen nicht zu erwarten.

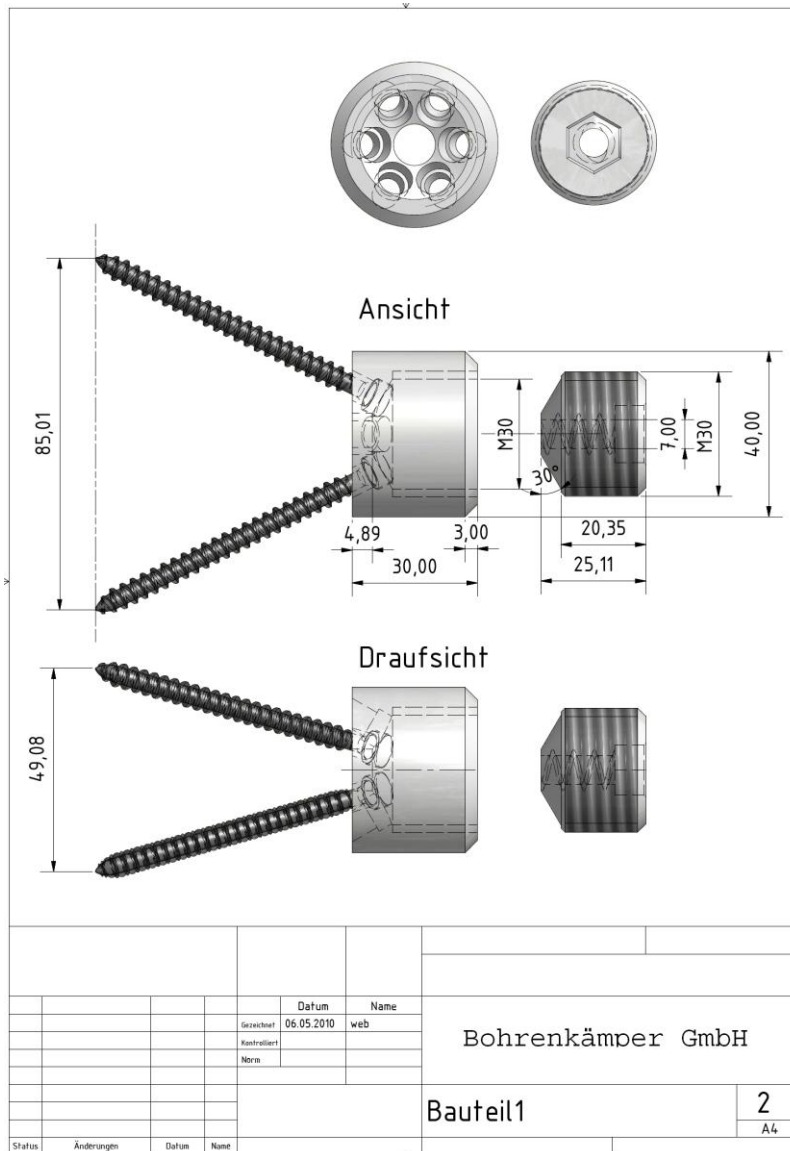


Abbildung 3: Sternzapfenverbinder

3.1. Tragfähigkeit für Zugbeanspruchung

Der Ankerkörper wird mittels 4 bzw. 6 ABC Spax Vollgewindeschrauben $\varnothing 6,0 \times l$, die im Winkel von 30° zur Faserrichtung in das Hirnholz eingeschraubt werden, befestigt.

Die Bohrungen im Ankerkörper sind ebenfalls im Winkel von 30° gefertigt und außerdem für die Aufnahme des Schraubenkopfes versenkt. Die Schrauben werden also nicht auf Abscheren beansprucht.

Die Zugtragfähigkeit einer Schraube beträgt nach Z-9.1-235

$$R_{ax,k} = \frac{f_{1,k} \cdot l_{ef} \cdot d_1}{\sin^2 \alpha + \frac{4}{3} \cos^2 \alpha}$$

mit

$$f_{1,k} = 80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$$

d_1 = Gewindeaußendurchmesser

l_{ef} = Einschraubtiefe (Gewindelänge)

ρ_k = charakteristische Rohdichte

α = Einschraubwinkel zur Holzfaserrichtung

Die daraus ermittelten charakteristischen Tragfähigkeiten der Schrauben sind in Tabelle 1 angegeben.

