

# Bemessung von stiftförmigen Verbindungsmitteln in Brettsperrholz -

## Anwendung aktueller Forschungsergebnisse

Thomas Uibel, Dipl.-Ing.  
Universität Karlsruhe, Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen

### 1 EINLEITUNG

Der Holzwerkstoff Brettsperrholz (BSPH) wird nicht nur als Bestandteil eines Bauteils eingesetzt, wie dieses zum Beispiel vornehmlich für Mehrschichtplatten zutrifft, sondern auch als eigenständiges Bauteil. Aus Brettsperrholz in Form von Decken- oder Wandelementen können ganze Gebäude errichtet werden [6]. Insgesamt hat die Massivholzbauweise in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen, so dass immer mehr Hersteller ihr Angebot um Brettsperrholzprodukte größerer Dicke erweitern.

Der effiziente Einsatz von Brettsperrholzprodukten zur Erstellung eines Bauwerks erfordert es, diese untereinander oder mit anderen Bauteilen zu verbinden. Hierzu können stiftförmige Verbindungsmittel wie u. a. Stabdübel, Passbolzen, Schrauben oder Nägel verwendet werden. Es ist möglich, die Verbindungsmittel sowohl in den Seitenflächen als auch in den Schmalflächen von Brettsperrholzplatten anzuordnen. Als Seitenfläche werden die zur Plattenebene parallelen Oberflächen bezeichnet. Diese werden durch die äußeren Brettlagen gebildet. Die Oberflächen rechtwinklig zur Plattenebene werden als Schmalflächen bezeichnet und begrenzen die Brettsperrholzplatten an den jeweiligen Kanten. Die Schmalflächen enthalten sowohl Seitenholzflächen als auch Hirnholzflächen der einzelnen Brettlagen. In Abbildung 1 sind die Flächen entsprechend ihrer Definition gekennzeichnet. Die Produkte und ihre Bemessung sowie die Ausführung von Verbindungen in Brettsperrholzprodukten sind noch nicht allgemein gültig geregelt. In Deutschland sind daher für diese Produkte allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen erforderlich, die vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) in Berlin erteilt werden. In den Zulassungen werden entsprechende Regelungen für die Bemessung und Ausführung von Bauteilen und Verbindungen angegeben. Neben den Regelungen, die für die Bemessung in nationalen bzw. europäisch-technischen Zulassungen für BSPH angegeben werden, sind für zugelassene Verbindungsmittel ggf. die jeweiligen zusätzlichen Regelungen zu beachten.

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurde das Tragverhalten von stiftförmigen Verbindungsmitteln in BSPH am Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen der Universität Karlsruhe (TH) untersucht [3]. Das Forschungsvorhaben umfasste zahlreiche experimentelle Untersuchungen, auf deren Grundlage neue Bemessungsvorschläge für Verbindungen in den Seiten- und Schmalflächen von Brettsperrhölzern entwickelt wurden.



Abb. 1 Geöffnete Stabdübelverbindung in Seiten- und Schmalflächen von Brettsperrholz

## 2 MATERIALEIGENSCHAFTEN

Brettsperrholz besteht aus kreuzweise verklebten Brettlagen, wobei eine Brettlage aus mehreren, nebeneinander liegenden Brettern gebildet wird. Je nach Produkt können die Einzelbretter einer Brettlage an deren Schmalseiten mit oder ohne Fugen gestoßen bzw. verklebt sein. Bei einigen Produkten werden Entlastungsnuten mit einer Breite von rund 2,5 mm in Faserlängsrichtung der Bretter eingesägt. Die Größe der Fugen wird in bauaufsichtlichen Zulassungen auf einen Maximalwert von 6 mm beschränkt. Bei Einhaltung dieser Anforderung sind die Mittelwerte und 95%-Quantilwerte der Fugenbreiten deutlich geringer. Eine Untersuchung der Fugen an Brettsperrholzplatten dreier Hersteller ergab einen 95%-Quantilwert der Fugenbreite von 1 bis 1,6 mm für die äußeren Brettlagen und von 1,8 bis 4,5 mm für die inneren Brettlagen. Der größte Mittelwert der Fugenbreiten wurde in den Mittellagen festgestellt und betrug 2 mm. Abbildung 2 zeigt die Ausbildung von Brettstößen und Nuten bei unterschiedlichen Brettsperrholzprodukten.

Bei einer Beanspruchung auf Abscheren kann die Tragfähigkeit von stiftförmigen Verbindungsmitteln nach der Theorie von Johansen ermittelt werden. Hierzu wird als Eingangsgröße, neben der Geometrie der Verbindung und dem Fließmoment des Verbindungsmittels, die Lochleibungsfestigkeit der Bauteile benötigt. Die Tragfähigkeit von Schrauben oder Nägeln, die auf Herausziehen beansprucht werden, lässt sich mit Hilfe der Herauszieh Widerstände bzw. Ausziehparameter berechnen. Diese Parameter sind nicht als reine Werkstoffeigenschaften, sondern als Systemeigenschaften zu betrachten. Sie korrelieren mit der Rohdichte des Holzes bzw. des Holzwerkstoffes. Daher ist die Kenntnis über die Rohdichte von Brettsperrholz für die Bemessung von Verbindungen erforderlich. Zur Bestimmung der charakteristischen Rohdichte wurden Rohdichteproben von Brettsperrholzplatten unterschiedlicher Hersteller und Aufbauten untersucht. Auf Grundlage dieser Untersuchung kann für Brettsperrholzprodukte aus Fichte (*picea abies*) unabhängig vom Hersteller eine charakteristische Rohdichte von  $400 \text{ kg/m}^3$  vorgeschlagen werden. Die in den folgenden Abschnitten angegebenen Gleichungen zur Berechnung der Parameter Lochleibungsfestigkeit und Herausziehtragfähigkeit beruhen auf dieser Anforderung an die charakteristische Rohdichte.

