# Berechnungsbeispiele Verbindungstechnik

## Angehängte Decke – Beanspruchung von Schrauben auf Herausziehen

Die Systemangaben sowie die Schnittgrößen für die im Folgenden betrachteten Detailpunkte sind im Kapitel A Fix Me! definiert.

Abb. 1: Decke „Erdgeschoss“: Deckenanschluss (Decke-Wand)

Aus der maßgebenden Kombination der Lastfälle Eigengewicht und Nutzlast ergibt sich der Bemessungswert der Auflagerkraft am Endauflager der Decke „Erdgeschoss“ pro lfd. Meter zu:

$$\label{eq:eqn_1} {A_d} = 11,51{\rm{ kN}}$$

Die Auflagerkraft der Deckenplatte soll durch Vollgewindeschrauben in die Wandscheibe des darüber liegenden Geschosses eingeleitet werden. Als Verbindungsmittel werden selbstbohrende Holzschrauben 8,0 x 280 mm mit Vollgewinde gewählt. Die Vollgewindeschrauben werden von unten durch die Seitenfläche der Deckenplatte in die Schmalfläche der Wandscheibe eingebracht, siehe Abb. 2 und Abb. 3. Hierbei sollte die Schraube in die mittlere Brettlage der Wandscheibe eingeschraubt werden, sodass die Schraubenachse rechtwinklig zur Faserrichtung verläuft. Die Tragfähigkeit der axial belasteten Vollgewindeschrauben ist abhängig von der Herausziehtragfähigkeit und ihrer Zugtragfähigkeit.

Der charakteristische Wert der Zugtragfähigkeit der Vollgewindeschrauben beträgt gemäß ihrer Zulassung:

$$\label{eq:eqn_2} {R_{t,u,k}} = 17,0{\rm{ kN}}$$

Für den Modifikationsbeiwert $k_{mod}$ gilt für die Klasse der Lasteinwirkungsdauer „mittel“ in der Nutzungsklasse 1:

$$\label{eq:eqn_3} {k_{mod}} = 0,8$$

Abb. 2: Anschluss der Decke „Erdgeschoss“ an die Wandscheibe mit Vollgewindeschrauben

### Nachweise

#### Herausziehen der Schraube aus der Wandscheibe (Bauteil mit Schraubenspitze)

Die Mindesteinschraubtiefe ist mit $L_{ef}$ = 134 mm > $L_{ef,min}$ = 4 · $d$ = 24 mm eingehalten. Die Tragfähigkeit ergibt sich aus Glg. (3), wobei bei Anordnung von Schrauben in der Schmalfläche ε = 0° gilt.

$$\label{eq:eqn_4} {R_{ax,s,w,k}} = {{31 \cdot {d^{0,8}} \cdot {L_{ef}}^{0,9}} \over {1,5 \cdot {{\cos }^2}\varepsilon + {{\sin }^2}\varepsilon }} = {{31 \cdot {8^{0,8}} \cdot$$

{{134}^{0,9}}} \over {1,5 \cdot {{\cos }^2}0^\circ + {{\sin }^2}0^\circ }} = 8956{\rm{ N}} = 8,96{\rm{ kN}} \end{equation}

### Herausziehen der Schraube aus der Deckenplatte (Bauteil mit Schraubenkopf)

Kopfdurchziehen wird bei Vollgewindeschrauben i. d. R. nicht maßgebend.

Mit ε = 90° ergibt sich aus Glg. (1) die Tragfähigkeit in der Seitenfläche zu:

\begin{equation} \label{eq:eqn_5} {R_{ax,s,w,k}} = {{31 \cdot {d^{0,8}} \cdot {L_{ef}}^{0,9}} \over {1,5 \cdot {{\cos }^2}\varepsilon + {{\sin }^2}\varepsilon }} = {{31 \cdot {8^{0,8}} \cdot {{146}^{0,9}}} \over {1,5 \cdot {{\cos }^2}90^\circ + {{\sin }^2}90^\circ }} = 14513{\rm{ N}} = 14,51{\rm{ kN}} \end{equation}

