

Vollgewindeschrauben

Prof. Dr.-Ing. François Colling

Der folgende Beitrag beschränkt sich auf die Verwendung von Vollgewindeschrauben zu tragenden Zwecken unter axialer Beanspruchung (d.h. auf Herausziehen und Eindrücken). Hierbei werden nur selbstbohrende Schrauben mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung behandelt, die ohne Vorbohren in das Holz eingedreht werden müssen.

1 Allgemeines

Bauaufsichtlich zugelassene, selbstbohrende Holzschrauben werden nach dem Aufrollen des Gewindes gehärtet, um höhere Festigkeiten zu erreichen. Nachteil hiervon: sie werden spröder. Zum Eindrehen längerer Schrauben (derzeit bis 600 mm) werden die Schrauben mit verschiedenen Bohrspitzen angeboten.

Der Schraubenmarkt ist kaum überschaubar: es gibt vielfältige Kopf- und Gewindeformen, Schaft-/Kern- und Außendurchmesser, Gewindelängen. Hierbei ist zu erwähnen, dass nicht bei allen als Vollgewindeschrauben titulierte Schrauben das Gewinde auch über die gesamte Länge geht.



Bild 1 Vollgewindeschrauben

Eine Übersicht über Schrauben mit bauaufsichtlicher Zulassung ist dem technischen Teil des Zimmermeisterkalenders 2007, Seite ?? zu entnehmen.

Zulassungen

Die Zulassungen regeln die Randbedingungen, unter denen die Schrauben zu tragenden Zwecken anzuwenden sind. Diese Regelungen sind teilweise sehr unterschiedlich, was u. a. auch vom Zeitpunkt der Erteilung der Zulassung abhängig ist. Nicht alle Zulassungen ermöglichen eine Bemessung nach neuer DIN 1052:2004-08.

Unterschiede in den Bemessungsregeln betreffen z. B. die einzuhaltenen Mindestholzdicken und Mindestabstände, aber auch die aufnehmbaren Kräfte. Vorgegebene Schrauben dürfen daher nicht einfach durch andere ersetzt werden! Bei unklaren Plänen oder Ausschreibungen muss der genaue Schraubentyp nachgefragt werden. Der Appell, dass Zulassungen nicht nur auf der Baustelle vorliegen müssen, sondern deren Inhalte auch bekannt sein müssen, gilt auch hier.

So ist z. B. zu beachten, dass in Verbindungen mit gekreuzten Schrauben wegen einer laufenden Patentanmeldung derzeit nur Schrauben der Firma sfs-intec verwendet werden sollten. Auch dürfen solche Schrauben derzeit nur in Nadelhölzern (Vollholz und Brettschichtholz) eingesetzt werden, nicht jedoch in Laubhölzern.

Bemessung

Die nachfolgend erläuterte Bemessung von Vollgewindeschrauben erfolgt auf der Grundlage der DIN 1052:2004-08 und der jeweiligen bauaufsichtlichen Zulassungen.

Die Berechnungen erfordern statische Kenntnisse und sollten daher Statikern und/oder entsprechenden Programmen (z.B. HoB.Ex) überlassen bleiben. Eine Reduzierung auf einfach zu handhabende Bemessungstabellen ist nur für wenige Standardfälle möglich (→ Abschnitt 3).

Einschrauben/Verarbeitung

Die miteinander zu verschraubenden Hölzer sind so in ihrer Lage zu sichern, dass beim Einschrauben keine klaffende Fuge entsteht. Diese Forderung gilt insbesondere dort, wo Druckkräfte über Kontakt zwischen den verbundenen Hölzern übertragen werden sollen (siehe nachfolgende Anwendungsbeispiele).

Bei Vollgewindeschrauben wird der Kopf nur zum Eindrehen benötigt. Dies ermöglicht die Ausbildung von speziellen Kopfformen, mit denen die Schrauben versenkt werden können. Bei Einsatz entsprechender Bits sind Versenktiefen von 300 mm und mehr möglich.

Die Verwendung von Vollgewindeschrauben, die unter einem Winkel von etwa 45° zur Bauteiloberfläche eingedreht werden, wird stark zunehmen. Da der Einschraubwinkel die Tragfähigkeit der Schrauben beeinflusst und ein exaktes freihändiges Einschrauben unter einem Winkel kaum möglich ist, werden von den Schraubenherstellern entsprechende Setzgeräte (Schablonen, Lehren) angeboten. Marken Eigenbau ist natürlich auch möglich.



Bild 2 Setzgerät (Foto sfs-intec)

2 Einsatzmöglichkeiten

Die Einsatzmöglichkeiten von Vollgewindeschrauben sind vielfältig und bei weitem noch nicht vollständig erschlossen. Nachfolgend werden einige Einsatzbereiche prinzipiell aufgezeigt, die die Leistungsfähigkeit dieser Verbindungsmittel aufzeigen sollen und eventuelle Anregungen für weitere Entwicklungen geben können.

Schrauben unter axialer Beanspruchung sind sehr steif, d.h. es treten nur geringe Verformungen auf. Dies macht sie auch für den Einsatz bei Sanierungen geeignet, bei denen Verstärkungen/Ertüchtigungen möglichst ohne große Verformungen „anspringen“ sollen. Auf den Seiten 393ff sind hierzu einige Anwendungsfälle beschrieben.

Nachfolgend wird die Verwendung von Vollgewindeschrauben zur Querzug-/ Querdruckverstärkung und in Verbindungen beschrieben.

Querzug- und Querdruckverstärkungen

Vollgewindeschrauben stellen eine sehr wirtschaftliche Alternative zum Einkleben von Stahlstangen oder Aufkleben von Brettern oder Streifen aus Holzwerkstoffen dar. Sie werden hierbei meist rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes eingebracht.

Tabelle 1 Querkzugverstärkungen

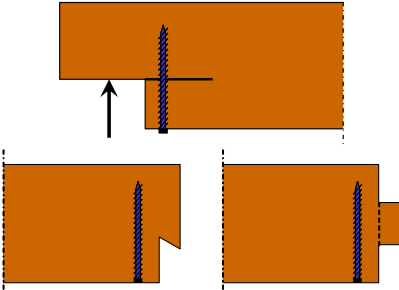
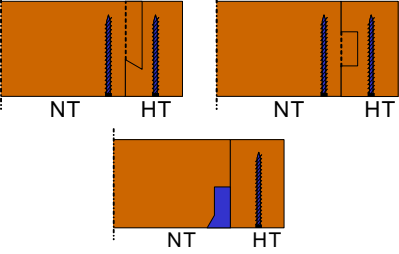
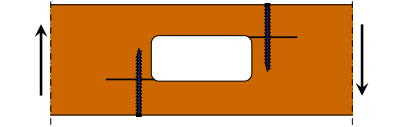
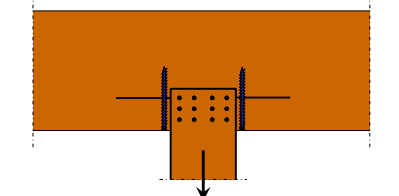
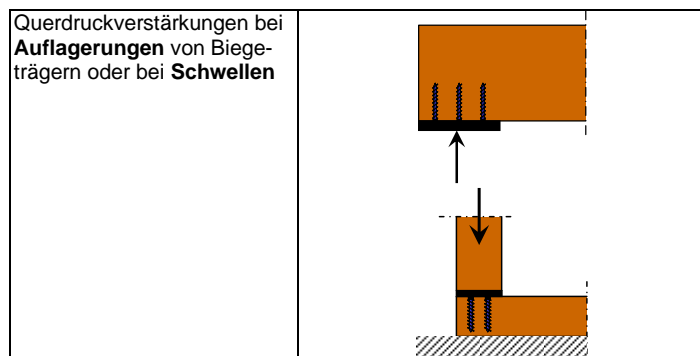
<p>Querkzugverstärkung von Ausklinkungen und von Schwalbenschwanz- und Zapfenverbindungen</p>	
<p>Querkzugverstärkung der Hauptträger (HT) bei Anschluss von Nebenträgern (NT)</p>	
<p>Querkzugverstärkung bei Durchbrüchen</p>	
<p>Querkzugverstärkung bei angehängten Lasten</p>	

Tabelle 2 Querdruckverstärkungen



Bei Anschlüssen mit mehreren hintereinander liegenden Stabdübeln (SDü) besteht die Gefahr eines Aufspaltens der Hölzer, bevor die eigentliche Tragfähigkeit der SDü erreicht ist (siehe nachfolgendes Bild). Daher dürfen die eingesetzten SDü nicht als voll wirksam angesetzt werden. So dürfen z.B. bei 5 hintereinander liegenden SDü bei Einhaltung der Mindestabstände nur 3,6 SDü als wirksam angesetzt werden!

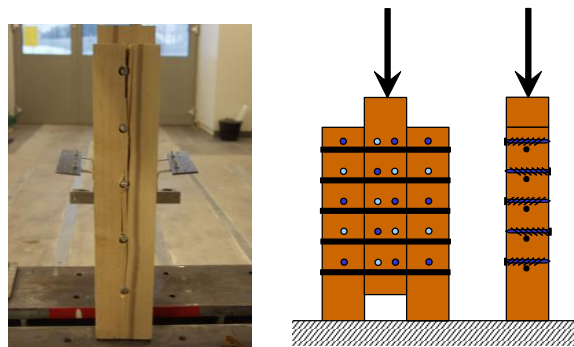


Bild 3 Links: Aufspalten des Seitenholzes bei hintereinander liegenden SDü
Rechts: Kein Aufspalten bei Quersugsicherung

Wird das Aufspalten jedoch durch seitlich eingedrehte Vollgewindeschrauben verhindert, so darf die volle Tragfähigkeit aller Stabdübel angesetzt werden.

Verbindungen

Wirkungsweise

Bei Verbindungen werden die Schrauben meist unter einem Winkel zur Faser (und zur Oberfläche) eingedreht. Die Beanspruchung der Schrauben wird dabei - in Anlehnung an die Fachwerkanalogie - über einfache Kräftezerlegung der äußeren Kraft in Zug- und Druckkräfte in Richtung der Schraubenachsen ermittelt. Dies ist nachfolgend am Beispiel einer parallelen und einer gekreuzten Verbindung prinzipiell dargestellt.

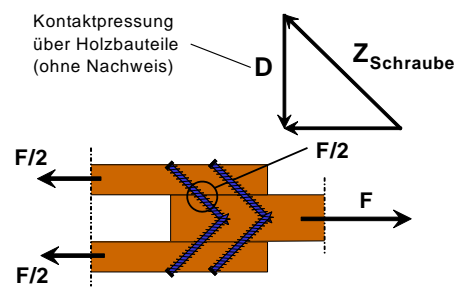


Bild 4 Prinzip der Kräftezerlegung bei paralleler Schraubenanordnung mit Zugkräften in den Schrauben und Kontaktpressung zwischen den Hölzern

Bei der parallelen Variante nach *Bild 4* wird die Druckkraft über Kontakt zwischen den verbundenen Teilen ohne rechnerischen Nachweis übertragen (Achtung: kein Spalt zwischen Bauteilen!).

Bei gekreuzten Schrauben stellt der Kreuzungspunkt den Gelenkpunkt dar. Bei verdrehsteifen Bauteilen wird die Kraft in dieser Fuge übertragen, so dass der Kreuzungspunkt der Schrauben in dieser Fuge angeordnet wird, um Exzentrizitäten und Zusatzmomente zu vermeiden.

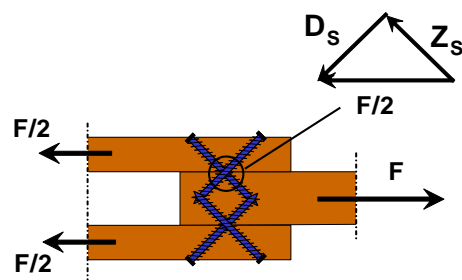


Bild 5 Prinzip der Kraftzerlegung bei gekreuzter Schraubenanordnung mit Zug- und Druckkräften in den Schrauben

Bezüglich der Anordnung der Schrauben ist zu berücksichtigen, dass deren Neigung dem Kraftfluss folgt. Bei falscher Anordnung treten abhebende Kräfte auf, die dann nur über Biegung in den Schrauben aufgenommen werden können (Bild 6).

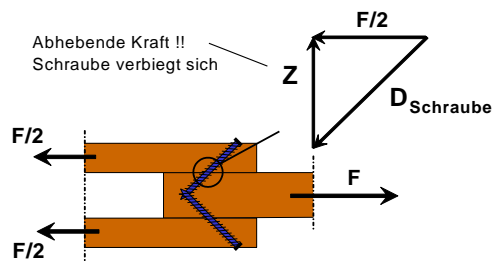
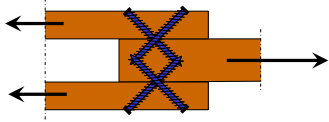
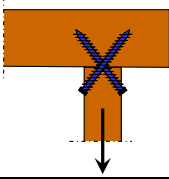
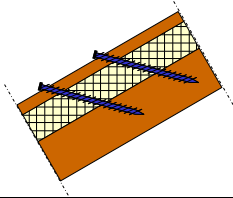
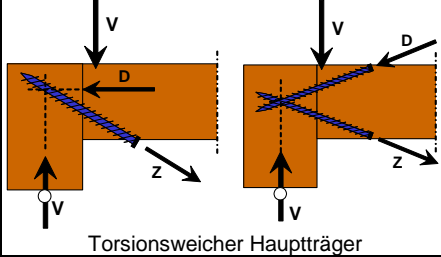
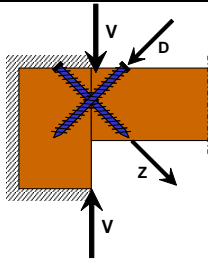
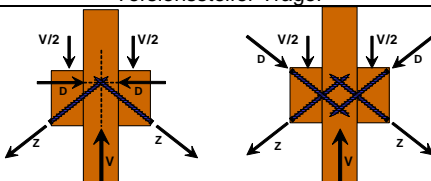
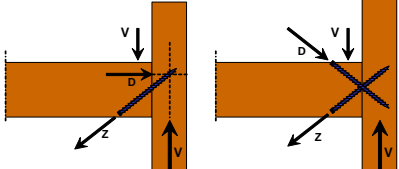
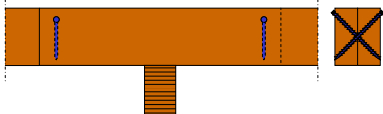
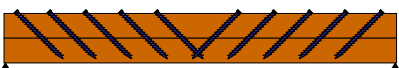


Bild 6 Falsche Schraubenanordnung mit Druckkräften in den Schrauben und abhebenden Kräften

Nachfolgend ist eine Auswahl möglicher Verwendungen von Vollgewindeschrauben in Verbindungen zusammengestellt.

Tabelle 3 Verbindungen

<p>Zugstöße</p>	
<p>Zuganschluss, z.B. Hängestab an Pfette</p>	
<p>Befestigung von Aufsparrendämmungen</p>	
<p>Haupt-Nebenträger-Anschlüsse Der Nebenträger kann auch mittels Zapfen oder Schwalbenschwanz angeschlossen sein (Montagehilfe)</p>	 <p>Torsionsweicher Hauptträger</p>

	 <p style="text-align: center;">Torsionssteifer Träger</p>
Anschlüsse Pfosten - Riegel bzw. Sparren - Kehlriegel	
Anschlüsse Riegel - Stütze	
Koppelfetten - An- schlüsse	
Nachgiebig verbundene Träger	

3 Bemessungstabellen

Die nachfolgenden Bemessungstabellen gelten ausschließlich für Vollgewindeschrauben der Firmen Würth (ASSY VG plus), abc (Spax-S) und sfs-intec (WT-T). In **Tabelle 4** sind Angaben zu den Schrauben zusammengestellt.

Tabelle 4: Angaben zu Schrauben

	ASSY VG plus Z-9.1-614		SPAX-S Z-9.1-519			SFS WT-T Z-9.1-472	
	d = 6 mm	8 mm	8 mm	10 mm	12 mm	6,5 mm	8,2 mm
L_s [mm]	70 - 260	130 - 600	bis 600			65 (28) [*] 90 (40) [*] 130 (40) [*] 160 (65) [*]	160 (65) [*] 190 (80) [*] 220 (95) [*] 245 (107) [*] 275 (107) [*] 300 (135) [*] 330 (135) [*]
[*] Klammerwerte = Gewindelängen							

Die Bemessungstabellen gelten weiterhin für den folgenden Referenzfall, der auf der sicheren Seite liegend für viele Fälle zutrifft:

Klasse der Lasteinwirkungsdauer: KLED = mittel
 Nutzungsklasse NKL = 2
 Vollholz der Festigkeitsklasse C 24 (S 10)

3.1 Ausklinkungen

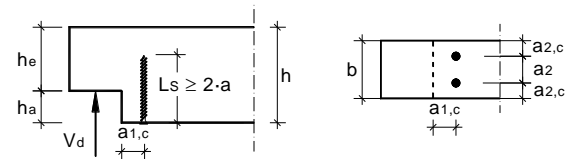
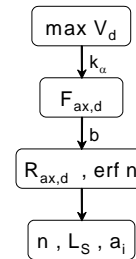


Bild 7 Verstärkte Ausklinkung

Der Rechenweg ist wie folgt:

1. Berechnung der maximal aufnehmbaren Auflagerkraft $\max V_d$ nach Gl. (1)
2. Berechnung der aufzunehmenden Kraft $F_{ax,d}$ mit k_α nach Gl. (2) und Tabelle 5
3. Berechnung der erforderlichen Schraubenzahl n nach Gl. (3) und mit Hilfe der Tabelle 6 (Tragfähigkeiten) und Tabelle 7 (max. Anzahl)
4. Festlegung der Schraubenzahl n , -länge L_s und der Mindestabstände a_i anhand von Tabelle 7



Die größte aufnehmbare Querkraft (Auflagerkraft) V_d einer verstärkten Ausklinkung ergibt sich aus dem Schubspannungsnachweis für den Restquerschnitt mit der Höhe h_e . Sie kann wie folgt berechnet werden:

$$\max V_d = 2/3 \cdot b \cdot h_e \cdot f_{v,d} \quad \text{Gl. (1)}$$

wobei $f_{v,d}$ dem Bemessungswert der Schubfestigkeit entspricht:

$$f_{v,d} = 1,23 \text{ N/mm}^2 \quad \text{für Vollholz C24 (S 10)}$$

Die von den Schrauben aufzunehmende Querkraft $F_{ax,d}$ ergibt sich in Abhängigkeit vom Verhältnis h_e/h zu:

$$F_{ax,d} = k_\alpha \cdot \max V_d \quad \text{Gl. (2)}$$

wobei k_α **Tabelle 5** entnommen werden kann.

Tabelle 5: Werte k_α in Abhängigkeit vom Verhältnis $\alpha = h_e/h$

h_e / h	0,-0	0,-1	0,-2	0,-3	0,-4	0,-5	0,-6	0,-7	0,-8	0,-9
0,5	0,650	0,631	0,611	0,592	0,572	0,553	0,534	0,514	0,495	0,476
0,6	0,458	0,439	0,420	0,402	0,384	0,366	0,349	0,331	0,314	0,297
0,7	0,281	0,265	0,249	0,233	0,218	0,203	0,189	0,175	0,161	0,148
0,8	0,135	0,123	0,111	0,100	0,089	0,079	0,069	0,060	0,052	0,044
0,9	0,036	0,030	0,024	0,018	0,013	0,009	0,006	0,003	0,002	0

Beispiel: $h_e/h = 0,75 \rightarrow k_\alpha = 0,203$

Die Schraubentragfähigkeiten $R_{ax,d}$ in Abhängigkeit von der Verankerungslänge $l_{ef} = h_a$ (Ausklüpfungshöhe) können **Tabelle 6** entnommen werden.

Die erforderliche Schraubenanzahl n ergibt sich dann zu:

$$n = F_{ax,d} / R_{ax,d} \quad \text{Gl. (3)}$$

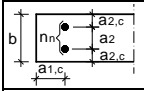
In **Tabelle 7** sind die Mindestbreiten für die Anordnung von $n_n = 1$ bis 4 Schrauben nebeneinander sowie die zugehörigen Mindestabstände zusammengestellt.

Tabelle 6: Tragfähigkeiten auf Herausziehen (Bemessungswerte) $R_{ax,d}$ in [kN] für den angesetzten Referenzfall

Verankerungslänge $l_{ef} = h_a$ ¹⁾ [mm]	ASSY VG plus		SPAX-S			SFS WT-T	
	$d = 6$	8	8	10	12	6,5	8,2
40	1,45	1,93	1,93	2,41	2,89	2,31	2,91
60	2,17	2,89	2,89	3,62	4,34	3,47	4,37
65	2,35	3,14	3,14	3,92	4,70	3,75	4,74
80	2,89	3,86	3,86	4,82	5,79	4,62	5,83
95	3,44	4,58	4,58	5,73	6,88	5,49	6,92
100	3,62	4,82	4,82	6,03	7,24	5,78	7,29
107	3,87	5,16	5,16	6,45	7,74	6,18	7,80
120	4,34	5,79	5,79	7,24	8,68	6,93	8,74
135	4,88	6,51	6,51	8,14	9,77	7,80	9,84
140	5,07	6,75	6,75	8,44	10,13	-	-
160	5,79	7,72	7,72	9,65	11,58	-	-
180	6,51	8,68	8,68	10,86	13,03	-	-
200	7,24	9,65	9,65	12,06	14,47	-	-

¹⁾ Zwischenwerte können interpoliert werden

Tabelle 7: Mindestbreiten bei $n_h = 1 - 4$ nebeneinander liegenden Schrauben und zugehörige Mindestabstände



	d [mm]	Mindestbreiten b in [mm]				a _{1,c} [mm]	a _{2,c} [mm]	a ₂ [mm]
		n _h = 1	2	3	4			
ASSY VG plus	6	60	80	80	100	30	24	15
	8	80	100	120	140	40	32	20
Spax-S	8	80	100	120	140	40	32	20
	10	80	120	140	160	50	40	25
	12	120	140	160	200	60	48	30
SFS WT-T	6,5	40	60	80	100	33	15	17
	8,2	60	80	100	120	41	25	21

Beispiel:

Vollholz C 24, $b/h = 100 \text{ mm}/240 \text{ mm}$,
 Ausklingungshöhe $h_a = 100 \text{ mm} \rightarrow h_e = 140 \text{ mm}$
 Verstärkung mittels ASSY VG plus

$\max V_d = 2/3 \cdot 100 \cdot 140 \cdot 1,23 = 11480 \text{ N} = 11,48 \text{ kN}$

$\alpha = h_e/h = 140/240 = 0,583 \rightarrow k_{\alpha} \approx 0,49$ (Tabelle 5)

$\rightarrow F_{ax,d} = 0,49 \cdot 11,48 = 5,63 \text{ kN}$

Schrittweise Ermittlung der Verstärkung (probieren):

	d [mm]	Tabelle 6 $R_{ax,d}$ in [kN]	erf n	Tabelle 7 max n _h
$b = 100 \text{ mm}$	6	3,62	$5,63/3,62 = 1,6 \rightarrow 2$	4 ✓
$l_{ef} = h_a = 100 \text{ mm}$	8	4,82	$5,63/4,82 = 1,2 \rightarrow 2$	2 ✓

Gewählt: 2 Schrauben $\varnothing 6 \text{ mm}$, $L_S = 220 \text{ mm} (\geq 2 \cdot 100)$

Abstände: $a_{1,c} = 30 \text{ mm} = 30 \text{ mm} \checkmark$, $a_{2,c} = 35 > 24 \text{ mm} \checkmark$,
 $a_2 = 30 > 15 \text{ mm} \checkmark$

3.2 Torsionsweicher Haupt-Nebenträger-Anschluss

Die nachfolgenden Ausführungen gelten für einen HT-NT-Anschluss, bei dem der Hauptträger als torsionsweich (gelenkig gelagert) anzusehen ist. Ein Träger ist z. B. dann als torsionsweich anzusehen, wenn er nicht durch konstruktive Maßnahmen, wie z. B. eine aussteifende Deckscheibe, gegen Verdrehen gesichert ist. Einseitige, exzentrisch ausgeführte Anschlüsse führen in diesem Fall zu Zusatzmomenten (Torsionsmomente). Im Zweifelsfall ist ein torsionsweicher Hauptträger anzunehmen. Weiterhin werden nur nicht gekreuzte, mittig angeordnete und nicht versenkte Schrauben mit einem Einschraubwinkel von 45° behandelt, die mit allen Schraubentypen ausgeführt werden dürfen. Anschlüsse mit $\alpha < 45^\circ$ dürfen nur mit SFS-Schrauben ausgeführt werden, weil axial beanspruchte SPAX- und ASSY-Schrauben nach der Zulassung unter einem Winkel von $\alpha \geq 45^\circ$ eingedreht werden müssen.

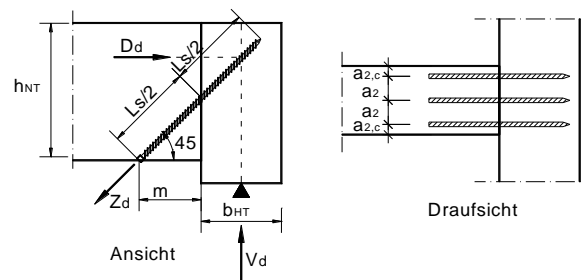
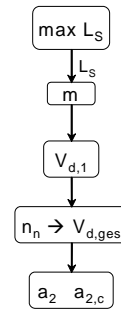


Bild 8 Gelenkiger (torsionsweicher) Haupt-Nebenträger-Anschluss

Der Rechenweg ist wie folgt:

1. Bestimmung der maximalen Schraubenlänge mit Tabelle 8 und Wahl von L_S
2. Berechnung des Montagemaßes m nach Gl. (4)
3. Bestimmung der aufnehmbaren Auflagerkraft $V_{d,1}$ einer Schraube mit Tabelle 9
4. Bestimmung der maximal möglichen Schraubenzahl n_n nach Tabelle 10 und der Gesamtkraft $V_{d,ges}$
5. Festlegung der Schraubenabstände a_2 und $a_{2,c}$ anhand von Tabelle 10



Bei diesem Anschluss wird davon ausgegangen, dass die Auflagerkraft V_d in der Schwerachse des HT wirkt und über eine Zugkraft Z_d in der Schraube und eine Druckkraft D_d (Kontaktpressung) aufgenommen wird.

Die maximal einsetzbare Schraubenlänge wird durch mehrere konstruktive und geometrische Randbedingungen begrenzt:

- Die Schraube muss die Schwerachse des HT innerhalb der Anschlusshöhe schneiden, damit sich die Druckkomponente D_d ausbilden kann.
- Die Schraube darf weder seitlich noch oben aus dem HT überstehen.
- Die Abstände der Schwerpunkte der in den Hölzern eingedrehten Gewindebereiche zu den Holzrändern müssen gewisse Mindestwerte einhalten.

In **Tabelle 8** sind die maximalen Schraubenlängen zusammengestellt. Die mindestens erforderlichen Schraubenlängen sind in **Tabelle 9** eingearbeitet.

Tabelle 8 Maximale Schraubenlängen max L_S bei mittiger, nicht versenkter Schraubenanordnung

b_{HT} [mm]	h_{NT} in [mm]						
	160	180	200	220	240	260	280
100	226	255	283	283	283	283	283
120	226	255	283	311	339	339	339
140	226	255	283	311	339	368	396
160	226	255	283	311	339	368	396
180	198	255	283	311	339	368	396

Nach Wahl einer Schraubenlänge ergibt sich das Montagemaß m (Einschraubpunkt) zu:

$$m = L_S \cdot \cos 45^\circ / 2 = 0,354 \cdot L_S \quad \text{Gl. (4)}$$

Die pro Schraube aufnehmbare Auflagerkraft $V_{d,1}$ ergibt sich anhand der Ausziehtragfähigkeit $R_{ax,d}$ einer Schraube wie folgt:

$$V_{d,1} = k_{45} \cdot R_{ax,d} \cdot (\sin 45^\circ + 0,25 \cdot \cos 45^\circ)$$

In dieser Gleichung wird eine Erhöhung der aufnehmbaren Auflagerkraft über die Reibung der Druckkraft (Reibbeiwert = 0,25) angesetzt. Dies bedeutet, dass keine Fuge zwischen NT und HT sein darf. Der Beiwert k_{45} berücksichtigt den Einschraubwinkel und ist den Zulassungen zu entnehmen.

In **Tabelle 9** sind Werte für $V_{d,1}$ in Abhängigkeit von Schraubendurchmesser und -länge zusammengestellt.

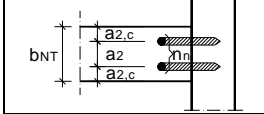
In **Tabelle 10** sind die Mindestbreiten für die Anordnung von $n_n = 1$ bis 3 Schrauben nebeneinander sowie die zugehörigen Mindestabstände zusammengestellt.

Tabelle 9 Aufnehmbare Auflagerkraft $V_{d,1}$ pro Schraube in [kN]

L _s [mm]	ASSY VG plus		SPAX-S			SFS-WT-T	
	d = 6 mm	8	8	10	12	6,5 ¹⁾	8,2
200	2,74	-	-	-	-	-	-
220	3,02	-	-	-	-	-	5,02
240	3,29	4,39	4,39	-	-	-	-
245	-	-	-	-	-	-	5,65
260	3,56	4,75	4,75	-	-	-	-
275	-	-	-	-	-	-	5,65
280	3,84	5,12	5,12	-	-	-	-
300	4,11	5,48	5,48	6,85	-	-	7,13
320	4,39	5,85	5,85	7,31	-	-	-
330	-	-	-	-	-	-	7,13
340	4,66	6,21	6,21	7,77	9,32	-	-
360	4,93	6,58	6,58	8,22	9,87	-	-
380	5,21	6,94	6,94	6,68	10,42	-	-
400	5,48	7,31	7,31	9,14	10,97	-	-

¹⁾ verfügbare Schraubenlänge zu kurz

Tabelle 10: Mindestbreiten b_{NT} bei $n_n = 1 - 3$ nebeneinander liegenden Schrauben und zugehörige Mindestabstände

	d [mm]	Mindestbreiten b_{NT} in [mm]			$a_{2,c}$ [mm]	a_2 [mm]
		$n_n =$				
		1	2	3		
ASSY VG plus	6	50	80	120	24	30
	8	70	110	150	32	40
Spax-S	8	70	110	150	32	40
	10	80	130	180	40	50
	12	100	160	220	48	60
SFS WT-T	6,5	30	70	100	11	33
	8,2	50	100	140	18	41

Beispiel:

Anschluss Nebenträger $b/h = 120/240$ mm an Hauptträger $b/h = 140/280$ mm mit nicht gekreuzten SPAX-S Schrauben, $\varnothing 8$ mm

$b_{HT} = 140$ mm, $h_{NT} = 240$ mm \rightarrow max $L_S = 339$ mm (Tabelle 8)

\rightarrow gewählt $L_S = 320$ mm

$m = 0,354 \cdot 320 = 113$ mm (Gl. (4))

$V_{d,1} = 5,85$ kN (Tabelle 9)

$b_{NT} = 120$ mm $\rightarrow n_n = 2$ (Tabelle 10)

$\rightarrow V_{d,ges} = 2 \cdot 5,85 = 11,7$ kN

Abstände: $a_{2,c} = 40$ mm $>$ 32 mm \checkmark $a_2 = 40$ mm $=$ 40 mm \checkmark

3.3 Torsionssteifer Haupt-Nebenträger-Anschluss

Die nachfolgenden Ausführungen gelten für einen HT-NT-Anschluss, bei dem der Hauptträger als torsionssteif anzusehen ist. Weiterhin werden nur gekreuzte, mittig angeordnete und nicht versenkte SFS-Schrauben mit einem Durchmesser von 8,2 mm und einem Einschraubwinkel von 45° behandelt. Wegen der gekreuzten Ausführung dürfen solche Anschlüsse nur mit SFS-Schrauben ausgeführt werden.

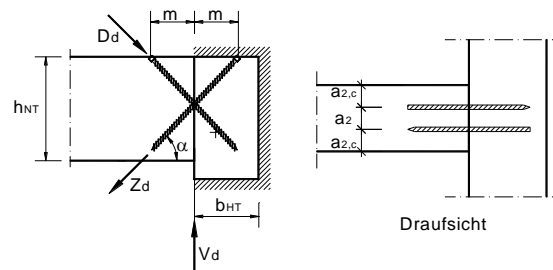
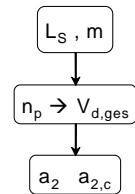


Bild 9 Torsionssteifer Haupt-Nebenträger-Anschluss

Der Rechenweg ist wie folgt:

1. Bestimmung der maximalen Schraubenlänge L_S und des Montagemaßes m mit Tabelle 11
2. Bestimmung der Anzahl der Schraubenpaare n_p und der zugehörigen Gesamtkraft $V_{d,ges}$ nach Tabelle 12
3. Festlegung der Mindestabstände a_2 und $a_{2,c}$ anhand von Tabelle 11



Bei diesem Anschluss wird davon ausgegangen, dass die Auflagerkraft V_d in der Fuge aufgenommen und in eine Zug- und Druckkraft in den Schrauben aufgeteilt wird.

Die maximal einsetzbare Schraubenlänge wird erneut durch mehrere konstruktive und geometrische Randbedingungen begrenzt:

- Die Schrauben müssen sich in der Kontaktfuge kreuzen.
- Die Schraube darf weder seitlich aus dem HT, noch unten aus dem NT überstehen.
- Die Abstände der Schwerpunkte der in die Hölzer eingedrehten Gewindebereiche zu den Holzrändern müssen gewisse Mindestwerte einhalten.

In **Tabelle 11** sind die einsetzbaren Schraubenlängen in Abhängigkeit von den Bauteilabmessungen einschließlich der zugehörigen Montagepunkte m zusammengestellt. Die mindestens erforderlichen Schraubenlängen sind bereits eingearbeitet.

Tabelle 11 Mindestabmessungen von HT und NT in Abhängigkeit von den Schraubenlängen L_S , zugehörige Montagepunkte m und Mindestabstände bei mittiger, nicht versenkter Schraubenanordnung

L_S [mm]	m [mm]	b_{HT} [mm]	h_{NT} [mm]	$a_{2,c}$ [mm]	a_2 [mm]
245	90	100	180	18	21
275	100	100	200		
300	110	120	220		
330	120	120	240		

Die pro Schraubenpaar aufnehmbare Auflagerkraft $V_{d,1}$ ergibt sich anhand der Ausziehtragfähigkeit $R_{ax,d}$ einer Schraube wie folgt:

$$V_{d,1} = 2 \cdot k_{45} \cdot R_{ax,d} \cdot \sin 45^\circ$$

Der Beiwert k_{45} berücksichtigt erneut den Einschraubwinkel und ist der Zulassung zu entnehmen.

In **Tabelle 12** ist in Abhängigkeit von der Breite des NT die maximal mögliche Anzahl von Schraubenpaaren n_P sowie die jeweils aufnehmbare Auflagerkraft $V_{d,ges}$ angegeben.

Tabelle 12 Mindestbreiten b_{NT} der NT, Tragfähigkeiten $V_{d,ges}$ bei mittiger, nicht versenkter Schraubenanordnung

L_S [mm]	$n_P = 1$ Paar		$n_P = 2$ Paar		$n_P = 3$ Paar	
	b_{NT} [mm]	$V_{d,ges}$ [kN]	b_{NT} [mm]	$V_{d,ges}$ [kN]	b_{NT} [mm]	$V_{d,ges}$ [kN]
245	60	9,03	100	18,07	140	27,11
275		9,03		18,07		27,11
300		11,40		22,80		34,20
330		11,40		22,80		34,20

Beispiel:

Anschluss Nebenträger $b/h = 120$ mm/240 mm an Hauptträger $b/h = 140$ mm/280 mm mit gekreuzten SFS-WT-T Schrauben, $\varnothing 8,2$ mm

$b_{HT} = 140$ mm, $h_{NT} = 240$ mm $\rightarrow L_S = 330$ mm

\rightarrow gewählt $L_S = 300$ mm $\rightarrow m = 110$ mm (Tabelle 11)

$b_{NT} = 120$ mm $\rightarrow n_P = 2$ Schraubenpaare (Tabelle 12)

$\rightarrow V_{d,ges} = 22,80$ kN

Abstände: $a_{2,c} = 24$ mm > 18 mm \checkmark $a_2 = 24$ mm $= 21$ mm \checkmark

3.4 Koppelfetten-Anschlüsse

Die nachfolgenden Ausführungen gelten für Koppelfetten-Anschlüsse mit jeweils unter 45° eingedrehten SFS-Schrauben $\varnothing 8,2$ mm, die sich in mittlerer Querschnittshöhe kreuzen.

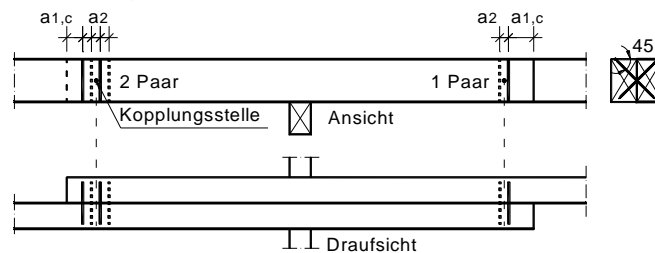
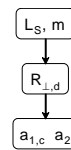


Bild 10 Koppelfetten-Anschluss mit gekreuzten Schrauben

Der Rechenweg ist wie folgt:

1. Bestimmung der Schraubenlänge L_S und des Montagemaßes m mit Tabelle 13
2. Bestimmung der aufnehmbaren Kopplungskraft $R_{\perp,d}$ nach Tabelle 14
3. Festlegung der Schraubenabstände $a_{1,c}$ und a_2 anhand von Tabelle 13



Auch hier wird die mögliche Schraubenlänge durch konstruktive und geometrische Randbedingungen begrenzt:

- Die Schrauben müssen sich in mittlerer Höhe der Kontaktfugen kreuzen.
- Die Schrauben sollten weder seitlich, noch unten überstehen.

Bezüglich der Einschraubpunkte ist zu unterscheiden, ob das Verhältnis h/b größer oder kleiner als 2 ist (**Bild 11**):

- Bei $h/b \leq 2$ werden die Schrauben von oben eingedreht (Montagepunkt m_c).
- Bei $h/b > 2$ werden die Schrauben seitlich eingedreht (Montagepunkt m_s).

In **Tabelle 13** sind für die verschiedenen Längen die Mindestquerschnitte, die zugehörigen Montagepunkte sowie die Schraubenabstände zusammengestellt.

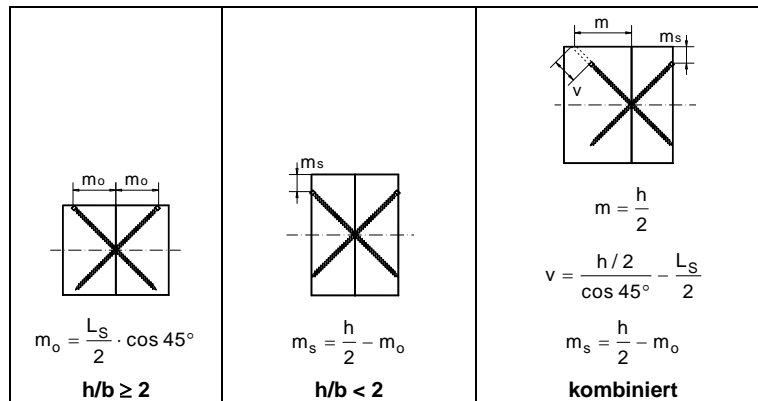


Bild 11 Montagepunkte in Abhängigkeit vom Verhältnis h/b

Tabelle 13 Mindestquerschnitte, Montagemaße m_o , m_s und Schraubenabstände für SFS-WT-T Schrauben $\varnothing 8,2$ mm

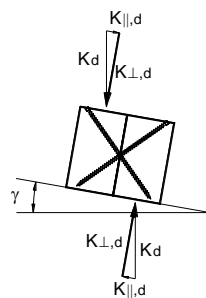
L_s [mm]	min b [mm]	min h [mm]	$h/b \leq 2$ m_o [mm]	$h/b > 2$ m_s [mm]	$a_{1,c}$ [mm]	a_2 [mm]
160	60	120	57	$h/2 - m_o$	41	21
190	70	140	67			
220	80	160	78			
245	90	180	87			
275	100	200	97			
300	110	220	106			
330	120	240	117			

Die bei einer Dachneigung von $\gamma = 0^\circ$ pro Schraubenpaar aufnehmbare Kopplungskraft $R_{\perp,d}$ (rechtwinklig zur Dachfläche) ergibt sich anhand der Ausziehtragfähigkeit $R_{ax,d}$ einer Schraube zu:

$$R_{\perp,d} = 2 \cdot k_{45} \cdot R_{ax,d} \cdot \sin 45^\circ$$

Der Beiwert k_{45} berücksichtigt erneut den Einschraubwinkel und ist der Zulassung zu entnehmen.

Bei Koppelfetten auf geneigten Dächern ist die aufnehmbare Kopplungskraft $R_{\perp,d}$ geringer, weil hier die Schrauben auch noch die in Dachebene wirkenden Kopplungskräfte $K_{\parallel,d}$ aufnehmen müssen (**Bild 12**).



$$K_{\parallel,d} = K_{\perp,d} \cdot \tan \gamma$$

$$K_d = \frac{K_{\perp,d}}{\cos \gamma}$$

Bild 12 Kopplungskräfte $K_{\perp,d}$ und $K_{\parallel,d}$ bei geneigten Dächern

In **Tabelle 14** sind die für verschiedene Dachneigungen γ aufnehmbaren Kopplungskräfte $R_{\perp,d}$ für 1 und 2 Schraubenpaare zusammengestellt. Hierbei ist bereits berücksichtigt, dass bei 2 Schraubenpaaren nach der Zulassung nur die 1,7-fache Kraft eines Schraubenpaares angesetzt werden darf.

Tabelle 14 Aufnehmbare Kopplungskräfte $R_{\perp,d}$ in [kN]

L_S [mm]	$R_{\perp,d}$ in [kN] bei 1 Paar				$R_{\perp,d}$ in [kN] bei 2 Paar			
	$\gamma = 0^\circ$	5°	10°	15°	0°	5°	10°	15°
160	5,49	5,05	4,67	4,33	9,33	8,58	7,93	7,36
190	6,76	6,16	5,74	5,33	11,48	10,47	9,76	9,06
220	8,02	7,38	6,82	6,33	13,64	12,54	11,59	10,67
245/275	9,03	8,31	7,68	7,13	15,36	14,12	13,06	12,12
300/330	11,40	10,48	9,69	8,99	19,38	17,82	16,48	15,29

Beispiel:

Anschluss zweier Koppelpfetten (Endfeld) mit $\gamma = 10^\circ$ mit gekreuzten SFS-WT-T Schrauben $\varnothing 8,2$ mm
 Endfeld $b/h = 120$ mm/160 mm, Innenfeld $b/h = 80/160$ mm

$L_S = 220$ mm (Tabelle 13)

h/b in beiden Fällen $\leq 2 \rightarrow m_o = 78$ mm (Bild 11 links)

$R_{\perp,d} = 6,82$ kN bei 1 Schraubenpaar (Tabelle 14)

$= 11,59$ kN bei 2 Schraubenpaaren

Abstände: $a_{1,c} = 50$ mm > 41 mm ✓ $a_2 = 25$ mm > 21 mm ✓

4 Literatur

Blass, J.; Bejtka, I. 2004: Selbstbohrende Holzschrauben und ihre Anwendungsmöglichkeiten. Holzbau Kalender 2004, S. 516-541. Bruderverlag.

INFORMATIONSDIENST HOLZ: Verbindungen nach DIN 1052-neu (in Bearbeitung)

Zulassung Z-9.1-472 SFS Befestiger WT-T und WR-T vom 30.03.06

Zulassung Z-9.1-519 SPAX-S Schrauben vom 27.03.06

Zulassung Z-9.1-614 Würth ASSY VG plus vom 24.03.06