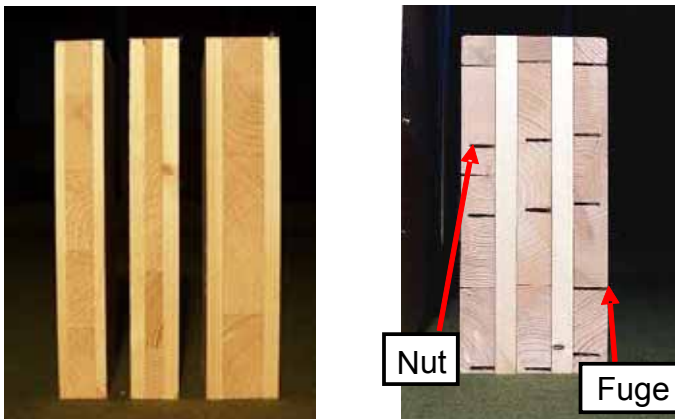


Abb. 2 Ausbildung von Brettstößen in unterschiedlichen Brettsperrholzprodukten

## 3 BEANSPRUCHUNG IN RICHTUNG DER STIFTACHSE

### 3.1 Allgemeines

Die Tragfähigkeit axial belasteter Schrauben und Nägel ist abhängig von ihrer Tragfähigkeit auf Herausziehen, ihrer Zugtragfähigkeit und ggf. der Tragfähigkeit bei Beanspruchung auf Kopfdurchziehen. Bei einigen Brettsperrholzprodukten wird die Herausziehtragfähigkeit der Verbindungsmittel von ihrer Anordnung im Hinblick auf Fugen und Nuten beeinflusst. Auch bei einer ungünstigen Positionierung eines Verbindungsmittels innerhalb einer Fuge oder Nut ist eine

zuverlässige Übertragung der Kräfte durch einen Anschluss zu gewährleisten. Daher sollten innerhalb eines Anschlusses die Verbindungsmittel in mindestens zwei Verbindungsmittelreihen zu jeweils mindestens zwei Verbindungsmitteln angeordnet werden. Die Eindringtiefe ist bei Verbindungen in den Seitenflächen so zu wählen, dass die Verbindungsmittelspitze mindestens die dritte Brettlage durchdringt. In den Schmalflächen von Brettsperrholz können Verbindungsmittel faserparallel oder auch rechtwinklig zur Faserrichtung einer Brettlage eingebracht werden. In Abbildung 3 sind die möglichen Positionen von Verbindungsmitteln in den Seiten- und Schmalflächen dargestellt. Hierbei wurde auch ihre Lage hinsichtlich von Fugen bzw. Nuten berücksichtigt.

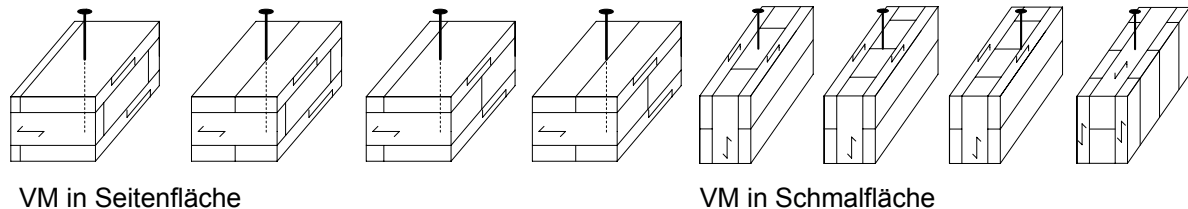


Abb. 3 Mögliche Positionen von Verbindungsmitteln in den Seiten- und Schmalflächen von BSPH

### 3.2 Herausziehtragfähigkeit von Sondernägeln

Die charakteristische Tragfähigkeit  $R_{ax,n,k}$  von auf Herausziehen beanspruchten Sondernägeln (Kamm-, Rillen-, Schraubnägeln) der Tragfähigkeitsklasse 3 gemäß DIN 1052: 2004-08 [7] in den Seitenflächen von Brettsperrholz kann mit Gleichung (1) berechnet werden. Der charakteristische Wert des Ausziehparameters beträgt für Sondernägel der Tragfähigkeitsklasse 3 in Nadelvollholz der Festigkeitsklasse C24 ( $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$ ) mindestens  $f_{1,k} = 6,13 \text{ N/mm}^2$ .

$$R_{ax,n,k} = 14 \cdot d^{0,6} \cdot \ell_{ef} \quad \text{in N} \quad (1)$$

mit

$d$  Nenndurchmesser des Sondernagels in mm

$\ell_{ef}$  wirksame Einschlagtiefe in mm

Für Verbindungen in Brettsperrholzprodukten mit Fugen und Nuten sollten Nägel mit einem Mindestdurchmesser von  $d = 4 \text{ mm}$  verwendet werden. Bei diesen Produkten sollte für Nägel mit einem Durchmesser von  $d < 6 \text{ mm}$  die Herausziehtragfähigkeit nur zu 80% des Wertes nach Gleichung (1) angesetzt werden. Die wirksame Einschlagtiefe  $\ell_{ef}$  ist größer als  $8 \cdot d$  zu wählen. In den Schmalflächen von BSPH sollten keine Nagelverbindungen ausgeführt werden.