Maßgebender Bemessungswert der Herausziehtragfähigkeit:

\begin{equation} \label{eq:eqn_6} {R_{ax,s,d}} = \min \{ {R_{ax,s,w,k}};{R_{ax,s,c,k}}\} \cdot {{{k_{\bmod }}} \over {{\gamma _M}}} = \min \{ 8956;14513\} \cdot {{0,8} \over {1,3}} = 5511{\rm{ N}} = 5,51{\rm{ kN}} \end{equation}

Bemessungswert der Zugtragfähigkeit der Schraube (Versagen des Schraubenstahls):

\begin{equation} \label{eq:eqn_7} {R_{t,u,d}} = {{{R_{t,u,k}}} \over {{\gamma _M}}} = {{17000} \over {1,25}} = 13600{\rm{ N}} = 13,6{\rm{ kN}} \end{equation}

Die Zugtragfähigkeit der Schraube wird nicht maßgebend, da $R_{t,u,d} > R_{ax,s,d}$.

Anzahl der erforderlichen Schrauben:

\begin{equation} \label{eq:eqn_8} {n_{erf}} = {{{A_d} \cdot {b_a}} \over {{R_{ax,s,d}}}} = {{11,51 \cdot 2,618} \over {5,51}} = 5,5 \end{equation}

→ gewählt: 6 Schrauben

Mindestabstände der Schrauben untereinander und zum Rand:

Deckenplatte (Seitenfläche):

| | |
|---|---|
| $a_2=2,5 \cdot d=20 {\rm{ mm}}$ | gewählt: ${{2618} \over {6}} \approx 436 {\rm{ mm}}$ |
| $a_{3,c}=6 \cdot d=48 {\rm{ mm}}$ Fix Me! | gewählt: $48 {\rm{ mm}}$ |
| $a_{4,c}=2,5 \cdot d=20 {\rm{ mm}}$ | gewählt: $220 {\rm{ mm}}$ |

Wandscheibe (Schmalfläche):

| | |
|---|---|
| $a_1=10 \cdot d=80 {\rm{ mm}}$ | gewählt: ${{2618} \over {6}} \approx 436 {\rm{ mm}}$ |
| $a_{3,c}=5 \cdot d=48 {\rm{ mm}}$ Fix Me! | gewählt: $46 {\rm{ mm}}$ |
| $a_{4,c}=7 \cdot d=56 {\rm{ mm}}$ | gewählt: $219-94=125 {\rm{ mm}}$ |

Mindestdicken des Brettsperrholzes und der maßgebenden Brettlagen für Verbindungsmittel in den Schmalflächen:

Wandscheibe:

| |
|---|
| $t_{i,erf}=2 \cdot d = 16 {\rm{ mm}} < t_i = 34 {\rm{ mm}}$ |
| $t_{clt,erf}=10 \cdot d = 80 {\rm{ mm}} < t_{clt} = 94 {\rm{ mm}}$ |

Hinweise:

- Die Herausziehtragfähigkeit von parallel zur Faserrichtung eingedrehten Schrauben ist bisher lediglich für eine kurzzeitige Beanspruchung abgesichert. Daher ist sicherzustellen, dass die Schrauben in der Schmalfläche der Wandscheibe nur innerhalb der mittleren Brettlage und damit rechtwinklig zur Faserrichtung angeordnet werden.
- Eine Anordnung der Schrauben in zwei Reihen oder eine versetzte Anordnung der Schrauben ist aufgrund der Anschlussgeometrie unter Beachtung der erforderlichen Mindestabstände nicht möglich. Hierauf kann in diesem Beispiel jedoch verzichtet werden, da die Herausziehtragfähigkeit der Schrauben in den Seitenflächen lediglich zu 55 % ausgenutzt wird.
- Der Höchstabstand der Schrauben untereinander sollte nicht mehr als das Dreifache der Dicke der Deckenplatte betragen. Für die Seitenfläche gilt daher: $a_{2,max} = 3 \cdot t_{clt} = 438 mm > a_2 = 436 mm$
- Sollen durch den Anschluss zusätzlich Kräfte rechtwinklig zur Schraubenachse übertragen werden, ist ein kombinierter Nachweis nach 8.7.3, EN 1995-1-1:2008-09 [en_1995_1_1], erforderlich.
- Als Montagehilfe können zunächst einige Teilgewindeschrauben durch die Deckenplatte hindurch in die Wandscheibe eingedreht werden. Die Gewindelänge wird so gewählt, dass sich das Gewinde nach dem Einschrauben vollständig im Bereich der Wandscheibe befindet. Beim Eindrehen der Schrauben werden somit die beiden Bauteile zusammengezogen.

