

# Verbindungstechnik in der Brettsperrholz-Bauweise

Techniques d'assemblage en construction avec le bois massif contrecollé-croisé

Prof. Volker Schiermeyer  
Prüfingenieur für Baustatik

Fachhochschule Bielefeld, Campus Minden  
Bielefeld/Minden, Deutschland

Ingenieurbüro HSW-Ingenieure  
DE-Bad Oeynhausen





# Verbindungstechnik in der Brettsperrholz-Bauweise

## 1. Einleitung

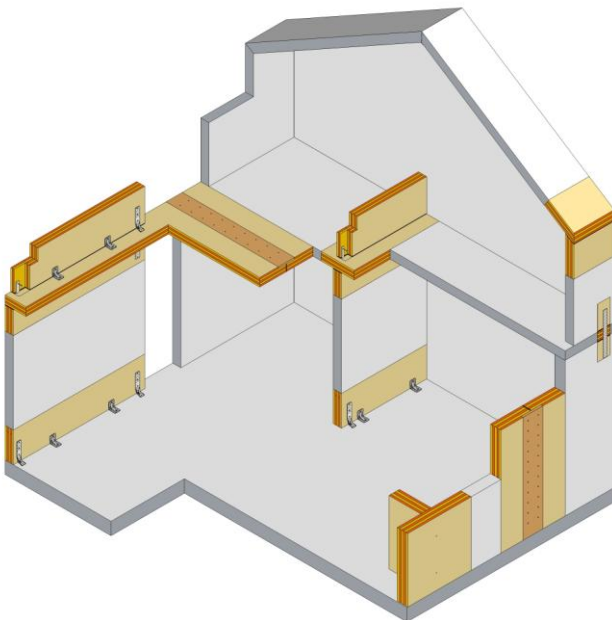
Die Bemessung von Brettsperrholzelementen (BSPH-Elementen), seien es Tafeln oder Scheiben, ist nach einschlägigen Unterlagen und Ausarbeitungen möglich. Es stehen Hilfsmittel zur Dimensionierung der Dicken an verschiedenen Stellen in der Fachliteratur und in Firmenunterlagen zur Verfügung. Lösungsansätze für Öffnungen und Aussparungen sind ebenfalls eingebettet.

Für die Auslegung der Verbindungen und Verbindungsmittel beim Bauen mit Brettsperrholz stehen ebenfalls Berechnungsansätze aus der Forschung in der Fachliteratur zur Verfügung. Im Gegensatz zur Bemessung der BSPH-Elemente, liegen für die Auslegung der Verbindungsmittel bisher jedoch nur wenige Hilfsmittel vor.

Der Tragwerksplaner steht derzeit vor der Schwierigkeit, dass sowohl für die Auslegung der Platten und Scheiben als auch für die Dimensionierung der Verbindungsmittel keine bereits vollständig in Normen geregelten Vorschriften vorliegen. Er muss auf Normen [1] bzw. [2] und [3], Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen bzw. European Technical Approvals für Brettsperrholz und Verbindungsmittel sowie auf Fachaufsätze bzw. Veröffentlichungen zurückgreifen.

## 2. Anschlussgeometrien

Werden übliche Hochbauten betrachtet, so gibt es nur wenige, grundsätzlich unterschiedliche, aber i.d.R. linienförmige, Kontaktbereiche zwischen den Brettsperrholzelementen im Wand- und im Deckenbereich.



Unabhängig von der Höhe des Bauwerks sind unter Anderem folgende Details anzutreffen.

- Anschluss der Wand-Elemente auf der Sohle, Detail „Sohle-Wand“
- Übergang am Geschosstoß, Detail „Wand-Decke-Wand“
- Außenecke bei Wandelementen, Detail „Außenecke Wand-Wand“
- Innenecke bei Wandelementen, Detail „Innenecke Wand-Wand“
- T-Stoß einer Innenwand gegen eine Außenwand, Detail „T-Stoß von Wänden“
- Stöße von Deckenelementen untereinander, Detail „Decke-Decke“
- Stöße von Wandelementen untereinander, Detail „Wand-Wand“
- Anschlüsse von Wand- an Dachelemente, Detail „Wand-Dach“

Abbildung 1: Details in einem Gebäude

Bei den Details „Sohle-Wand“ und „Wand-Decke-Wand“ ist bei der Auslegung der Verbindungsmittel die Beanspruchung nach linienförmiger und punktueller Lasteinleitung, z.B. bei Scheibenendverankerungen, zu unterscheiden.

Die folgenden Abbildungen zeigen einige dieser grundsätzlich unterschiedlichen Details.

