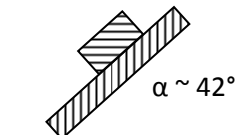


Wir haben gelernt, dass eine Kraft nur in 2 Teilkräfte zerlegt werden kann. Dies stimmt nur bedingt. Sind die gegenseitigen Verhältnisse und die Richtungen mehrerer Teilkräfte bekannt, kann eine Kraft auch in mehrere Teilkräfte zerlegt werden.

Innerhalb des Schwalbenschwanzes entstehen nebst den beiden, rechtwinklig zu den Flanken wirkenden Teilkräften S1 und S2, auch die beiden parallel zu den Flanken wirkenden Reibungskräfte R1 und R2.

Der Reibungskoeffizient quer zur Faser kann mit Versuchen ermittelt werden. Bei einer Neigung von ca. 42 Grad rutscht ein Holzklötz ab. Der Reibungskoeffizient ist :  $\sin \alpha$ , also 0.66.



Folglich stehen die Teilkräfte in folgendem Verhältnis :  $S : R = 1 : 0.66$  oder  $S : R = 3 : 2$

Im gleichen Verhältnis stehen auch die Spannungen resp. die Bemessungswerte.

Wenn  $f_{c,90,d} = 2.9 \text{ N/mm}^2$ , dann ist  $f_{\text{Reibung}, d} = 0.66 \times 2.9 = 1.9 \text{ N/mm}^2$

D1 und D2 sind folglich:  $D1 = D2 = \sqrt{2.9^2 + 1.9^2} = 3.48$

Ist die Flankenneigung z.B. 80°, dann wird  $V1 = V2 = 2.4 \text{ N/mm}^2$

Ist die Schwalbenschwanztiefe 25 mm (28-3 mm Luft) und die Schwalbenschwanzhöhe 200 mm, dann lässt sich z.B. folgender Bemessungswert des Tragwiderstands errechnen :

$$R_d = 2 \times 200 \times 25 \times 2.4 = 24'000 \text{ N} = 24 \text{ kN}$$

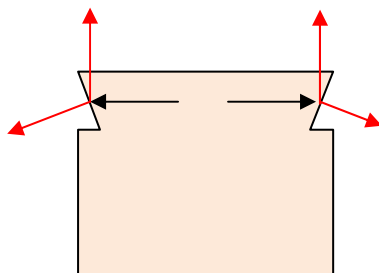
Der Tragwiderstand ist mit Einbezug der Reibung folglich ca. 4.75 x grösser, als wenn wir nur über den Flanken - Querdruck rechnen und die vorhandene Reibung missachten würden.

Gehen wir davon aus, dass die Unterschiede der Querdruckbemessungswerte zwischen 90° und 70° mit 10% marginal sind (2.9 bis 3.16 N/mm<sup>2</sup>), dann dürften wir bei Balkenanschlüssen mit Schwalbenschwänzen folgenden Tragwiderstand annehmen (praktische Tiefe 25mm):

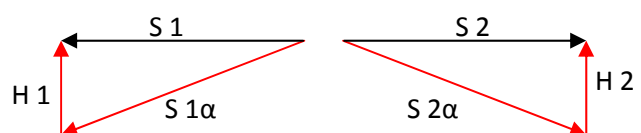
Balkenhöhe	Tragwiderstand $R_d$ in kN	Min.Querschnitt inf. $V_d$ und Geometrie genau	Min.Querschnitt inf. $V_d$ und Geometrie gerundet	Minimale Schwalbenschwanz- höhe in mm
100	10.50	75/100	80/100	88
120	12.60	83/120	80/120	105
140	14.70	89/140	100/140	123
160	16.80	96/160	100/160	140
180	19.00	104/180	100/180	158
200	21.00	110/200	120/200	175
220	23.10	118/220	120/220	193
240	25.20	125/240	120/240	210
260	27.30	132/260	140/260	228
280	29.40	139/280	140/280	245
300	31.50	146/300	140/300	263

Dabei ist beachtet : Schwalbenschwanzhöhe ca. 7/8 der Balkenhöhe  
 Schub  $f_{v,d} = 1.5 \text{ N/mm}^2$ , massgebend ist der Gesamtquerschnitt  
 untere Schwalbenschwanzbreite min. 40 mm  
 Flankenneigung ca. 80°

Da der Schwalbenschwanz auch schwalbenschwanzförmig in den Auflagerbalken eingreift, um ein Herausrutschen zu verhindern und somit eine Passgenauigkeit zu erreichen, werden die oben dargestellten Kräfte S1 und S2 wieder in 2 Teilkräfte zerlegt. Durch die Flankenpressung wird die Abscherspannung  $\tau_{a,d}$  mit Sicherheit verbessert, doch stellen wir diesen Umstand nicht in Rechnung.