Abb. 3: Anordnung der Schrauben, Ansicht der Decke von unten im Anschlussbereich

# Anschluss der Südwand mit Stabdübeln – Beanspruchung auf Abscheren

Die Systemangaben sowie die Schnittgrößen für die im Folgenden betrachteten Detailpunkte sind im Kapitel A Fix Me! definiert.

Die Südwand soll an die Westwand und an die nächstgelegene Innenwand befestigt werden, siehe Abb. (7). Es wird davon ausgegangen, dass lediglich das Eigengewicht der Wand zu berücksichtigen ist. Der Anschluss besteht aus Stabdübeln, die in die Seitenfläche der Südwand eingebracht werden und jeweils in die Schmalfläche der Westwand bzw. Innenwand einbinden. Es wird angenommen, dass die gesamte Belastung von den beiden unteren Anschlüssen zu übertragen ist.

Abb. 4: Anschluss der Südwand, Übersicht sowie Details in Ansicht und Schnitt

Der Bemessungswert der Auflagerkraft aus dem Lastfall Eigengewicht beträgt:

\begin{equation} \label{eq:eqn_9} V_d=4,03{\rm{ kN (je Anschluss)}} \end{equation}

Für den Modifikationsbeiwert $k_{mod}$ gilt für die Klasse der Lasteinwirkungsdauer „ständig“ in der Nutzungsklasse 1:

\begin{equation} \label{eq:eqn_10} k_{mod}=0,6 \end{equation}

## Tragfähigkeit eines Stabdübels bei Beanspruchung auf Abscheren

Die charakteristische Lochleibungsfestigkeit für die Stabdübel in Seitenflächen wird mit Glg. (8) berechnet. Hierbei beträgt der Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung α = 0°.

\begin{equation} \label{eq:eqn_11} {f_{h,1,k}} = {{32 \cdot (1 - 0,015 \cdot d)} \over {1,1 \cdot {{\sin }^2}\alpha + {{\cos }^2}\alpha }} = {{32 \cdot (1 - 0,015 \cdot 12)} \over {1,1 \cdot {{\sin }^2}0° + {{\cos }^2}0°}} = 26,2 {\rm{ N/mm^2}} \end{equation}

Die charakteristische Lochleibungsfestigkeit in den Schmalflächen lässt sich mit Glg. (5) ermitteln:

\begin{equation} \label{eq:eqn_12} {f_{h,2,k}} = 9 \cdot (1 - 0,017 \cdot d) = 7,16 {\rm{ N/mm^2}} \end{equation}

Für β folgt somit:

\begin{equation} \label{eq:eqn_13} \beta = {{{f_{h,2,k}}} \over {{f_{h,1,k}}}} = {{7,16} \over {26,2}} = 0,27 \end{equation}

Der charakteristische Wert des Fließmomentes der Stabdübel ergibt sich nach 8.5.1.1 der EN 1995-1-1:2008-09 [10] Fix Me! zu:

\begin{equation} \label{eq:eqn_14} {M_{y,Rk}} = 0,3 \cdot {f_{u,k}} \cdot {d^{2,6}} = 0,3 \cdot 360 \cdot {12^{2,6}} = 69,1 \cdot {10^3}{\rm{ Nmm}} \end{equation}

Die maßgebende charakteristische Tragfähigkeit ist der kleinste Wert aus den Gleichungen a) bis f) in Absatz A) für einschnittige Holz-Holz-Verbindungen in Abschnitt 8.2.2 der EN 1995-1-1:2008-09 [10] Fix Me!.