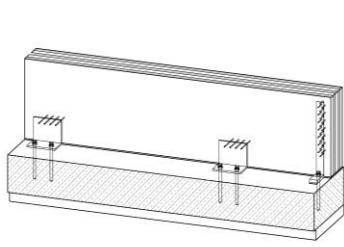


Abbildung 2: Detail „Sohle-Wand“

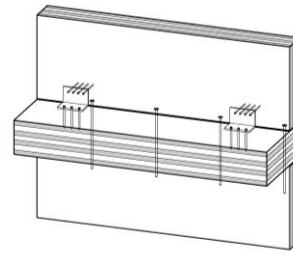


Abbildung 3: Detail „Wand- Decke-Wand“

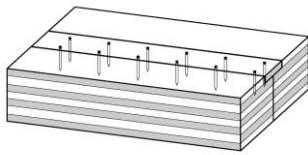
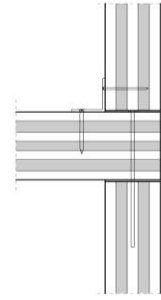
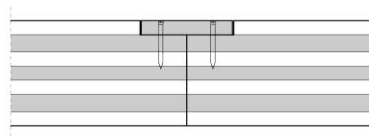


Abbildung 4: Detail „Decke-Decke“



### 3. Verbindungstechnik

Wie in den vorangestellten Abbildungen zu erkennen ist, kommen für die Anschlüsse i.d.R. Stahlblechformteile und stiftförmige Verbindungsmittel zum Einsatz.

Aber selbst beim Anschluss über Stahlblechformteile oder möglicherweise auch Formteilen aus Holz müssen stiftförmige Verbindungsmittel zur Kraftübertragung eingesetzt werden. Als stiftförmige Verbindungsmittel kommen Nägel, Schrauben, Stabdübel und auch Passbolzen zum Einsatz. Immer häufiger werden selbstbohrende Schrauben mit Voll- oder Teilgewinde eingesetzt, die besonders bei geneigter Anordnung eine hohe Beanspruchbarkeit aufweisen, da dann eine Beanspruchung in Richtung der Schraubenachse vorliegt. Grundsätzlich muss zwischen dem Tragverhalten der Verbindungsmittel in den Seitenflächen und den Schmalflächen der BSPH-Elemente unterschieden werden.

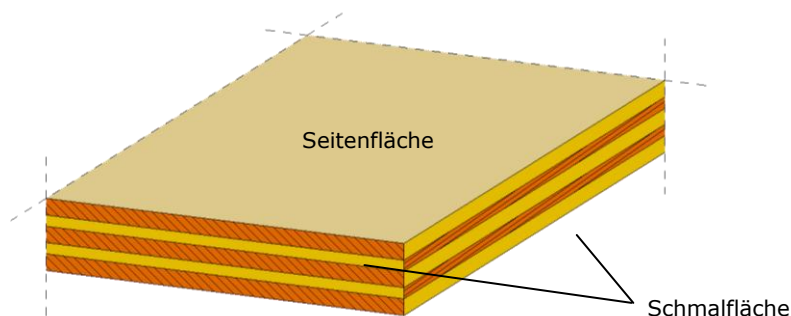


Abbildung 5: Definition Seitenfläche und Schmalfläche von Brettsperrholzelementen

Stiftförmige Verbindungsmittel werden bevorzugt eingesetzt, um eine einfache Be- bzw. Verarbeitung zu gewährleisten, aber auch um die geringen Breiten der Schmalflächen der BSPH-Elemente für die Anschlüsse zu nutzen. Stiftförmige Verbindungsmittel bieten zusätzlich den Vorteil, dass Dichtungsbänder usw. einfacher in die Fugen und Übergangsbereiche eingelegt werden können, als bei Verwendung z.B. von Dübeln besonderer Bauart. Dübel besonderer Bauart sind breiter und lassen evtl. nicht mehr den Platz für die erforderlichen Einlagen zur Erzielung einer Luft- oder Rauchdichtheit oder der schallschutztechnischen Trennung.

### 3.1. Definition der Einwirkungsrichtungen an den Verbindungen

Notwendig für die Auslegungen von Verbindungen ist eine eindeutige Beschreibung der Beanspruchungsrichtungen in einem Anschlussbild. In den folgenden Abbildungen sind Vorschläge für eine Definition der Richtungen für einzelne Details aufgezeigt.

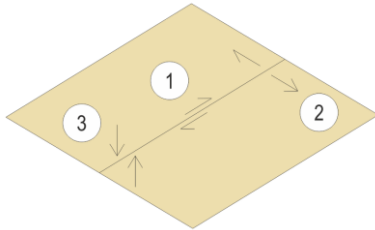


Abbildung 6: Verbindung „Decke-Decke“

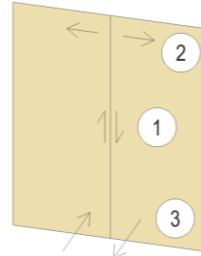


Abbildung 7: Verbindung „Wand-Wand“

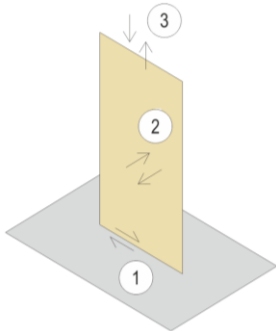


Abbildung 8: Verbindung „Sohle-Wand“

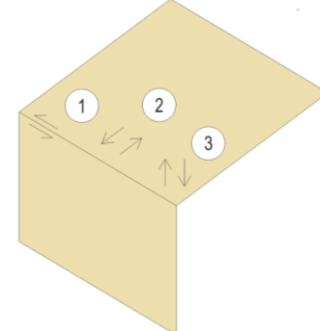


Abbildung 9: Verbindung „Wand-Decke“

In den Abbildungen 6 bis 9 sind exemplarisch globale Festlegungen dargestellt. Die Beanspruchung entlang der Fuge wird grundsätzlich mit der Richtung 1 beschrieben. Quer zum Fugenverlauf wird unterschieden zwischen der Richtung 2 (global horizontal) und der Richtung 3 (global vertikal).