Lageplan mit  
angreifenden Kräften



Kräfteplan Aktion

Haben wir die Kräftepläne richtig konstruiert und nehmen wir den Bemessungswert Druck senkrecht zur Faser (eigentlich : rechtwinklig zur Faser )  $f_{c,90,d}$  mit  $2.9 \text{ N/mm}^2$  an, dann ist  $S1 = S2 = 1.21 \times 2.9 = 3.514 \text{ N/mm}^2$ . Folglich ist bei einer Flankenneigung von  $15^\circ$   $H1 = H2 = S1 \times \tan 15 = 3.514 \times 0.268 = 0.94 \text{ N/mm}^2$  und entspricht mit genügender Sicherheit ca. dem Bemessungswert Abscheren in Faserrichtung.

**Das heisst : Die innere Flankenneigung darf  $15^\circ$  nicht überschreiten !**

Genau genommen werden die Kraftkomponenten  $S1\alpha$  und  $S2\alpha$  für die Bemessung massgebend. Bei  $15^\circ$  innerer Flankenneigung ist diese Abweichung marginal und für Statik und Bemessung mit einer Abweichung nach oben von 3.5% marginal.

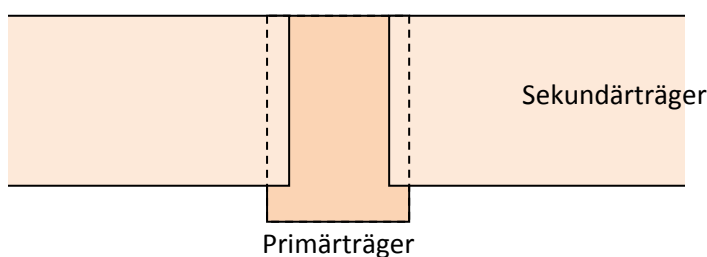
Spätestens hier stellt sich dann auch die Frage, ob BSH im Anschlussbereich so wesentlich besser sein soll, als es uns die SIA-Norm 265 darstellt. Sicher gibt es auch übervorsichtige Konstrukteure, die mit erhöhten Werten im Querdruckbereich nicht arbeiten können oder wollen. Dazu sind noch folgende Überlegungen wichtig :

Meistens können die Schwalbenschwanzverbindungen gar nicht voll ausgelastet werden, denn im Holzbau ist häufig nicht der Tragwiderstand für die Bemessung von Balken und Sparren massgebend, sondern die Verformung des Einzelbauteils.

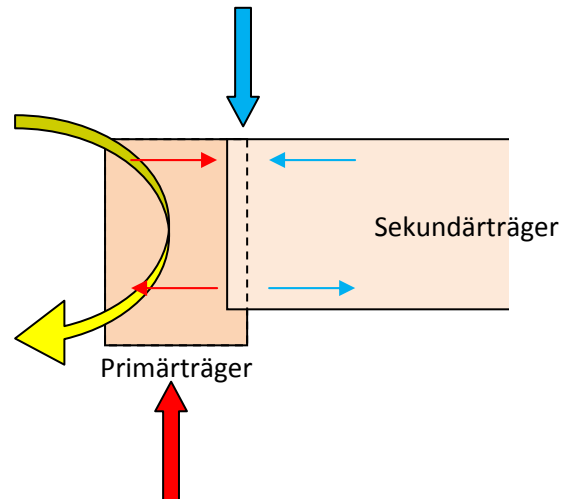
Ohne Statik und Bemessung sollte man also auch keine Schwalbenschwanzverbindungen anwenden.

**Folgende Umstände gilt es noch zu beachten :**

1. Schwalbenschwanzverbindungen sind in den Primärträgern Querschnittverschwächungen ! Rund 28 mm oder  $2 \times 28 \text{ mm}$  Material gehen verloren. Dies kompensiert man besten mit einer Erhöhung und nicht mit einer Verbreiterung des Primärträgers.



2. Einseitig eingreifende Schwalbenschwanzverbindungen (aber auch andere) erzeugen Torsion im Primärträger, die nur bedingt durch die Zwängung in der Verbindung aufgenommen werden kann.



### Zusammenfassung :

#### Obige Tabellenwerte sind unter folgenden Voraussetzungen richtig :

1. Es wird eine Statik und Bemessung nach den gültigen SIA-Normen gemacht.
2. Der Schwalbenschwanz hat ca. eine Höhe von 7/8 des Balkens
3. Die Flankenneigung des Schwalbenschwanzes beträgt ca. 80° (komplementär 10°)
4. Der Schwalbenschwanz hat unten eine Breite von min. 40 mm
5. Die innere Flankenneigung beträgt nicht mehr als 15° (komplementär 75°)
6. Die Querschnittverschwächung und ein ev.Torsionsmoment im Primärträger werden berücksichtigt. Bei Balkenlagen ist dies auch bei zweiseitigem Schwalbenschwanz aus der ungünstigsten Einwirkungssituation zu berücksichtigen).

#### Anmerkung für Anwender :

Bei den in der Tabelle angegebenen Werten  $R_d$  handelt es sich nicht um „zulässige Werte“, sondern um Tragwiderstände nach gültiger SIA-Norm 265 !

Teufen, den 24. August 2010

Paul Grunder

P.S. Für die Anwendung obiger Angaben wird keine Haftung übernommen.