$${F_{v,Rk}} = \min \left\{ {\matrix{ {{f_{h,1,k}} \cdot {t_1} \cdot d} \cr {{f_{h,2,k}} \cdot {t_2} \cdot d} \cr {{{{f_{h,1,k}} \cdot {t_1} \cdot d} \over {1 + \beta }} \cdot \left[ {\sqrt {\beta + 2 \cdot {\beta ^2} \cdot \left[ {1 + {{{t_2}} \over {{t_1}}} + {{\left( {{{{t_2}} \over {{t_1}}}} \right)}^2}} \right] + {\beta ^3} \cdot {{\left( {{{{t_2}} \over {{t_1}}}} \right)}^2}} - \beta \cdot \left( {1 + {{{t_2}} \over {{t_1}}}} \right)} \right]} \cr {1,05 \cdot {\textstyle{{{f_{h,1,k}} \cdot {t_1} \cdot d} \over {2 + \beta }}} \cdot \left[ {\sqrt {2 \cdot \beta \cdot \left( {1 + \beta } \right) + {{4 \cdot \beta \cdot \left( {2 + \beta } \right) \cdot {M_{y,k}}} \over {{f_{h,1,k}} \cdot {t_1}^2 \cdot d}}} - \beta } \right]} \cr {1,05 \cdot {\textstyle{{{f_{h,1,k}} \cdot {t_2} \cdot d} \over {1 + 2 \cdot \beta }}} \cdot \left[ {\sqrt {2 \cdot \beta \cdot \left( {1 + \beta } \right) + {{4 \cdot \beta \cdot \left( {2 + \beta } \right) \cdot {M_{y,k}}} \over {{f_{h,1,k}} \cdot {t_2}^2 \cdot d}}} - \beta } \right]} \cr {1,15 \cdot \sqrt {{{2 \cdot \beta } \over {1 + \beta }} \cdot \sqrt {2 \cdot {M_{y,k}} \cdot {f_{h,1,k}} \cdot d} } } \cr } } \right.$$

$${F_{v,Rk}} = \min \left\{ {\matrix{ {26,2 \cdot 94 \cdot 12 = 29554N} \cr {7,16 \cdot 100 \cdot 12 = 8592N} \cr {{{26,2 \cdot 94 \cdot 12} \over {1 + 0,27}} \cdot \left[ {\sqrt {0,27 + 2 \cdot {{0,27}^2} \cdot \left[ {1 + {{100} \over {94}} + {{\left( {{{100} \over {94}}} \right)}^2}}

\right] + {{0,27}^3} \cdot {{\left( {{{100} \over {94}}} \right)}^2}} - 0,27 \cdot \left( {1 + {{100} \over {94}}} \right)} \right] = 7295N} \cr {1,05 \cdot {{26,2 \cdot 94 \cdot 12} \over {2 + 0,27}} \cdot \left[ {\sqrt {2 \cdot 0,27 \cdot \left( {1 + 0,27} \right) + {{4 \cdot 0,27 \cdot \left( {2 + 0,27} \right) \cdot 69100} \over {26,2 \cdot {{94}^2} \cdot 12}}} - 0,27} \right] = 8122N} \cr {1,05 \cdot {{26,2 \cdot 100 \cdot 12} \over {1 + 2 \cdot 0,27}} \cdot \left[ {\sqrt {2 \cdot {{0,27}^2} \cdot \left( {1 + 0,27} \right) + {{4 \cdot 0,27 \cdot \left( {1 + 2 \cdot 0,27} \right) \cdot 69100} \over {26,2 \cdot {{100}^2} \cdot 12}}} - 0,27} \right] = 4306N} \cr {1,15 \cdot \sqrt {{{2 \cdot 0,27} \over {1 + 0,27}}} \cdot \sqrt {2 \cdot 69100 \cdot 26,2 \cdot 12} = 4943N} \cr } } \right.$$

Der maßgebende Bemessungswert der Tragfähigkeit beträgt:

\begin{equation} \label{eq:eqn_15} {F_{v,Rd}} = {F_{v,Rk}} \cdot {{{k_{\bmod }}} \over {{\gamma _M}}} = 4306 \cdot {{0,6} \over {1,3}} = 1987{\rm{ N}} = 1,99{\rm{ kN}} \end{equation}