### 3.2. Tragfähigkeit von stiftförmigen Verbindungsmitteln in Holz- und Holzwerkstoffen nach Norm

Die Bestimmung der Tragfähigkeit eines Verbindungsmittels in Holz und Holzwerkstoffen ist grundsätzlich in [1] bzw. [2] und [3] geregelt. Im Folgenden wird die Vorgehensweise nach DIN EN 1995-1-1 und zugehörigem DIN EN 1995-1-1/NA aufgezeigt.

Stiftförmige Verbindungsmittel können auf Abscheren und einige auf Herausziehen beansprucht werden.

#### Tragfähigkeit eines Verbindungsmittels auf Abscheren

Die Tragfähigkeit auf Abscheren ist nach der Johansen-Theorie definiert und errechnet sich aus dem Versagen der an der Verbindung beteiligten Bauteile im Bereich der Lochleibung, aus dem Erreichen des Fließmomentes im Verbindungsmittel oder aus einer Kombination dieser einzelnen Versagenszustände. Die differenzierten Bestimmungsgleichungen sind in [1] im Anhang G und in [2] im Kapitel 8.2 angegeben und werden unterschieden nach ein- oder zweischnittigen Verbindungen bzw. nach Anschlüssen Holz-Holz oder Stahl-Holz mit dicken oder dünnen Blechen.

Exemplarisch werden die Gleichungen zur Bestimmung der charakteristischen Tragfähigkeit aus [2] für einschnittige Verbindungen in Holz bzw. Holzwerkstoffen aufgeführt.

Der kleinste sich ergebende Wert aus den Gleichungen 2 bis 7 wird unter Ansatz des Teilsicherheitsbeiwertes  $\gamma_M=1,30$  und dem zugehörigen Modifikationswert  $k_{mod}$  weiter verfolgt.

$$F_{V,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} \quad \text{Gl. 1}$$

Dieser Wert drückt dann die Bemessungstragfähigkeit  $F_{V,Rd}$  eines Verbindungsmittels je Scherfuge aus.

$$\begin{aligned}
 & f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d && \text{Gl. 2} \\
 & f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d && \text{Gl. 3} \\
 & \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \cdot \left[ \sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 \cdot \left[ 1 + \frac{t_2}{t_1} + \left( \frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \cdot \left( \frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \cdot \left( 1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} && \text{Gl. 4} \\
 F_{V,Rk} = \min & \left\{ \begin{aligned} & 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[ \sqrt{2 \cdot \beta \cdot 1 + \beta + \frac{4 \cdot \beta \cdot 2 + \beta \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} && \text{Gl. 5} \\ & 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2 \cdot \beta} \cdot \left[ \sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2 \cdot \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} && \text{Gl. 6} \\ & 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} && \text{Gl. 7} \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

mit:  $f_{h,1,k}$  charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit in Holz 1  
 $f_{h,2,k}$  charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit in Holz 2  
 $\beta$  Verhältnis der Lochleibungsfestigkeiten  $f_{h,2,k} / f_{h,1,k}$   
 $M_{y,Rk}$  charakteristischer Wert des Fließmoments des Verbindungsmittels

### Tragfähigkeit eines Verbindungsmittels auf Herausziehen

Die Tragfähigkeit eines Verbindungsmittels auf Herausziehen bzw. parallel zur Achse des Verbindungsmittels ist ebenfalls in [1] bzw. [2] und [3] definiert. Exemplarisch wird auch hier die Bestimmung der Tragfähigkeit nach [2] für Schrauben aufgeführt.

Eine Verbindung von Holz und Holzwerkstoffen mit Schrauben kann auf unterschiedliche Arten versagen. Neben dem direkten Versagen der Schraube kann der Gewindeteil aus dem Werkstoff oder der Schraubenkopf durch den Werkstoff gezogen werden. Diese unterschiedlichen Versagenszustände sind einzeln zu betrachten.

Der **charakteristische Auszieh Widerstand** einer Verbindung mit Schrauben nach DIN EN 14592 wird für Durchmesser zwischen 6 und 12 mm angenommen werden zu:

$$F_{ax,\alpha,Rk} = \frac{n_{ef} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot \ell_{ef} \cdot k_d}{1,2 \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \quad \text{Gl. 8}$$

mit:  $n_{ef}$  wirksame Anzahl der Schrauben in der Verbindung  
 $f_{ax,k}$  charakteristischer Wert der Ausziehfestigkeit in N/mm<sup>2</sup>  
 $d$  Schraubendurchmesser in mm  
 $\ell_{ef}$  Eindringtiefe des Gewindeteils in mm  
 $\alpha$  Winkel zwischen Schraubenachse und der Faserrichtung, mit  $\alpha \geq 30^\circ$   
 $k_d = \min d/8 ; 1$  Gl. 9

$$\text{Es gilt: } f_{ax,k} = 0,52 \cdot d^{-0,5} \cdot \ell_{ef}^{-0,1} \cdot \rho_k^{0,8} \quad \text{Gl. 10}$$