### 3.3 Herausziehtragfähigkeit von selbstbohrenden Holzschrauben

Die charakteristische Tragfähigkeit  $R_{ax,s,k}$  von auf Herausziehen beanspruchten selbstbohrenden Holzschrauben kann nach Gleichung (2) berechnet werden. Gleichung (2) gilt für selbstbohrende Holzschrauben mit Voll- oder Teilgewinde, die den untersuchten Schrauben insbesondere bezüglich ihrer Geometrie entsprechen. Die Schrauben müssen bei einer Herausziehbeanspruchung aus Vollholz die Anforderungen an die Tragfähigkeitsklasse 3 nach DIN 1052: 2004-08 [7] erfüllen. Der charakteristische Wert des Ausziehparameters beträgt für diese Schrauben in Nadelvollholz der Festigkeitsklasse C24 ( $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$ ) mindestens  $f_{1,k} = 9,80 \text{ N/mm}^2$ .

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

mit

$d$  Nenndurchmesser der Schraube in mm

$\ell_{ef}$  wirksame Einschraubtiefe in mm

$\varepsilon$  für Verbindungen in den Seitenflächen:  $\varepsilon = 90^\circ$

für Verbindungen in den Schmalflächen:  $\varepsilon = 0^\circ$

Für Verbindungen in den Seitenflächen von BSPH ( $\varepsilon = 90^\circ$ ) wird in Gleichung (2) implizit die charakteristische Rohdichte des Gesamtquerschnitts ( $\rho_k = 400 \text{ kg/m}^3$ ) berücksichtigt. Für die Schmalflächen wird zur Vereinfachung angenommen, dass die Schraubenachse parallel zur Fasserrichtung angeordnet ist ( $\varepsilon = 0^\circ$ ). Gleichzeitig wird in Gleichung (2) die charakteristische Rohdichte der Brettlage ( $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$ ) entsprechend dem Ausgangsmaterial berücksichtigt. Für die anderen Schraubenanordnungen ergeben sich somit konservative Werte für die Herausziehtragfähigkeit.

Über das Langzeitverhalten von faserparallel eingedrehten Schrauben liegen bisher nur wenige Erkenntnisse vor. Ergebnisse von Versuchen mit Prüfkörpern aus Vollholz lassen vermuten, dass bei einer dauerhaften Beanspruchung mit deutlich geringeren Tragfähigkeiten zu rechnen ist. Langzeitversuche mit faserparallel in den Schmalflächen von BSPH angeordneten Holzschrauben werden zurzeit an der Universität Karlsruhe durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden in ca. drei Jahren vorliegen. Zwischenzeitlich wird zur Übertragung von axialen Kräften in den Schmalflächen empfohlen, die Schrauben in die Brettlagen einzudrehen, deren Faserrichtung rechtwinklig zur Schraubenachse verläuft.

Bei Schraubenverbindungen dürfen Einschraubtiefen  $\ell_{ef} < 4 \cdot d$  nicht in Rechnung gestellt werden. Der Minstdurchmesser der Schrauben sollte für Verbindungen in den Seitenflächen  $d = 6 \text{ mm}$  und für Verbindungen in Schmalflächen  $d = 8 \text{ mm}$  betragen.

## 4 BEANSPRUCHUNG RECHTWINKLIG ZUR STIFTACHSE

### 4.1 Allgemeines zur Berechnung der Tragfähigkeit

Die Tragfähigkeit von stiftförmigen Verbindungsmitteln wird im Ingenieurholzbau üblicherweise gemäß der Theorie von Johansen ermittelt [4], [5]. Hierbei ergibt sich die maßgebende Tragfähigkeit aus dem Minimum der jeweils zu betrachtenden Versagensmechanismen. Für ein- und zweischnittige Holz-Holz-Verbindungen sowie Stahlblech-Holz-Verbindungen werden Bemessungsgleichungen z. B. in der DIN 1052 [7] angegeben. Für das Beispiel einer Stahlblech-Holz-Verbindung mit innen liegendem Stahlblech sind die Versagensfälle nach Johansen in Abbildung 4 dargestellt.

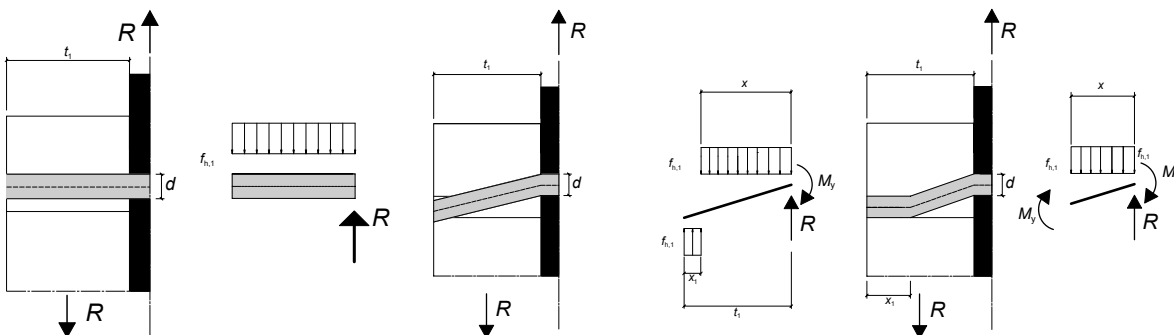


Abb. 4 Versagensmechanismen 1 bis 3 nach Johansen für Stahlblech-Holz-Verbindungen