**Nachweis:**

\begin{equation} \label{eq:eqn_16} {{{V_d}} \over {{n_{ef}} \cdot {F_{v,Rd}}}} = {{4,03} \over {3 \cdot 1,99}} = 0,68 < 1,0 \end{equation}

mit $n_{ef}$ gemäß Abschnitt 8.5.1.1, EN 1995-1-1:2008-09 [10][1] Fix Me!.

\begin{equation} \label{eq:eqn_17} {n_{ef}} = \min \left\{ {\matrix{ {n = 3} \cr {{n^{0,9}} \cdot \root 4 \of {{{{a_1}} \over {13 \cdot d}}} = {3^{0,9}} \cdot \root 4 \of {{{250} \over {13 \cdot 12}}} = 3,02} \cr } } \right. \end{equation}

Mindestabstände der Stabdübel untereinander und zum Rand:

Südwand (Seitenfläche):

| | |
|---|---|
| $a_1=5 \cdot d=60 {\rm{ mm}}$ | gewählt: $250 {\rm{ mm}}$ |
| $a_{3,c}=3 \cdot d=36 {\rm{ mm}}$ | gewählt: $200 {\rm{ mm}}$ |
| $a_{4,c}=3 \cdot d=36 {\rm{ mm}}$ | gewählt: $47 {\rm{ mm}}$ |

Westwand (Schmalfläche):

| | |
|---|---|
| $a_1=4 \cdot d=48 {\rm{ mm}}$ | gewählt: $250 {\rm{ mm}}$ |
| $a_{4,c}=3 \cdot d=36 {\rm{ mm}}$ | gewählt: $47 {\rm{ mm}}$ |
| $a_{3,t}=5 \cdot d=60 {\rm{ mm}}$ | gewählt: $200 {\rm{ mm}}$ |

Mindestdicken des Brettsperrholzes und der maßgebenden Brettlagen für Verbindungsmittel in den Schmalflächen:

| |
|---|
| $t_{i,erf}=d = 12 {\rm{ mm}} < t_i = 34 {\rm{ mm}}$ |
| $t_{clt,erf}=6 \cdot d = 72 {\rm{ mm}} < t_{clt} = 94 {\rm{ mm}}$ |

Mindesteinbindetiefe der Stabdübel:

| |
|---|
| $t_{1,erf}=5 \cdot d = 60 {\rm{ mm}} < t_1 = 94 {\rm{ mm}}$ |
| $t_{2,erf}=5 \cdot d = 60 {\rm{ mm}} < t_2 = 100 {\rm{ mm}}$ |

Hinweise:

- Bei Verbindungen in den Seitenflächen von Brettsperrholz tritt ein Versagen der Verbindungen durch Aufspalten i. d. R. nicht auf, da die kreuzweise verklebten Brettlagen (vgl. „Statische“ Duktilität einer Stahlblech-Holz-Verbindung mit Stabdübeln) als Querzug- bzw. Spaltverstärkung wirken. Hier darf die wirksame Anzahl hintereinanderliegender Verbindungsmittel zu $n_{ef} = n$ angenommen werden. In den Schmalflächen kann ab einer größeren Anzahl hintereinanderliegender Verbindungsmittel ein Aufspalten auftreten. Bisher liegen hierzu noch keine ausreichend abgesicherten, allgemeingültigen Erkenntnisse vor, sodass empfohlen wird, die wirksame Verbindungsmittelanzahl wie für Vollholz zu bestimmen (Glg. \eqref{eq:eqn_17}).
- Zur Übertragung von Kräften rechtwinklig zur Ebene der Südwand (z. B. Windsog) und zur Lagesicherung sind zusätzliche Verbindungsmittel (z. B. Vollgewindeschrauben) anzuordnen.

From:
https://wiki.ihbv.at/ - **IHBV Wiki**

Permanent link:
**https://wiki.ihbv.at/doku.php?id=bsphandbuch:design:joining:example&rev=1421848734**

Last update: **2019/02/21 10:21**
Printed on 2026/11/09 20:35