mit:  $\rho_k$  charakteristischer Wert der Rohdichte in kg/m<sup>3</sup>

Der **charakteristische Durchzieh Widerstand** einer Verbindung mit axial beanspruchten Schrauben wird angenommen zu:

$$F_{ax,\alpha,Rk} = n_{ef} \cdot f_{head,k} \cdot d_h^2 \cdot \left( \frac{\rho_k}{\rho_a} \right)^2 \quad \text{Gl. 11}$$

mit:	$n_{ef}$	wirksame Anzahl der Schrauben in der Verbindung
	$f_{head,k}$	charakteristischer Durchziehparameter der Schraube nach DIN EN 14592 für die zugehörige Rohdichte $\rho_a$
	$d_h$	Durchmesser des Schraubenkopfes
	$\rho_a$	zugehöriger Wert der Rohdichte in $kg/m^3$

Die **charakteristische Zugfestigkeit** errechnet sich aus dem Abreißwiderstand des Schraubenkopfes oder dem Zugwiderstand des Schaftes und sollte angenommen werden zu:

$$F_{t,Rk} = n_{ef} \cdot f_{tens,k} \quad \text{Gl. 12}$$

mit:	$n_{ef}$	wirksame Anzahl der Schrauben in der Verbindung
	$f_{tens,k}$	charakteristischer Zugwiderstand der Schraube nach DIN EN 14592

In den Gleichungen 8, 11 und 12 muss jeweils die wirksame Anzahl der Schrauben an einer Verbindung eingesetzt werden. Bei Schraubenverbindungen mit einer Schraubengruppe, die durch Kraftkomponenten axial beansprucht wird, errechnet sich die wirksame Anzahl der Schrauben zu:

$$n_{ef} = n^{0,9} \quad \text{Gl. 13}$$

mit:  $n$  Anzahl der Schrauben, die in einer Verbindung zusammenwirken

### 3.3. Tragfähigkeit von stiftförmigen Verbindungsmitteln in BSPH

Bei der Bestimmung der Tragfähigkeit auf Abscheren von stiftförmigen Verbindungsmitteln ist der charakteristische Wert der Lochleibungsfestigkeit  $f_{h,1,k}$  bzw.  $f_{h,2,k}$  die Größe, die durch den Werkstoff Brettsperrholz beeinflusst wird, siehe Gleichungen 2 bis 7.

Bei der Bestimmung der Tragfähigkeit auf Herausziehen ist die vom Brettsperrholz abhängige Größe der charakteristische Wert des Ausziehparameters  $f_{ax,k}$ , siehe Gleichungen 8 und 9. Für diese Parameter liegen keine allgemein gültigen Regeln in den Vorschriften, z.B. DIN EN 1995-1-1, vor.

In einem Forschungsvorhaben an der Universität Karlsruhe [4] wurden Bemessungsvorschläge für Verbindungen in Brettsperrhölzern erarbeitet. Anhand vieler Versuche zur Bestimmung der charakteristischen Rohdichte von Brettsperrholz, zur Ermittlung der Lochleibungsfestigkeiten in den Seiten- und in den Schmalflächen und zur Ermittlung der Tragfähigkeit bei Beanspruchung auf Herausziehen wurden in Anlehnung an [1] bzw. [2] und [3] Vorschläge für die ansetzbaren Lochleibungsfestigkeiten und Ausziehfestigkeiten angegeben.

Eine genaue Beschreibung der Versuche und Vorgehensweise ist [5], [6], [7] und im Besonderen [8] zu entnehmen. Letztendlich sind alle Werte in [9] noch einmal zusammengefasst und finden sich in den ersten Entwürfen zur Produktrichtlinie für Brettsperrholz [10] wieder. Allerdings sind die Regularien in den letzten Versionen zur Produktrichtlinie [11] wieder herausgenommen worden, da in Produktrichtlinien keine Bemessungsvorschriften untergebracht werden sollen.

Es wird im Folgenden die Vorgehensweise unterschieden für:

- Beanspruchung rechtwinklig zur Stiftachse bei Verbindungen in Schmalflächen
- Beanspruchung rechtwinklig zur Stiftachse bei Verbindungen in Seitenflächen
- Beanspruchung in Richtung der Stiftachse

Im Einzelnen werden dann für die unterschiedlichen stiftförmigen Verbindungsmittel die formelmäßigen Zusammenhänge aufgezeigt.

**Beanspruchung rechtwinklig zur Stiftachse bei Verbindungen in Schmalflächen**

Bedingt durch den Aufbau von Brettsperrholz können Verbindungsmittel sowohl in Brettlagen parallel zur Faser als auch senkrecht zur Faser positioniert sein. Bei schräger bzw. geneigter Lage der Verbindungsmittel können auch Brettlagen mit unterschiedlicher Faserrichtung durchdrungen werden. Ebenfalls können die Verbindungsmittel Fugen oder Nuten treffen.