## 4.2 Verbindungen in den Schmalflächen

Bei Verbindungen in den Schmalflächen kann die Stiftachse der Verbindungsmittel sowohl rechtwinklig als auch parallel zur Faserrichtung einer Brettlage angeordnet sein. Des Weiteren kann sich ein Verbindungsmittel gleichzeitig in Brettlagen unterschiedlicher Faserrichtung befinden. Um mit den üblichen Johansen-Gleichungen die Tragfähigkeit berechnen zu können, wird die Lochleibungsfestigkeit für die Verbindungsmittel in den Schmalflächen benötigt. Umfangreiche experimentelle Untersuchungen [3] haben gezeigt, dass die maßgebende Lochleibungsfestigkeit bei parallel zur Faserrichtung eingebrachten Verbindungsmitteln erreicht wird. Bei den empirischen Untersuchungen wurden auch die möglichen Positionen von Verbindungsmitteln bezüglich von Fugen und Nuten berücksichtigt. Unabhängig von der Anordnung des Verbindungsmittels in der Schmalseite kann daher ein konservativer, charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit für nicht vorgebohrte Brettsperrhölzer bei Schrauben- und Nagelverbindungen gemäß Gleichung (3) berechnet werden. Die Lochleibungsfestigkeit in den Schmalseiten von Brettsperrholz bei Verbindungen mit Stabdübeln, Passbolzen und Bolzen kann mit Gleichung (4) ermittelt werden.

$$f_{h,k} = \frac{20}{\sqrt{d}} \text{ in N/mm}^2 \quad (3)$$

mit

$d$  Nenndurchmesser der Schrauben bzw. Nägel in mm

$$f_{h,k} = 9 \cdot (1 - 0,017 \cdot d) \text{ in N/mm}^2 \quad (4)$$

mit

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

Bei Anordnung mehrerer Verbindungsmittel in einer Reihe kann ein Anschluss bei geringen Abständen der Verbindungsmittel untereinander durch Aufspalten versagen. Bei Verbindungen in den Schmalflächen von Brettsperrholz trifft dieses insbesondere auf Verbindungsmittel zu, die rechtwinklig zur Faserrichtung einer Brettlage angeordnet sind. Dieser spröde Versagensmechanismus kann durch Reduzierung der tatsächlichen Verbindungsmittelanzahl auf eine wirksame Anzahl  $n_{ef}$  berücksichtigt werden. Es wird empfohlen  $n_{ef}$  wie für Vollholz zu berechnen, siehe Abschnitt 12.3 Absatz (9) der DIN 1052:2004-08.

## 4.3 Verbindungen in den Seitenflächen

### 4.3.1 Schrauben- und Nagelverbindungen

Die Lochleibungsfestigkeit für Schrauben und Nägel, die ohne Vorbohren eingebracht werden, ist unabhängig vom Winkel zwischen Krafrichtung und Faserrichtung. Es wird daher auch für BSPH angenommen, dass eine entlang der Stiftachse gleichmäßig verteilte Lochleibungsfestigkeit vorliegt. Zur Ermittlung der Verbindungsmitteltragfähigkeit können die üblichen Johansen-Gleichungen verwendet werden. Hierzu sind Vorschläge für die charakteristische Lochleibungsfestigkeit in den Gleichungen (5) und (6) angegeben. Die Lochleibungsfestigkeit für Schrauben und Nägel in den Seitenflächen von Brettsperrholz mit Brettlagendicken  $t_i \leq 9$  mm kann mit Gleichung (5) ermittelt werden.

$$f_{h,k} = \frac{60}{\sqrt{d}} \text{ in N/mm}^2 \quad (5)$$

mit

$d$  Nenndurchmesser des Verbindungsmittels in mm

Bei BSPH mit Brettlagendicken  $t_i > 9$  mm ist die Lochleibungsfestigkeit wie für Vollholz zu ermitteln (z. B. nach Abschnitt 12 der DIN 1052 [7]). Für die Rohdichte ist hierbei die charakteristische Rohdichte des Ausgangsmaterials anzusetzen. Ggf. ist der Winkel zwischen Krafrichtung und Faserrichtung der Decklagen zu berücksichtigen. Für selbstbohrende Holzschrauben mit Vollgewinde z. B. kann die Lochleibungsfestigkeit nach einem Vorschlag von Blaß und Bejtka [1], [2] berechnet werden:

$$f_{h,VgSr,k} = 0,019 \cdot \rho_{B,k}^{1,24} \cdot d^{-0,3} \quad \text{in N/mm}^2 \quad (6)$$

mit

$d$  Außen- bzw. Nenndurchmesser der Schraube in mm

$\rho_{B,k}$  charakteristische Rohdichte des Ausgangsmaterials in  $\text{kg/m}^3$  (i. d. R.  $350 \text{ kg/m}^3$ )