Die für einen Einschraubwinkel von 30° aus Versuchen im LHT Hildesheim bestimmte charakteristische Tragfähigkeit pro Spax $\varnothing 6,0 \times 80$ beträgt 4,96 kN und ist damit deutlich größer als die gemäß Zulassung Z-9.1-235 ermittelte charakteristische Tragfähigkeit dieser Schraube von $R_{ax,k} = 3,29$ kN.

Die charakteristische Zugtragfähigkeit $R_{t,k}$ des Verbinders in Tabelle 1 ergibt sich zu

$$R_{t,k} = n \cdot R_{ax,k} \cdot \cos 30^\circ$$

mit n = Anzahl der Spaxschrauben,

wobei die Tragfähigkeit des Verbinders durch die charakteristische Tragfähigkeit der Zentralschraube ABC Spax Teilgewindeschraube $\varnothing 10,0 \times l$ begrenzt wird. Die Bemessungswerte der Tragfähigkeiten in Abhängigkeit der Lasteinwirkungsdauer sind in Tabelle 2 angegeben.

Die Zugbeanspruchbarkeit $R_{t,d}$ muss darüber hinaus durch

- die Gewindeverbindung der Konusschraube M30 im Ankerkörper und
 - die Gewindeverbindung der Zentralschraube mit dem Ankerkörper
- sicher gestellt werden.

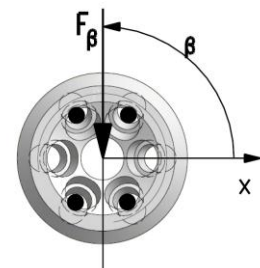
3.2. Tragfähigkeit für Querbeanspruchung

Die Konusschraube M 30 ist so gefertigt, dass sie kraftschlüssig auf die Schraubenköpfe der Spaxschrauben drückt. Hierdurch wird erreicht, dass die Spaxschrauben auf Druck beansprucht werden können. Die hierfür ermittelten charakteristischen Tragfähigkeiten der Schrauben sind in Tabelle 1 angegeben. Für Einschraubtiefen bis $20d_1$ wird der Versagensmechanismus Ausknicken der Schraube nicht maßgebend.

Für die Ermittlung der charakteristischen Quertragfähigkeit des Verbinders infolge der Verschraubung werden folgende 2 Fälle unterschieden:

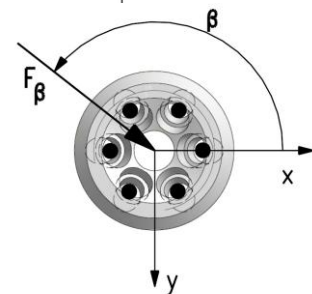
Fall 1: Beanspruchbarkeit für $\beta = 90^\circ \pm 5^\circ$

- Es werden 2 x 2 Schrauben beansprucht.



Fall 2: Beanspruchbarkeit für alle anderen Winkel β

- Es werden alle Schrauben beansprucht.



Die charakteristischen Tragfähigkeiten des Verbinders wurden für beide Fälle anhand eines dreidimensionalen Stabwerkmodells ermittelt, indem die Kräfte F_β gesucht wurden, die zu einer vollen Ausnutzung der Spaxschrauben führen.

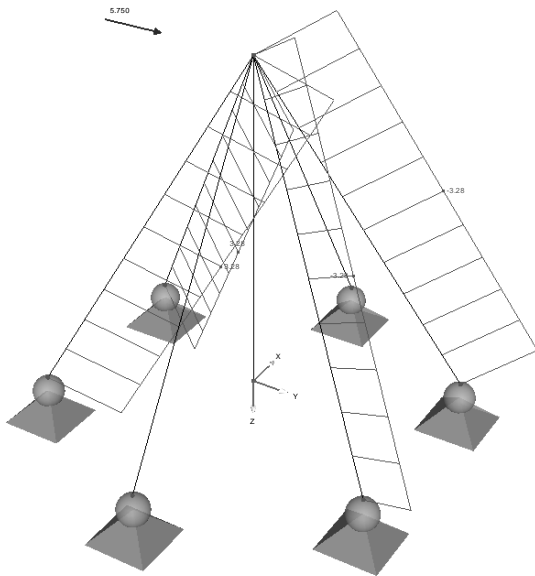


Abbildung 4: Statisches Modell der Schrauben

Die charakteristischen Tragfähigkeiten des Verbinders in Abhängigkeit der verwendeten Spax- Schrauben sind in Tabelle 3 angegeben.