Schrauben- und Nagelverbindungen:

Unabhängig von der genauen Lage der Verbindungsmittel in der Schmalfläche wird für die Lochleibungsfestigkeit für Schrauben- und Nagelverbindungen ohne Vorbohrung der charakteristische Wert der Lochleibungsfestigkeit in [4] angegeben zu:

$$f_{h,k} = 20 \cdot d^{-0,5} \quad \text{in N/mm}^2 \quad \text{Gl. 14}$$

mit:  $d$  Nenndurchmesser der Schrauben bzw. der Nägel in mm

Stabdübel-, Passbolzen und Bolzenverbindungen:

Für Verbindungen mit Stabdübeln, Passbolzen oder Bolzen wird der charakteristische Wert der Lochleibungsfestigkeit angegeben zu:

$$f_{h,k} = 9 \cdot 1 - 0,017 \cdot d \quad \text{in N/mm}^2 \quad \text{Gl. 15}$$

mit:  $d$  Nenndurchmesser der Stabdübel, Passbolzen oder Bolzen in mm

Allgemeines zu Anwendung von stiftförmigen Verbindungsmitteln in Schmalflächen:

Um einem Aufspalten einer Verbindung in den Schmalflächen entgegenzuwirken, sollte besonders bei der Anordnung von Verbindungsmitteln in Brettlagen senkrecht zu den Fasern die maximale Tragfähigkeit der Summe der Verbindungsmittel durch eine Reduzierung auf eine wirksame Anzahl  $n_{ef}$  berücksichtigt werden. Hierfür wird die Vorgehensweise wie bei Vollholz nach [2] empfohlen.

$$n_{ef} = \min \left\{ n; n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} \right\} \quad \text{Gl. 16}$$

**Beanspruchung rechtwinklig zur Stiftachse bei Verbindungen in Seitenflächen**Schrauben und Nagelverbindungen

In Anlehnung an [1] bzw. [2] wird auch im Forschungsbericht [4] angenommen, dass die Lochleibungsfestigkeit für Schrauben und Nägel ohne Vorbohren unabhängig vom Kraft-Faser-Winkel zu bestimmen ist.

Für Schrauben und Nägel ohne Vorbohren wird der charakteristische Wert der Lochleibungsfestigkeit für Brettsperrholz mit Brettlagen  $t_i \leq 9\text{mm}$  angegeben zu:

$$f_{h,k} = 60 \cdot d^{-0,5} \quad \text{in N/mm}^2 \quad \text{Gl. 17}$$

Für Verbindungen in Brettsperrholz mit Brettlagen  $t_i > 9\text{mm}$  ist der charakteristische Wert der Lochleibungsfestigkeit wie bei Vollholz zu ermitteln, siehe [1] bzw [2]. Als charakteristischer Wert der Rohdichte ist der Wert des Ausgangsmaterials anzusetzen, i.d.R.  $350\text{kg/m}^3$ .

Somit ergeben sich unterschiedliche Bestimmungsgleichungen, in Abhängigkeit von Durchmesser der Verbindungsmittel und gegebenenfalls vom Winkel zwischen Krafrichtung und Faserrichtung der Decklagen:

Für Schrauben und Nägel mit einem Durchmesser  $d \leq 8\text{mm}$  gilt:

- für nicht vorgebohrte Hölzer

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3} \quad \text{in N/mm}^2 \quad \text{Gl. 18}$$

- für vorgebohrte Hölzer

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot 1 - 0,01 \cdot d \cdot \rho_k \quad \text{in N/mm}^2 \quad \text{Gl. 19}$$



Für Schrauben und Nägel mit einem Durchmesser  $d > 8\text{mm}$  gilt:

- für vorgebohrte Hölzer in Nadelholz (Vorbohren ist bei diesen Durchmessern erforderlich)

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot 1 - 0,01 \cdot d \cdot \rho_k \quad \text{in N/mm}^2 \quad \text{Gl. 20}$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad \text{mit } k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d \quad \text{Gl. 21}$$

mit:  $d$  Nenndurchmesser der Schrauben bzw. Nägel in mm

Für selbstbohrende Holzschrauben mit Vollgewinde wird der charakteristische Wert der Lochleibungsfestigkeit für Brettsperrholz angegeben zu:

$$f_{h,VgSr,k} = 0,019 \cdot \rho_{B,k}^{1,24} \cdot d^{-0,3} \quad \text{in N/mm}^2 \quad \text{Gl. 22}$$

mit:  $\rho_{B,k}$  charakteristische Rohdichte des Ausgangsmaterials in  $\text{kg/m}^3$

#### Stabdübel-, Passbolzen und Bolzenverbindungen:

Bei diesen Verbindungsmitteln ist unabhängig von den Durchmessern immer eine Abhängigkeit der Lochleibungsfestigkeit vom Kraft-Faser-Winkel vorhanden, so dass durch die unterschiedliche Ausrichtung der einzelnen Brettlagen abschnittsweise unterschiedliche Festigkeiten vorliegen. Die Versagensmechanismen nach Johansen gelten weiterhin, müssen aber erweitert werden. Im oben angesprochenen Forschungsvorhaben wurden auch hierzu entsprechende Versuche durchgeführt und rechnerisch ausgewertet. Um den Berechnungsaufwand zu reduzieren, wird auch hier eine vereinfachte Gleichung für die Ermittlung des charakteristischen Wertes der Lochleibungsfestigkeit vorgeschlagen:

$$f_{h,k} = \frac{32 \cdot 1 - 0,015 \cdot d}{1,1 \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad \text{in N/mm}^2 \quad \text{Gl.23}$$