### 4.3.2 Verbindungen mit Stabdübeln, Passbolzen und Bolzen

Bei Verbindungsmitteln wie Stabdübel und Bolzen ist die Lochleibungsfestigkeit abhängig vom Winkel zwischen Krafrichtung und Faserrichtung. Aufgrund der kreuzweise verklebten Brettlagen liegen für diese Verbindungsmittel entlang der Stiftachse abschnittsweise unterschiedliche Lochleibungsfestigkeiten vor. Es sind genauere Betrachtungen notwendig, bei denen die Versagensmechanismen nach Johansen entsprechend zu erweitern sind. In Abbildung 5 werden die Versagensfälle für das vergleichsweise einfache Beispiel einer Stahlblech-BSPH-Verbindung mit innen liegendem Stahlblech gezeigt. Hierbei beschränkt sich die Betrachtung auf ein dreilagiges Brettsperrholz. Für jede Brettlage wird die jeweilige Lochleibungsfestigkeit angesetzt. Diese ist für einen bestimmten Verbindungsmitteldurchmesser vom Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung sowie von der Rohdichte der Brettlage abhängig. Um die Anzahl möglicher Versagensfälle einzuschränken, wird vereinfachend angenommen, dass die Lochleibungsfestigkeit von Brettlagen gleicher Orientierung identisch ist. Das bedeutet, dass die Variation der Rohdichte über den Gesamtquerschnitt des Brettsperrholzes vernachlässigt wird.