Die charakteristische Tragfähigkeit infolge Lochleibungsspannung für Ankerkörper ergibt sich nach Johanssen (G.13)

$$R_k = f_{h,\alpha,1,k} \cdot t_1 \cdot d.$$

mit

$f_{h,\alpha,1,k}$ = Lochleibungsfestigkeit für $\alpha=90^\circ$

d = Durchmesser

t_1 = Einschraubtiefe (Länge des Ankerkörpers)

zu

$$R_k = 8,83 \text{ N/mm}^2 \cdot 27\text{mm} \cdot 40\text{mm} = 9537\text{N}.$$

Dieser Wert ist größer als die zuvor ermittelten Werte.

Die Bemessungswerte der Tragfähigkeiten sind für die Fälle 1 und 2 in Abhängigkeit der Lasteinwirkungsdauer in **Tabelle 4** angegeben.

3.3. Tragfähigkeit für kombinierte Beanspruchung

Bei kombinierter Beanspruchung des Verbinders auf Zug- und Querkraft lässt sich die Beanspruchbarkeit durch folgende Interaktion

$$\frac{F_{t,d}}{R_{t,d}} + \frac{F_{\beta,d}}{R_{\beta,d}} \leq 1$$

mit

$F_{t,d}$ Bemessungswert der Zugbeanspruchung

$F_{\beta,d}$ Bemessungswert der Querbeanspruchung in der jeweiligen Richtung

$R_{t,d}$ Bemessungswert der Zugtragfähigkeit gemäß **Tabelle 2**

$R_{\beta,d}$ Bemessungswert der Quertragfähigkeit gemäß **Tabelle 4**

angeben.

Charakteristische Zugtragfähigkeiten R_k der Spaxschrauben

Spax	Holzquerschnitt [cm]	Gewindelänge L_{ef} [mm]	R_{AX} pro Schraube [N]	Anzahl n	Summe R_{AX} [N]	charakt. Zugtragfähigkeit $R_{Z,k}$ des Verbinders [N] *)	mindest Scheibendurchmesser [mm]
6 x 80	10 / 10	70	3293	6	19758	17111	60
	6 / 10	70	3293	4	13172	11407	50
6 x 100	12 / 12	90	4233	6	25398	21995	60
	8 / 12	90	4233	4	16932	14664	50
6 x 120	14 / 14	110	5174	6	31044	26885	70
	8 / 14	110	5174	4	20696	17923	60

Tabelle 1

Bemessungswerte der Zugtragfähigkeit des Verbinders $R_{Z,d}$ in Abhängigkeit der Einwirkungsdauer [kN] in den Nutzungsklassen 1 und 2

Spax	Anzahl n	charakt. Zugtragfähigkeit $R_{Z,k}$ [N]	$R_{Z,d}$ [kN]				
			ständig $k_{mod} = 0,6$	lang $k_{mod} = 0,7$	mittel $k_{mod} = 0,8$	kurz $k_{mod} = 0,9$	sehr kurz $k_{mod} = 1,1$
6 x 80	6	17111	7,90	9,21	10,53	11,85	14,48
	4	11407	5,26	6,14	7,02	7,90	9,65
6 x 100	6	21995	10,15	11,84	13,54	15,23	18,61
	4	14664	6,77	7,90	9,02	10,15	12,41
6 x 120	6	26885	12,41	14,48	16,54	18,61	22,75
	4	17923	8,27	9,65	11,03	12,41	15,17

Tabelle 2

Charakteristische Zug- und Drucktragfähigkeiten R_k der Spaxschrauben und des Verbinders