Der Winkel  $\alpha$  beschreibt den Winkel zwischen Krafrichtung und Faserrichtung der Decklagen. Zusätzlich sind Bedingungen für die Anwendung der Gleichung definiert. Die maximale Brettlagendicke wird zu 40 mm definiert. Eine Mindestdicke bzw. Mindesteinbindetiefe ist zu einer Dicke von 3 Brettlagen definiert, wobei das Verhältnis  $\zeta$  der betroffenen Brettlagen mit unterschiedlicher Orientierung zwischen 0,95 und 2,0 liegen soll.

$$\zeta = \frac{\sum t_{0,i}}{\sum t_{90,j}} \quad \text{Gl. 24}$$

mit:  $t_{0,i}$  Dicke der einzelnen Brettlagen parallel zur Faserrichtung der Decklagen

$t_{90,j}$  Dicke der einzelnen Brettlagen rechtwinklig zur Faserrichtung der Decklagen

Da die kreuzweise verklebten Brettlagen wie Vollhölzer mit Querszugverstärkungen wirken, darf auf eine Tragfähigkeitsreduzierung, d.h. auf eine Abminderung auf eine effektive Verbindungsmittelanzahl verzichtet werden. Es gilt:

$$n = n_{ef} \quad \text{Gl. 25}$$

#### **Beanspruchung in Richtung der Stiftachse**

Im Forschungsbericht [4] werden für die Beanspruchbarkeiten in Stiftachse jeweils die charakteristischen Werte für den Ausziehwiderstand  $F_{ax,k}$  angegeben. Die Angaben werden unterschieden für Sondernägel und selbstbohrende Holzschrauben.

#### Verbindungen mit Sondernägeln:

$$F_{ax,n,k} = 14 \cdot d^{0,6} \cdot \ell_{ef} \quad \text{in N} \quad \text{Gl. 26}$$

mit:  $\ell_{ef}$  wirksame Einschlagtiefe in mm

$d$  Nenndurchmesser des Sondernagels in mm

Zusätzlich sind konstruktive Vorgaben im Forschungsbericht angegeben, die sich auf zu verwendende Mindestdurchmesser und Mindesteinschlagtiefen beziehen.

Verbindungen mit selbstbohrenden Schrauben:

Verbindungen, die bei dieser Bauweise auf Herausziehen beansprucht werden, sind im Allgemeinen selbstbohrende Schrauben mit Teil- oder Vollgewinde. Die Schrauben müssen den Anforderungen an die Tragfähigkeitsklasse 3 der DIN 1052:2008-12 [1] genügen.

Für selbstbohrende Schrauben wird der charakteristische Wert des Ausziehwiderstandes für Brettsperrholz unabhängig von z.B. der Lage in der Schmalfläche angegeben zu:

$$F_{ax,s,k} = \frac{31 \cdot d^{0,8} \cdot \ell_{ef}^{0,9}}{1,5 \cdot \cos^2 \varepsilon + \sin^2 \varepsilon} \quad \text{in N} \quad \text{Gl. 27}$$

mit:  $\ell_{ef}$  wirksame Einschraubtiefe in mm  
 $\varepsilon$  für Verbindungen in den Seitenflächen  $\varepsilon = 90^\circ$   
für Verbindungen in den Schmalflächen:  $\varepsilon = 0^\circ$

In dieser Bestimmungsgleichung ist die charakteristische Rohdichte  $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$  der Brettlagen als Ausgangsmaterial eingearbeitet. Wird diese Gleichung für die Beanspruchbarkeit bezogen auf die Seitenflächen genutzt, d.h.  $\varepsilon = 90^\circ$ , wird direkt die Rohdichte für das Endprodukt Brettsperrholz mit  $\rho_k = 400 \text{ kg/m}^3$  berücksichtigt.

Werden die selbstbohrenden Schrauben in den Schmalflächen ausschließlich rechtwinklig zur Faserrichtung und mittig in der Brettlage eingebracht, dann darf ein höherer Ausziehstand berücksichtigt werden:

$$F_{ax,s,k} = 28 \cdot d^{0,8} \cdot \ell_{ef}^{0,9} \quad \text{in N} \quad \text{Gl. 28}$$

Es wird in [9] empfohlen, eine Verschraubung parallel zur Faserrichtung in den Schmalflächen rechnerisch nicht zu berücksichtigen, da das Langzeitverhalten noch nicht ausreichend erforscht wurde.

Allgemein wird in [9] zusätzlich angegeben, dass Einschraubtiefen mit  $\ell_{ef} < 4 \cdot d$  rechnerisch nicht berücksichtigt werden sollen. Ebenfalls wird eine Definition der Mindestdurchmesser der zu verwendenden selbstbohrenden Schrauben vorgenommen. In Seitenflächen sollte ein Mindestdurchmesser  $d = 6 \text{ mm}$  und in den Schmalflächen ein Mindestdurchmesser  $d = 8 \text{ mm}$  verwendet werden.

**3.4. Abstände der stiftförmigen Verbindungsmittel in BSPH**

Da die Abstände der stiftförmigen Verbindungsmittel untereinander und auch vom Rand im Brettsperrholz in [1] und [2] nicht geregelt sind, müssen diese definiert werden. In [9] werden Angaben gemacht, die in [10] aufgehen.