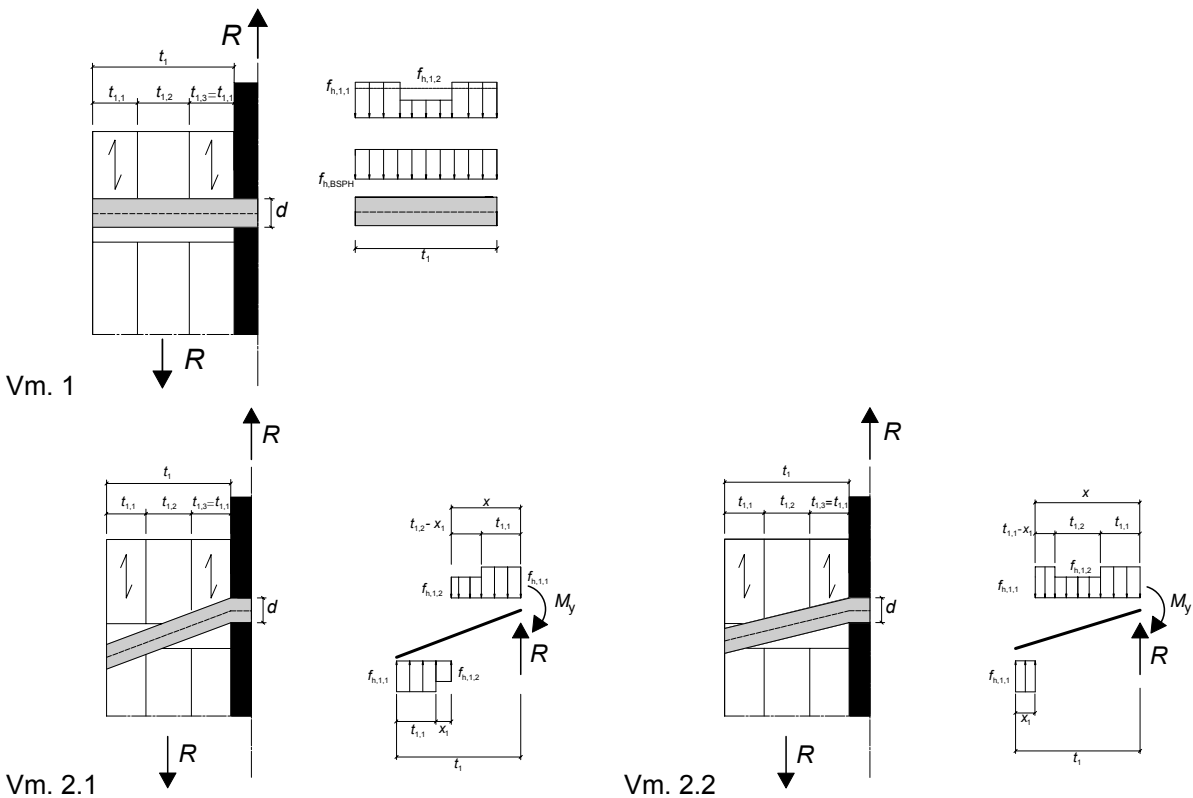


Abb. 5 Versagensmechanismen 1 bis 2.2 für eine Stahlblech-BSPH-Verbindungen

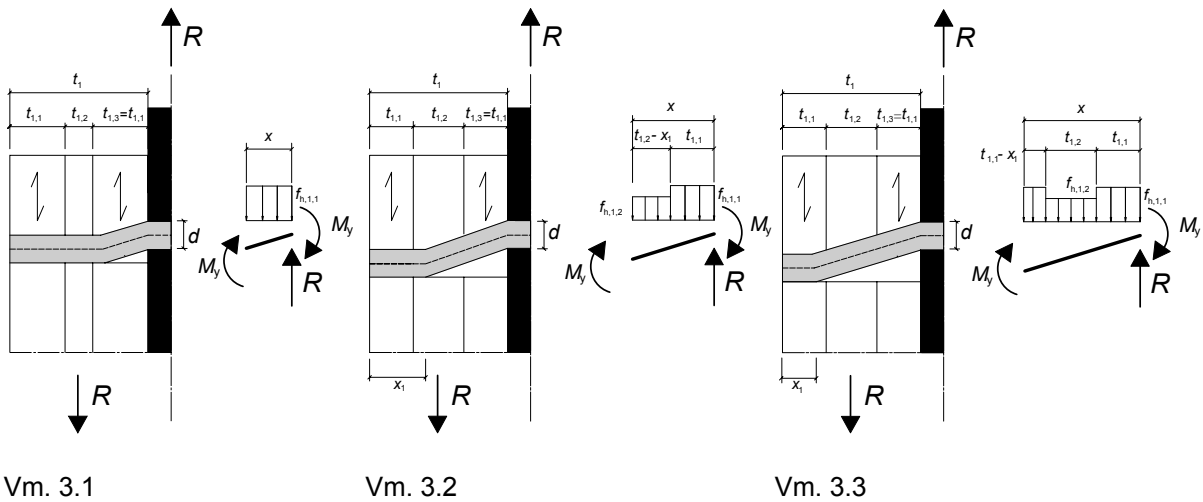


Abb. 6 Versagensmechanismen 3.1 bis 3.3 für eine Stahlblech-BSPH-Verbindungen

Es ist ersichtlich, dass bei einer Berechnung der Tragfähigkeit unter Ansatz Brettlagenweise differenzierter Lochleibungsbeanspruchungen die Anzahl der Versagensfälle zunimmt. Außerdem führen die jeweiligen Versagensfälle zu komplexen Formulierungen, mit denen die Tragfähigkeit zu ermitteln ist. Um den Berechnungsaufwand zu reduzieren, wird ein vereinfachtes Modell vorgeschlagen. Hierbei wird nicht für jede Brettlage eine differenzierte Lochleibungsfestigkeit angesetzt, sondern die durch Versuche ermittelte Lochleibungsfestigkeit für den Gesamtquerschnitt von Brettsperrholz. Die Tragfähigkeit kann somit mit den herkömmlichen Johansen-Gleichungen für homogene Bauteile berechnet werden. Das vereinfachte Modell ist bei vielen Brettsperrholzaufbauten anwendbar. Bei der Berechnung muss die charakteristische Lochleibungsfestigkeit von Stabdübeln und Bolzen mit Gleichung (7) ermittelt werden. Die angegebene Lochleibungsfestigkeit ist in ihrem Gültigkeitsbereich unabhängig vom Aufbau und den Brettlagendicken.

$$f_{h,k} = \frac{32 \cdot (1 - 0,015 \cdot d)}{1,1 \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \text{ in N/mm}^2 \quad (7)$$

mit

$\alpha$  Winkel zwischen Krafrichtung und Faserrichtung der Decklagen

Folgende Bedingungen sollten bei einer Ermittlung der Lochleibungsfestigkeit nach Gleichung (7) eingehalten werden:

- maximale Brettlagendicke  $t_{i,\max} \leq 40$  mm
- Mindestdicke / Mindesteinbindetiefe: drei Brettlagen
- Verhältnis der Brettlagen unterschiedlicher Orientierung  $\zeta$  nach Gleichung (8) zwischen 0,95 und 2,0.

$$\zeta = \frac{\sum t_{0,i}}{\sum t_{90,j}} \quad (8)$$

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

Durch die kreuzweise verklebten Brettlagen darf für Verbindungen in den Seitenflächen von Brettsperrholz von einer Querkzugverstärkung ausgegangen werden. Eine Tragfähigkeitsreduzierung aufgrund eines frühzeitigen, spröden Versagens durch Aufspalten tritt in der Regel nicht auf. Daher ist es nicht erforderlich die Anzahl hintereinander liegender Verbindungsmittel zu reduzieren, so dass für die wirksame Anzahl  $n_{ef}$  gilt:

$$n_{ef} = n \quad (9)$$

Bei Versuchen mit Stabdübelverbindungen in den Seitenflächen konnte teilweise ein Blockscheren in einzelnen Brettlagen beobachtet werden. Dieses Blockscheren führt nicht zu einem völligen Versagen der Verbindung, jedoch wird die rechnerische Tragfähigkeit nicht ganz erreicht. Insgesamt zeigten diese Verbindungen ein äußerst duktilen Verhalten. In Abschnitt 5 werden Mindestabstände der Verbindungsmittel untereinander und zum Rand angegeben. Unter Einhaltung dieser Abstände kann der Einfluss des Blockscherens von Decklagen auf die Tragfähigkeit zumeist minimiert oder sogar völlig verhindert werden. Die Auswirkungen des Blockscherens in den Brettlagen sind jedoch noch nicht abschließend geklärt. Daher wird empfohlen, bei konzentrierten Anschlüssen mit mehreren hintereinander liegenden Verbindungsmitteln unter Anwendung der kleinsten möglichen Abstände die Tragfähigkeitsnachweise nicht völlig auszunutzen. Als Richtwert kann hier ein Ausnutzungsgrad von ca. 80 % angegeben werden.