Belastungsrichtung	Spax	Holzquerschnitt [cm]	Gewindelänge L_{ef} [mm]	max. R_{AX} pro Schraube [N]	Anzahl n	charakt. Quertragfähigkeit $R_{\beta,k}$ des Verbinders [N]
Fall 1 F_{β} $\beta = 90^{\circ} \pm 5^{\circ}$	6 x 80	6 / 10	70	3293	4	5750
	6 x 100	8 / 12	90	4233	4	7450
	6 x 120	8 / 14	110	5174	4	9000
Fall 2 F_{β}	6 x 80	10 / 10	70	3293	6	5000
	6 x 100	12 / 12	90	4233	6	6450
	6 x 120	14 / 14	110	5174	6	7850

Tabelle 3

Bemessungswerte der Quertragfähigkeit des Verbinders $R_{\beta,d}$ in Abhängigkeit der Einwirkungsdauer [kN]

Belastungsrichtung	Spax	$R_{\beta,d}$ [kN]				
		ständig $k_{mod} = 0,6$	lang $k_{mod} = 0,7$	mittel $k_{mod} = 0,8$	kurz $k_{mod} = 0,9$	sehr kurz $k_{mod} = 1,1$
Fall 1 $F_{\beta,d}$ $\beta = 90^{\circ} \pm 5^{\circ}$	4 Stk. 6 x 80	2,65	3,10	3,54	3,98	4,87
	4 Stk. 6 x 100	3,44	4,01	4,58	5,16	6,30
	4 Stk. 6 x 120	4,15	4,85	5,54	6,23	7,62
Fall 2 $F_{\beta,d}$	6 Stk. 6 x 80	2,31	2,69	3,08	3,46	4,23
	6 Stk. 6 x 100	2,98	3,47	3,97	4,47	5,46
	6 Stk. 6 x 120	3,62	4,23	4,83	5,43	6,64

Tabelle 4

4. Zuganker Tri-Z

Der Anker ist für die Verankerung von Wandtafeln im Holztafelbau bestimmt. Der Ankerkörper wird aus 2,5 mm Stahlblech S235 ausgestanzt und dann in seine endgültige dreidimensionale Gestalt kalt verformt. Der Anker wird ausschließlich durch Wind beansprucht.