Verbindungsmittel	$a_1$	$a_{3,t}$	$a_{3,c}$	$a_2$	$a_{4,t}$	$a_{4,c}$
Schrauben <sup>1)</sup>	$4 \cdot d$	$6 \cdot d$	$6 \cdot d$	$2,5 \cdot d$	$6 \cdot d$	$2,5 \cdot d$
Nägeln	$(3 + 3 \cdot \cos \alpha) \cdot d$	$(7 + 3 \cdot \cos \alpha) \cdot d$	$6 \cdot d$	$3 \cdot d$	$(3 + 4 \cdot \cos \alpha) \cdot d$	$3 \cdot d$
Stabdübel und Passbolzen	$(3 + 3 \cdot \cos \alpha) \cdot d$	$5 \cdot d$	$4 \cdot d \cdot \sin \alpha$ (min. $3 \cdot d$ )	$3 \cdot d$	$3 \cdot d$	$3 \cdot d$
Bolzen	$(3 + 3 \cdot \cos \alpha) \cdot d$ (min. $4 \cdot d$ )	$5 \cdot d$	$4 \cdot d$	$3 \cdot d$	$4 \cdot d$	$3 \cdot d$

$\alpha$  Winkel zwischen Kraftrichtung und Faserrichtung der Decklagen  
1) selbstbohrende Schrauben

Tabelle 1: Mindestabstände von Verbindungsmitteln in den Seitenflächen nach [9]

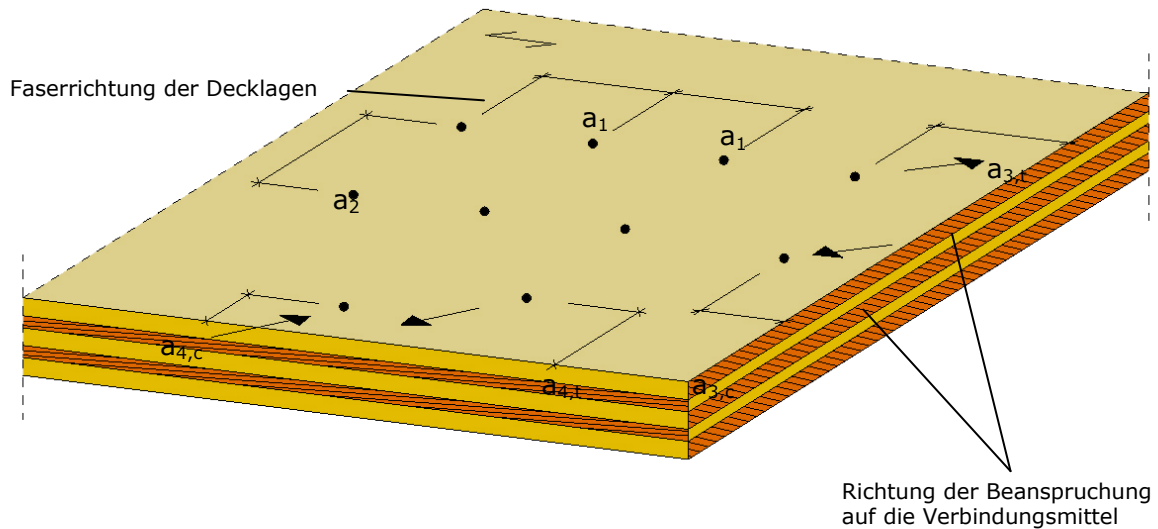
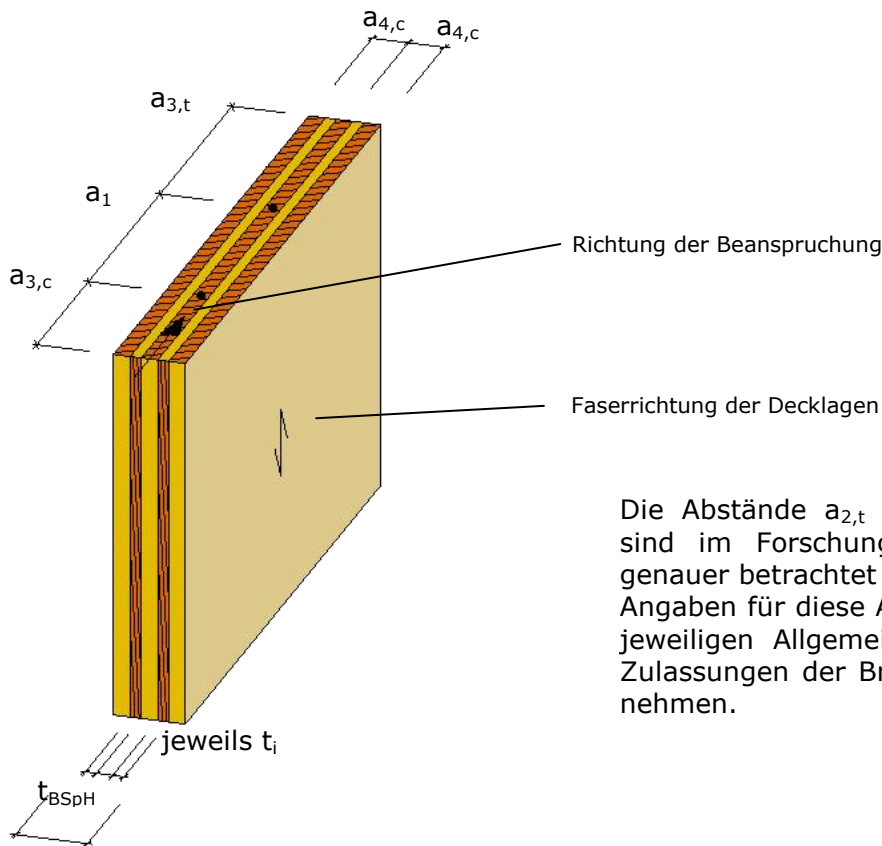