## 5 AUSBILDUNG VON ANSCHLÜSSEN

Für Herausziehbeanspruchungen sind bereits im Abschnitt 3 einige Anforderungen an die Mindesteindringtiefen von Verbindungsmitteln sowie an die Anzahl der Verbindungsmittel und Verbindungsmittelreihen aufgeführt. Zusätzlich sind Mindestabstände und Mindesteinbindetiefen einzuhalten. Für Verbindungsmittel, die in die Seitenflächen von Brettsperrholz eingebracht werden, sind die Mindestabstände in Tabelle 1 angegeben. Eine Definition der Mindestabstände zeigt Abbildung 7. In Abbildung 8 sind die Mindestabstände von Verbindungsmitteln in den Schmalflächen aufgeführt. Sie gelten bei Belastung der Verbindungsmittel in Plattenebene und sind unabhängig vom Winkel zwischen Stiftachse und Faserrichtung. Die Anforderungen an die Mindestdicken des Brettsperrholzes bzw. der maßgebenden Brettlagen sowie an die Mindesteinbindetiefen der Verbindungsmittel sind in Tabelle 2 aufgeführt. Bei Belastung rechtwinklig zur Plattenebene ist darüber hinaus ein Aufspalten der Schmalflächen bzw. die Querkzugbeanspruchung zu berücksichtigen.

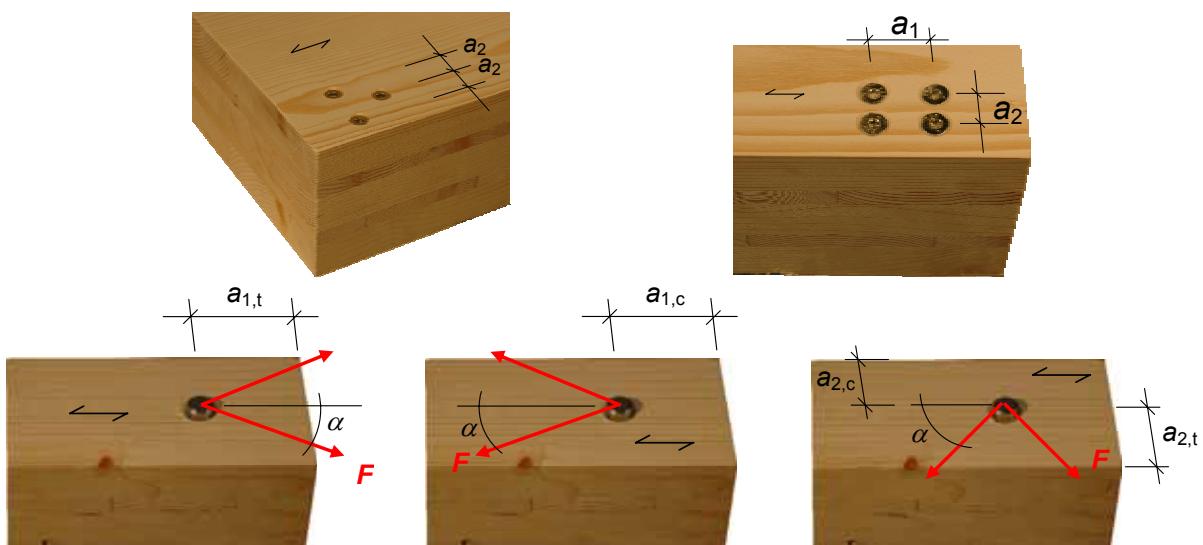


Abb. 7 Definition der Mindestabstände von Verbindungsmitteln in den Seitenflächen



Tab. 1 Mindestabstände von Verbindungsmitteln in den Seitenflächen

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

$\alpha$  Winkel zwischen Krafrichtung und Faserrichtung der Decklagen  
 1) selbstbohrende Holzschrauben