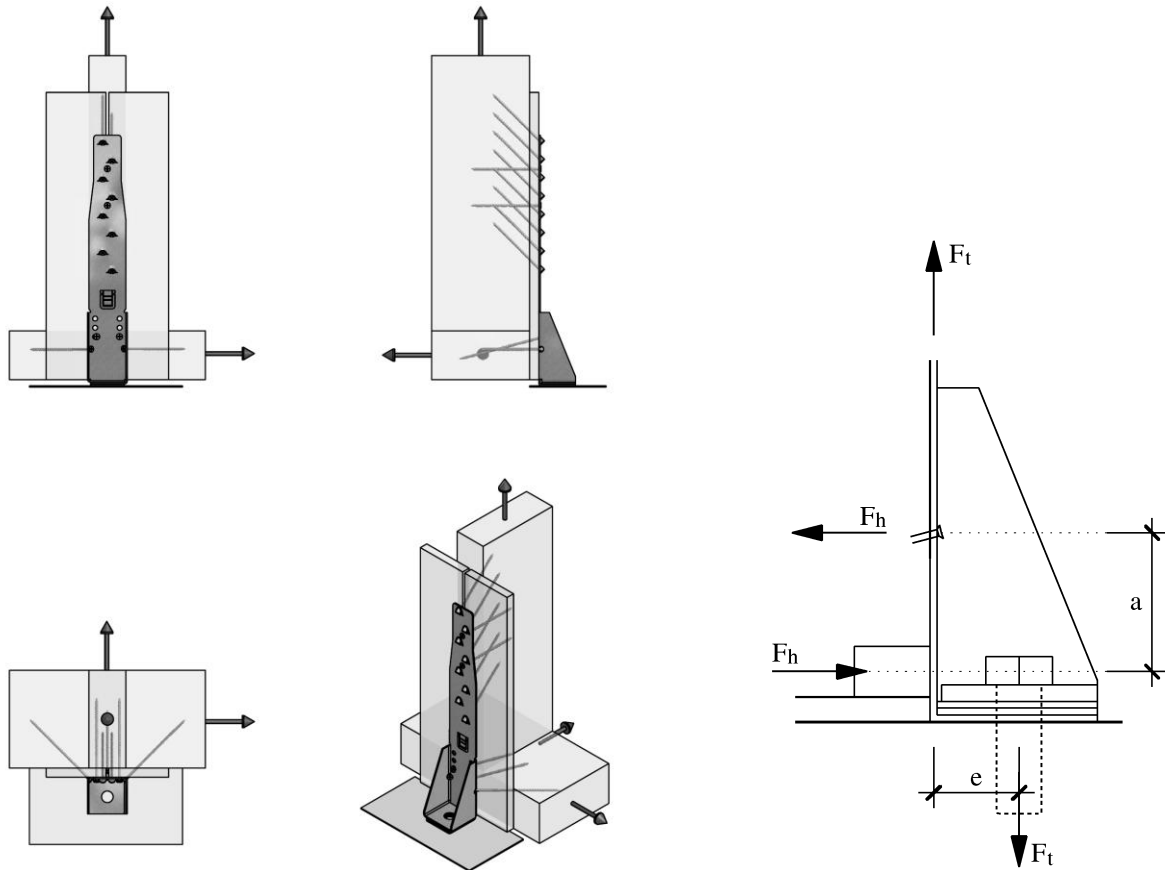


Abbildung 5: Einwirkungen in den Zuganker Tri-Z

4.1. Zusammenstellung der Tragfähigkeiten und der Lastfallkombinationen

4.1.1. Reine Zugbeanspruchung

$$R_{z,d} = 13,4 \text{ kN}$$

4.1.2. Zug und scheibenartige Beanspruchung F_x

Voller Zug und zugehörig F_x

$$\max R_{z,d} = 13,4 \text{ kN}$$

maximale Zugtragfähigkeit des Ankerbolzens HECO MMS 16x180/15

$$R_{z,d}^{\text{Bolzen}} = 16,2 \text{ kN}$$

$$R_{z,\text{Rest}} = 16,2 \text{ kN} - 13,4 \text{ kN} = 2,8 \text{ kN}$$

$$\text{zugehörig } R_{x,d} = \frac{3,08 \text{ kN}}{6,72 \text{ kN}} \cdot 2,8 \text{ kN} = 1,3 \text{ kN}$$

Max. F_x und zugehöriger Zug

$$\max R_{x,d} = 3,1\text{kN}$$

$$\text{zugehörig } R_{z,d} = 16,2\text{kN} - 6,72\text{kN} = 9,4\text{kN}$$

Zwischenwerte können geradlinig interpoliert werden

4.1.3. Zug und plattenartige Beanspruchung F_y **Zug und Winddruck**

$$\max R_{y,d} = 6,9\text{kN} \quad \text{kein Zug}$$

$$\max R_{z,d} = 13,4\text{kN}$$

$$\text{zugehörig } R_{y,d} = 1,2\text{kN}$$

Zwischenwerte können geradlinig interpoliert werden

Zug und Windsog

$$\max R_{y,d} = 6,2\text{kN}$$

$$\text{zugehörig } R_{z,d} = 3,9\text{kN}$$

$$\max R_{z,d} = 13,4\text{kN}$$

$$\text{zugehörig } R_{y,d} = 2,1\text{kN}$$

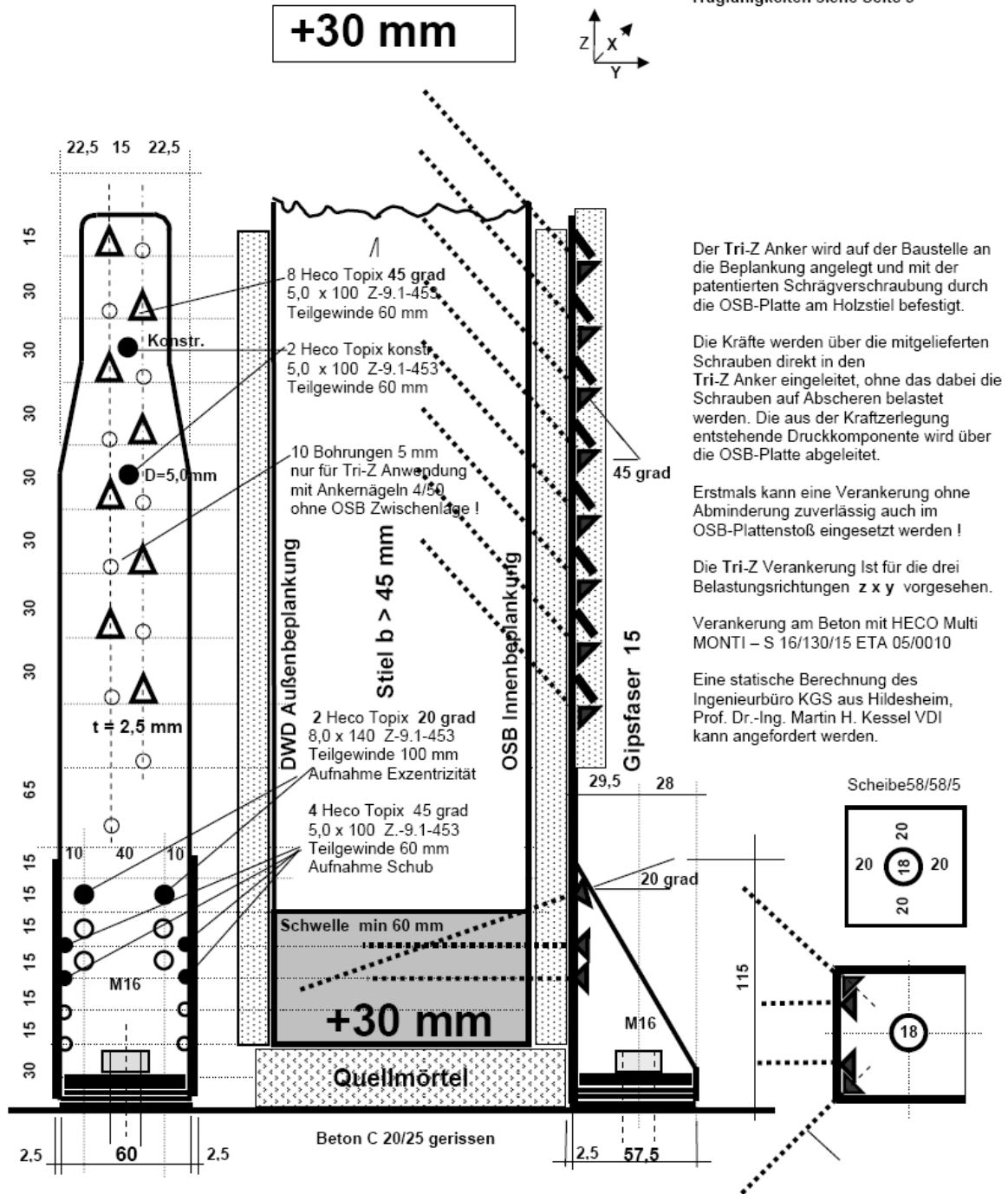
Zwischenwerte können geradlinig interpoliert werden

Bohrenkämper GmbH Pestalozzistraße 16 32257 Bünde Tel. 05223 -130889 Fax 05223-130819



www.holzverbindung.de

Tri-Z 60/410
Zug- + Schubanker
 Tragfähigkeiten siehe Seite 3



Der Tri-Z Anker wird auf der Baustelle an die Beplankung angelegt und mit der patentierten Schrägverschraubung durch die OSB-Platte am Holzstiel befestigt.

Die Kräfte werden über die mitgelieferten Schrauben direkt in den Tri-Z Anker eingeleitet, ohne das dabei die Schrauben auf Abscheren belastet werden. Die aus der Kraftzerlegung entstehende Druckkomponente wird über die OSB-Platte abgeleitet.

Erstmals kann eine Verankerung ohne Abminderung zuverlässig auch im OSB-Plattenstoß eingesetzt werden !

Die Tri-Z Verankerung ist für die drei Belastungsrichtungen z x y vorgesehen.

Verankerung am Beton mit HECO Multi MONTI – S 16/130/15 ETA 05/0010

Eine statische Berechnung des Ingenieurbüro KGS aus Hildesheim, Prof. Dr.-Ing. Martin H. Kessel VDI kann angefordert werden.

Tri-Z Anker im Holzrahmenbau • winddicht durch die OSB-Platte schräg verschraubt • dreiaxiale Kraftableitung: Z = Zug, X = Wandschub, Y = Wind auf Traufe •
 Abbildung 6: Zuganker für Wandtafeln