Abbildung 10: Definition der Abstände von Verbindungsmitteln in den Seitenflächen

Verbindungsmittel	$a_1$ in Plattenebene	$a_{3,t}$	$a_{3,c}$	$a_2$ rechtwinklig zur Plattenebene	$a_{4,c}$
Schrauben <sup>1)</sup>	$10 \cdot d$	$6 \cdot d$	$12 \cdot d$	$3 \cdot d$	$5 \cdot d$
Stabdübel und Passbolzen	$4 \cdot d$	$5 \cdot d$	$5 \cdot d$	$3 \cdot d$	$3 \cdot d$
Bolzen	$4 \cdot d$	$5 \cdot d$	$5 \cdot d$	$3 \cdot d$	$3 \cdot d$

1) selbstbohrende Schrauben

Tabelle 2: Mindestabstände von Verbindungsmitteln in den Schmalflächen nach [9]



Die Abstände  $a_{2,t}$  in den Schmalflächen sind im Forschungsvorhaben [4] nicht genauer betrachtet worden.

Angaben für diese Abstände sind z.B. den jeweiligen Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen der Brettsperthölzer zu entnehmen.

Abbildung 11: Definition der Abstände von Verbindungsmitteln in den Schmalflächen

## 4. Ausblick

Wie aus den vorangegangenen Kapiteln zu erkennen ist, gelingt die Dimensionierung der Verbindungen nur nach Kenntnis der zugehörigen Fachliteratur, da die Definition der erforderlichen Parameter wie Lochleibungsfestigkeit und Auszieh Widerstand nicht in den Normen vorgenommen wurde.

Unter anderem aus diesem Grund werden zur schnellen und sicheren Auslegung von Verbindungsmitteln Hilfsmittel für die wesentlichen unter Punkt 2 vorgestellten Anschlussdetails erstellt. Diese Hilfsmittel bestehen sowohl aus EDV-Modulen als auch aus tabellarischen Zusammenfassungen, mit denen Beanspruchbarkeiten für die gewählten Verbindungsmittel ermittelt und mit den auftretenden Größen verglichen werden können.

Diese ausgewählten Anschlüsse werden für unterschiedliche Verbindungsmittel ausgelegt, so dass z.B. Stabdübel aber auch selbstbohrende Schrauben erfasst werden. Erforderliche Stahlblechformteile oder auch Dübel für die Anbindung an Stb.-Bauteile sind ebenfalls eingearbeitet.

Diese Ausarbeitungen werden momentan erstellt und stehen demnächst allgemein zur Verfügung.

## 5. Literatur

- [1] DIN 1052:2008-12: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken – Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau
- [2] DIN EN 1995-1-1:2010-12: Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1.1 Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau
- [3] DIN EN 1995-1-1/NA:2010-12: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1.1 Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau
- [4] Blaß, H. J.; Uibel, Th.: Karlsruher Berichte zum Ingenieurholzbau 8 – Tragfähigkeit von stiftförmigen Verbindungsmitteln in Brettsperrholz, Universitätsverlag Karlsruhe, 2007
- [5] Blaß, H. J.; Uibel, Th.: Forschung an der Universität Karlsruhe - Stiftförmige Verbindungsmittel in Brettsperrholz; Tagungsband: 5. Grazer Holzbau-Fachtagung 06, Graz, 2006
- [6] Uibel, Th.: Bemessung von stiftförmigen Verbindungsmitteln in Brettsperrholz – Anwendung aktueller Forschungsergebnisse, SAH-Kurs 2007
- [7] Uibel, Th.: Brettsperrholz – Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln, Tagungsband: Ingenieurholzbau – Karlsruher Tage 2007, Bruderverlag, Köln 2007
- [8] Blaß, H. J.; Uibel, Th.: Tragfähigkeit von stiftförmigen Verbindungsmitteln in Brettsperrholz. Karlsruher Berichte zum Ingenieurholzbau, Band 8, Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen (Hrsg.), Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe, 2007
- [9] Blaß, H. J.; Uibel, Th.: Bemessungsvorschläge für Verbindungsmittel in Brettsperrholz, Universität Karlsruhe (TH), Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen
- [10] Entwurf zur Produktrichtlinie „Timber structures – Cross laminated timber - Requirements“, Fassung vom 17. 03. 2011
- [11] DIN EN 16351:2011-12/Entwurf: Holzbauwerke - Brettsperrholz - Anforderungen; Deutsche Fassung prEN 16351:2011