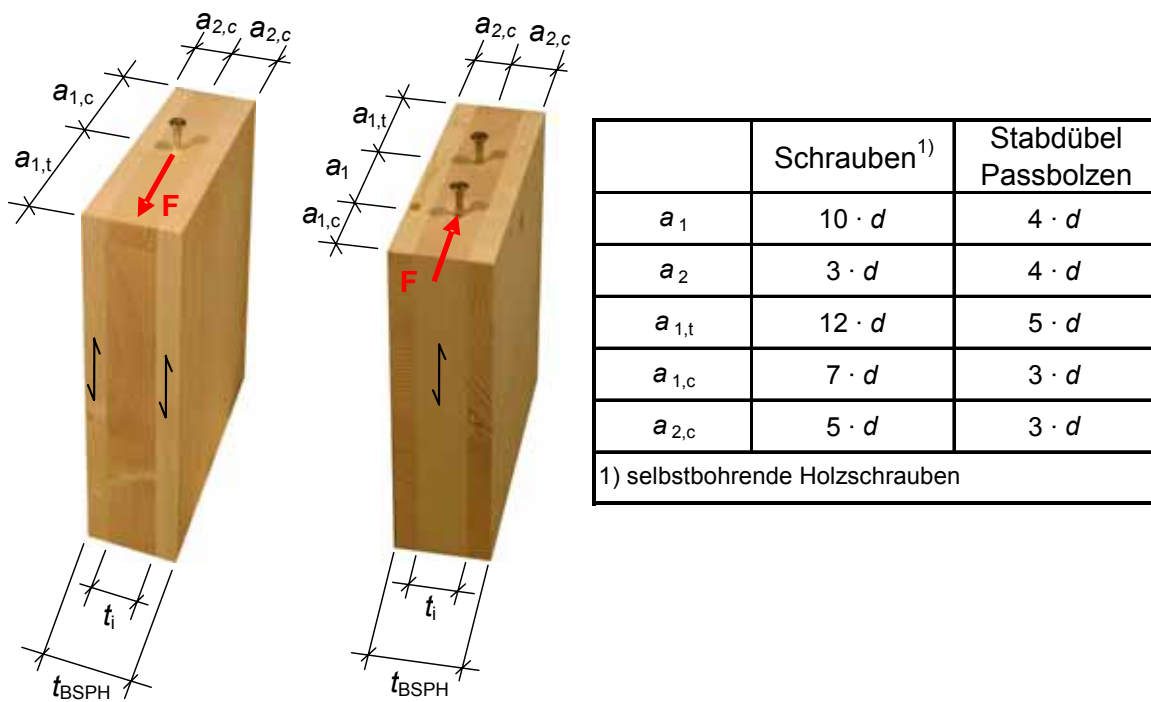


Abb. 8 Mindestabstände von Verbindungsmitteln in den Schmalflächen

Tab. 2 Mindestbrettlagendicken, Mindestdicken und Mindesteinbindetiefen für Verbindungen in den Schmalflächen

Verbindungs- mittel	Mindestdicke der maßgebenden Brettlage $t_i$ in mm	Mindestdicke des Brettspertholzes $t_{BSPH}$ in mm	Mindestdicke des BSPH/ Mindesteinbindetiefe der VM $t_1 / t_2$ in mm
Schrauben	$d > 8 \text{ mm: } 3 \cdot d$ $d \leq 8 \text{ mm: } 2 \cdot d$	$10 \cdot d$	$10 \cdot d$
Stabdübel Passbolzen	$d$	$6 \cdot d$	$5 \cdot d$

## 6 ZUSAMMENFASSUNG

Die effiziente Verwendung von Bauteilen aus Brettsperrholz erfordert es, diese untereinander und mit anderen Bauteilen zu verbinden. Hierfür eignen sich stiftförmige Verbindungsmittel, die in den Seiten- und Schmalflächen von Brettsperrholz angeordnet werden können. Es sind Anschlüsse möglich, bei denen die Bauteile direkt ohne zusätzliche Verbindungselemente wie z. B. Stahlblech-Winkel verbunden werden können. Auf Grundlage der Ergebnisse eines Forschungsvorhabens konnten Vorschläge für die Bemessung von stiftförmigen Verbindungsmitteln in Brettsperrholz entwickelt werden. Zur Berechnung der Tragfähigkeit von Holzschrauben und Sondernägeln unter axialer Beanspruchung werden Gleichungen zur Ermittlung der Herausziehtragfähigkeit angegeben. Die vorgestellten Berechnungsmodelle auf der Grundlage der Theorie von Johansen ermöglichen es, die Tragfähigkeit von Verbindungen unter Beanspruchung auf Abscheren zu ermitteln. Für die meisten Verbindungskonfigurationen kann die Tragfähigkeit mit einem vereinfachten Berechnungsansatz bestimmt werden. Die zur Ermittlung der Verbindungsmitteltragfähigkeit erforderliche charakteristische Lochleibungsfestigkeit kann mit Hilfe der angegebenen Gleichungen berechnet werden. Des Weiteren werden Anforderungen an die Geometrie von Anschlüssen angeführt. Um sicherzustellen, dass Schraubenverbindungen in den Schmalflächen von BSPH auch Lasten aus ständigen Beanspruchungen und unter Einfluss von Klimaschwankungen zuverlässig übertragen können, werden zurzeit Dauerstandversuche an der Universität Karlsruhe durchgeführt.

## 7 LITERATUR

- [1] Bejtka, I.: Verstärkungen von Bauteilen aus Holz mit Vollgewindeschrauben. *Karlsruher Berichte zum Ingenieurholzbau*, Band 2, Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen (Hrsg.), Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe, 2005
- [2] Blaß, H. J.; Bejtka, I.; Uibel, T.: Tragfähigkeit von Verbindungen mit selbstbohrenden Holzschrauben mit Vollgewinde, *Karlsruher Berichte zum Ingenieurholzbau*, Band 4, Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen (Hrsg.), Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe, 2006
- [3] Blaß, H. J.; Uibel, T.: Tragfähigkeit von stiftförmigen Verbindungsmitteln in Brettsperrholz, *Karlsruher Berichte zum Ingenieurholzbau*, Band 8, Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen (Hrsg.), Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe, 2007
- [4] Hilsen, B. O.: Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln – Theorie. In: Blaß, H. J.; Görlacher, R.; Steck, G. (Hrsg.): *Holzbauwerke STEP1 – Bemessung und Baustoffe*, Fachverlag Holz, Düsseldorf, 1995
- [5] Johansen, K. W.: Theory of timber connections. International Association of bridge and structural Engineering, Bern, 1949, S. 249-262
- [6] Schickhofer, G.: Brettsperrholz – Anwendungen und Konstruktionsdetails im mehrgeschossigen Wohn- und Kommunalbau, In: Tagungsband: *Ingenieurholzbau - Karlsruher Tage*, Bruderverlag, Karlsruhe 2002.
- [7] DIN 1052:2004-08: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken – Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau