



## Europäische Technische Zulassung ETA-11/0210

Handelsbezeichnung <i>Trade name</i>	Merkle BSP
Zulassungsinhaber <i>Holder of approval</i>	Merkle Holz GmbH Straßer Weg 24 89278 Nersingen-Oberfahlheim DEUTSCHLAND
Zulassungsgegenstand und Verwendungszweck  <i>Generic type and use of construction product</i>	Massives plattenförmiges Holzbauelement zur Verwendung als tragendes Bauteil in Bauwerken  <i>Solid wood slab element to be used as a structural element in buildings</i>
Geltungsdauer: <i>Validity:</i>	vom <i>from</i> 20. September 2011  bis <i>to</i> 5. Juli 2016
Herstellwerk <i>Manufacturing plant</i>	Merkle Holz GmbH Straßer Weg 24 89278 Nersingen-Oberfahlheim DEUTSCHLAND

Diese Zulassung umfasst  
*This Approval contains*

20 Seiten einschließlich 6 Anhänge  
*20 pages including 6 annexes*

Diese Zulassung ersetzt  
*This Approval replaces*

ETA-11/0210 mit Geltungsdauer vom 05.07.2011 bis 05.07.2016  
*ETA-11/0210 with validity from 05.07.2011 to 05.07.2016*

## I RECHTSGRUNDLAGEN UND ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN

- 1 Diese europäische technische Zulassung wird vom Deutschen Institut für Bautechnik erteilt in Übereinstimmung mit:
  - der Richtlinie 89/106/EWG des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte<sup>1</sup>, geändert durch die Richtlinie 93/68/EWG des Rates<sup>2</sup> und durch die Verordnung (EG) Nr. 1882/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates<sup>3</sup>;
  - dem Gesetz über das In-Verkehr-Bringen von und den freien Warenverkehr mit Bauprodukten zur Umsetzung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte und anderer Rechtsakte der Europäischen Gemeinschaften (Bauproduktengesetz - BauPG) vom 28. April 1998<sup>4</sup>, zuletzt geändert durch die Verordnung vom 31. Oktober 2006<sup>5</sup>;
  - den Gemeinsamen Verfahrensregeln für die Beantragung, Vorbereitung und Erteilung von europäischen technischen Zulassungen gemäß dem Anhang zur Entscheidung 94/23/EG der Kommission<sup>6</sup>.
- 2 Das Deutsche Institut für Bautechnik ist berechtigt zu prüfen, ob die Bestimmungen dieser europäischen technischen Zulassung erfüllt werden. Diese Prüfung kann im Herstellwerk erfolgen. Der Inhaber der europäischen technischen Zulassung bleibt jedoch für die Konformität der Produkte mit der europäischen technischen Zulassung und deren Brauchbarkeit für den vorgesehenen Verwendungszweck verantwortlich.
- 3 Diese europäische technische Zulassung darf nicht auf andere als die auf Seite 1 aufgeführten Hersteller oder Vertreter von Herstellern oder auf andere als die auf Seite 1 dieser europäischen technischen Zulassung hinterlegten Herstellwerke übertragen werden.
- 4 Das Deutsche Institut für Bautechnik kann diese europäische technische Zulassung widerrufen, insbesondere nach einer Mitteilung der Kommission aufgrund von Art. 5 Abs. 1 der Richtlinie 89/106/EWG.
- 5 Diese europäische technische Zulassung darf - auch bei elektronischer Übermittlung - nur ungekürzt wiedergegeben werden. Mit schriftlicher Zustimmung des Deutschen Instituts für Bautechnik kann jedoch eine teilweise Wiedergabe erfolgen. Eine teilweise Wiedergabe ist als solche zu kennzeichnen. Texte und Zeichnungen von Werbebroschüren dürfen weder im Widerspruch zu der europäischen technischen Zulassung stehen noch diese missbräuchlich verwenden.
- 6 Die europäische technische Zulassung wird von der Zulassungsstelle in ihrer Amtssprache erteilt. Diese Fassung entspricht vollständig der in der EOTA verteilten Fassung. Übersetzungen in andere Sprachen sind als solche zu kennzeichnen.

<sup>1</sup> Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 40 vom 11. Februar 1989, S. 12

<sup>2</sup> Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 220 vom 30. August 1993, S. 1

<sup>3</sup> Amtsblatt der Europäischen Union L 284 vom 31. Oktober 2003, S. 25

<sup>4</sup> Bundesgesetzblatt Teil I 1998, S. 812

<sup>5</sup> Bundesgesetzblatt Teil I 2006, S. 2407, 2416

<sup>6</sup> Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 17 vom 20. Januar 1994, S. 34

## II BESONDERE BESTIMMUNGEN DER EUROPÄISCHEN TECHNISCHEN ZULASSUNG

### 1.1 Beschreibung des Bauprodukts

Merkle BSP-Elemente werden aus Nadelholzbrettern hergestellt, die in Form von Brettsperrholzplatten verklebt werden und aus drei bis neun Lagen bestehen. Benachbarte Lagen sind rechtwinklig (Winkel von 90°) miteinander verklebt. Bei Elementen mit mindestens fünf Lagen dürfen bis zu zwei benachbarte Lagen faserparallel verklebt sein.

Der Querschnitt der Bauteile ist symmetrisch bezogen auf die Mittellage. Die Elemente sind eben.

Der grundsätzliche Aufbau des Bauteils ist in Anhang 1, Bild 1 und Bild 2 dargestellt.

Die Anwendung chemischer Substanzen (Holzschutzmittel oder Brandschutzmittel) ist nicht Gegenstand dieser europäischen technischen Zulassung.

Als Holzarten sind die Fichte, Tanne, Kiefer, Douglasie und Lärche vorgesehen.

### 1.2 Verwendungszweck

Die Holzbauteile sind für eine Verwendung als tragende und/oder aussteifende Elemente in Gebäuden oder Holzbauwerken vorgesehen. Die Anwendung darf nur in Bauwerken mit vorwiegend ruhenden Verkehrslasten erfolgen.

Die Elemente sind für eine Verwendung in den Nutzungsklassen 1 und 2 nach EN 1995-1-1<sup>7</sup> vorgesehen.

Die Bestimmungen dieser europäischen technischen Zulassung beruhen auf einer angenommenen Nutzungsdauer der Holzbauteile von 50 Jahren, vorausgesetzt, dass die in den Abschnitten 4.2, 5.2 und 5.3 festgelegten Bedingungen für den Einbau, die Verpackung, den Transport, die Lagerung, die Verwendung, die Wartung und die Instandsetzung erfüllt sind. Die Angaben über die Nutzungsdauer können nicht als Garantie des Herstellers ausgelegt werden, sondern sind lediglich als Hilfsmittel zur Auswahl der richtigen Produkte im Hinblick auf die erwartete wirtschaftlich angemessene Nutzungsdauer des Bauwerks zu betrachten.

## 2 Merkmale des Produkts und Nachweisverfahren

### 2.1 Merkmale des Produktes

#### 2.1.1 Allgemeines

Die Brettsperrholzplatten und ihre Bretter entsprechen den Festlegungen in den Anhängen 1 bis 3 dieser europäischen technischen Zulassung. Materialeigenschaften, Abmessungen und Toleranzen des Brettsperrholzes, die nicht in den Anhängen angegeben sind, sind in der technischen Dokumentation der europäischen technischen Zulassung enthalten.

#### 2.1.2 Bretter

Angaben zu den verwendenden Brettern sind im Anhang 2 angegeben. Die Bretter werden visuell oder maschinell sortiert. Nur technisch getrocknetes Holz ist zu verwenden.

Die Bretter der einzelnen Lagen dürfen durch Keilzinkenverbindungen nach EN 385<sup>8</sup> in Längsrichtung verbunden werden. Stumpfstöße sind nicht zulässig.

<sup>7</sup> EN 1995-1-1:2004 + AC:2006 + A1:2008 Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau

<sup>8</sup> EN 385:2001 Keilzinkenverbindung im Bauholz - Leistungsanforderungen und Mindestanforderungen an die Herstellung

### 2.1.3 Klebstoff

Für die Verklebung der Brettlagen wird ein Klebstoff Typ 1 nach EN 301<sup>9</sup> verwendet. Für die Keilzinkung der Einzelbretter wird ein PU-Klebstoff, der die Anforderungen an EN 14080<sup>10</sup>, Anhang C erfüllt, verwendet. Die Klassifizierung erfolgt nach EN 15424<sup>11</sup>.

Die Angaben zu den Klebstoffen sind beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegt.

### 2.2 Tragfähigkeit

Angaben zur Tragfähigkeit sind den Anhängen 2 bis 6 zu entnehmen.

Die Bemessung kann in Anlehnung an EN 1995-1-1 erfolgen. Die Bemessung darf auch nach den am Ort der Verwendung des Zulassungsgegenstandes geltenden nationalen Bestimmungen erfolgen.

### 2.3 Brandschutz

#### Brandverhalten

In Übereinstimmung mit der Entscheidung der Europäischen Kommission 2003/43/EC sind die in dieser europäischen technischen Zulassung geregelten Holzbauteile zur Verwendung als Wand, Decke, Dach oder Sonderbauteil der Euroklasse D-s2, d0 nach EN 13501-1<sup>12</sup> zuzuordnen. Bei Verwendung als Fußbodenbauteil sind sie der Euroklasse D<sub>fl</sub>-s1 zuzuordnen. Die Randbedingungen, die in der Entscheidung der Europäischen Kommission angegeben sind, sind zu beachten.

Die Entscheidung der Europäischen Kommission ist möglicherweise nicht anwendbar, wenn Holzwerkstoffplatten oder andere Bekleidungen vorhanden sind, abhängig von den verwendeten Bekleidungen und den betroffenen Randbedingungen.

Anmerkung:

Ein europäisches Referenzszenario für das Brandverhalten von Fassaden steht noch aus. In einigen Mitgliedstaaten ist die Klassifizierung des Bauprodukts nach EN 13501-1 für die Verwendung in Fassaden möglicherweise nicht ausreichend. Um den Vorschriften solcher Mitgliedstaaten zu entsprechen, kann eine zusätzliche Beurteilung des Bauprodukts nach nationalen Bestimmungen (z. B. auf der Grundlage eines Großversuchs) erforderlich sein, bis das europäische Klassifizierungssystem ergänzt worden ist.

### 2.4 Hygiene, Gesundheit und Umwelt

Eine Herstellererklärung, dass die Holzbauteile nach dieser europäischen technischen Zulassung keine gefährlichen Stoffe enthalten, liegt vor.

Holzschutzmittel oder Brandschutzmittel sind nicht Gegenstand dieser europäischen technischen Zulassung.

Die Formaldehyd-Klasse nach EN 13986<sup>13</sup> in Bezug auf Brettsperholz ist E1.

Anmerkung:

In Ergänzung zu den spezifischen Bestimmungen dieser europäischen technischen Zulassung, die sich auf gefährliche Stoffe beziehen, können die Produkte im Geltungsbereich dieser europäischen technischen Zulassung weiteren Anforderungen unterliegen, z. B. umgesetzte europäische Gesetzgebung und nationale Rechts- und Verwaltungsvorschriften. Um die Bestimmungen der Bauproduktenrichtlinie zu erfüllen, müssen diese Anforderungen ebenfalls eingehalten werden.

<sup>9</sup>	EN 301:2006	Klebstoffe für tragende Holzbauteile - Phenoplaste und Aminoplaste - Klassifizierung und Leistungsanforderungen
<sup>10</sup>	EN 14080:2005	Holzbauwerke - Brettschichtholz - Anforderungen
<sup>11</sup>	EN 15425:2008	Klebstoffe - Einkomponenten-Klebstoffe auf Polyurethanbasis für tragende Holzbauteile - Klassifizierung und Leistungsanforderungen:
<sup>12</sup>	EN 13501-1:2007	Klassifizierung von Bauprodukten zu ihrem Brandverhalten
<sup>13</sup>	EN 13986:2004	Holzwerkstoffe zur Verwendung im Bauwesen - Eigenschaften, Bewertung der Konformität und Kennzeichnung

## 2.5 Nachweisverfahren

Die Nachweise zur Eignung des Bauproduktes für den vorgesehenen Verwendungszweck in Bezug auf die wesentlichen Eigenschaften in den Bereichen mechanische Festigkeit und Standsicherheit, Brandschutz, Hygiene, Gesundheit und Umwelt, Schallschutz, Energieeinsparung und Wärmeschutz sowie zur Dauerhaftigkeit in diesen Bereichen wurden in Übereinstimmung mit den Nachweisvorgaben durchgeführt, die für diese Holzbauteile im Rahmen der EOTA vereinbart wurden.

## 3 Bewertung und Bescheinigung der Konformität und CE-Kennzeichnung

### 3.1 System der Konformitätsbescheinigung

Gemäß Entscheidung der Europäischen Kommission 97/176/EC<sup>14</sup> ist das System 1 der Konformitätsbescheinigung anzuwenden.

Dieses System der Konformitätsbescheinigung ist im Folgenden beschrieben:

System 1: Zertifizierung der Konformität des Produkts durch eine zugelassene Zertifizierungsstelle aufgrund von:

(a) Aufgaben des Herstellers:

- (1) werkseigener Produktionskontrolle;
- (2) zusätzlicher Prüfung von im Werk entnommenen Proben durch den Hersteller nach festgelegtem Prüfplan;

(b) Aufgaben der zugelassenen Stelle:

- (3) Erstprüfung des Produkts;
- (4) Erstinspektion des Werkes und der werkseigenen Produktionskontrolle;
- (5) laufender Überwachung, Beurteilung und Anerkennung der werkseigenen Produktionskontrolle.

Anmerkung: Zugelassene Stellen werden auch "notifizierte Stellen" genannt.

### 3.2 Zuständigkeiten

#### 3.2.1 Aufgaben des Herstellers

##### 3.2.1.1 Werkseigene Produktionskontrolle

Der Hersteller muss eine ständige Eigenüberwachung der Produktion durchführen. Alle vom Hersteller vorgegebenen Daten, Anforderungen und Vorschriften sind systematisch in Form schriftlicher Betriebs- und Verfahrensanweisungen festzuhalten, einschließlich der Aufzeichnungen der erzielten Ergebnisse. Die werkseigene Produktionskontrolle hat sicherzustellen, dass das Produkt mit dieser europäischen technischen Zulassung übereinstimmt.

Der Hersteller darf nur Rohstoffe und Bestandteile verwenden, die in der technischen Dokumentation dieser europäischen technischen Zulassung aufgeführt sind.

Die werkseigene Produktionskontrolle muss mit dem "Prüf- und Überwachungsplan für die am 20. September 2011 erteilte europäische technische Zulassung ETA-11/0210", der Teil der technischen Dokumentation dieser europäischen technischen Zulassung ist, übereinstimmen. Der Prüf- und Überwachungsplan ist im Zusammenhang mit dem vom Hersteller betriebenen werkseigenen Produktionskontrollsystem festgelegt und beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegt.<sup>15</sup>

<sup>14</sup> Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 73/19 vom 14/03/1997

<sup>15</sup> Der Prüf- und Überwachungsplan ist ein vertraulicher Bestandteil der Dokumentation dieser europäischen technischen Zulassung und wird nur der in das Konformitätsbescheinigungsverfahren eingeschalteten zugelassenen Stelle ausgehändigt. Siehe Abschnitt 3.2.2.

Die Ergebnisse der werkseigenen Produktionskontrolle sind festzuhalten und in Übereinstimmung mit den Bestimmungen des Prüf- und Überwachungsplans auszuwerten. Die Aufzeichnungen enthalten mindestens:

- Beschreibung des Produkts, der verwendeten Materialien und Komponenten,
- Art der Kontrolle oder Prüfung,
- Datum der Herstellung des Produkts und Datum der Prüfung des Produkts oder der verwendeten Materialien oder Komponenten,
- Ergebnisse von Kontrollen und Prüfungen und, wo zutreffend, Vergleich mit den Anforderungen,
- Name und Unterschrift des für die werkseigene Produktionskontrolle Verantwortlichen.

#### 3.2.1.2 Sonstige Aufgaben des Herstellers

Der Hersteller hat auf der Grundlage eines Vertrags eine Stelle, die für die Aufgaben nach Abschnitt 3.1 für den Bereich des Brettsperreholzes entsprechend dieser ETA zugelassen ist, zur Durchführung der Maßnahmen nach Abschnitt 3.2.2 einzuschalten. Hierfür ist der Prüf- und Überwachungsplan nach den Abschnitten 3.2.1.1 und 3.2.2 vom Hersteller der zugelassenen Stelle vorzulegen.

Der Hersteller hat eine Konformitätserklärung abzugeben mit der Aussage, dass das Bauprodukt mit den Bestimmungen der am 20. September 2011 erteilten europäischen technischen Zulassung ETA-11/0210 übereinstimmt. Die Konformitätserklärung kann nur gegeben werden, wenn die Vorgaben dieser ETA erfüllt sind und der Prüf- und Überwachungsplan befolgt wird.

#### 3.2.2 Aufgaben der zugelassenen Stelle

Die zugelassene Stelle hat die folgenden Aufgaben in Übereinstimmung mit den Bestimmungen des Prüf- und Überwachungsplans durchzuführen:

- Erstprüfung des Produkts,
- Erstinspektion des Werks und der werkseigenen Produktionskontrolle,
- laufende Überwachung, Beurteilung und Anerkennung der werkseigenen Produktionskontrolle.
- Die Erstinspektion des Werkes hat die Inspektion der Anlagen, der technischen Einrichtungen des Werkes und der Qualifizierung der Mitarbeiter mit einzuschließen.

Die zugelassene Stelle hat die wesentlichen Punkte ihrer oben angeführten Maßnahmen festzuhalten und die erzielten Ergebnisse und die Schlussfolgerungen in einem schriftlichen Bericht zu dokumentieren.

Die vom Hersteller eingeschaltete zugelassene Zertifizierungsstelle hat ein EG-Konformitätszertifikat mit der Aussage zu erteilen, dass das Produkt mit den Bestimmungen dieser europäischen technischen Zulassung übereinstimmt. Das Konformitätszertifikat kann nur gegeben werden, wenn die Vorgaben dieser ETA erfüllt sind und der Prüf- und Überwachungsplan befolgt wird.

Wenn die Bestimmungen der europäischen technischen Zulassung und des zugehörigen Prüf- und Überwachungsplans nicht mehr erfüllt sind, hat die Zertifizierungsstelle das Konformitätszertifikat zurückzuziehen und unverzüglich das Deutsche Institut für Bautechnik zu informieren.

#### 3.3 CE-Kennzeichnung

Die CE-Kennzeichnung ist auf dem Produkt selbst, auf einem am Produkt angebrachten Etikett, auf der Verpackung oder auf den kommerziellen Begleitpapieren anzubringen.

- Hinter den Buchstaben "CE" sind die Kennnummer der zugelassenen Zertifizierungsstelle anzugeben sowie die folgenden zusätzlichen Angaben zu machen:
- Name und Anschrift des Herstellers (juristisch für die Herstellung verantwortliche Instanz),
- die letzten beiden Ziffern des Jahres, in dem die CE-Kennzeichnung angebracht wurde,

- Nummer des CE-Konformitätszertifikats für das Produkt,
- Nummer der europäischen technischen Zulassung,
- Bezeichnung des Elementtyps, aus dem die Verwendung hervorgehen muss,
- Art des verwendeten Holzes,
- Anzahl und Anordnung der Lagen,
- Nenndicke des Holzbauteils,
- Festigkeitsklasse der Hölzer jeder Lage,
- Formaldehyd-Klasse (falls gefordert),
- Klebstoffart und Klebstofftyp.

#### **4 Annahmen, unter denen die Brauchbarkeit des Produkts für den vorgesehenen Verwendungszweck positiv beurteilt wurde**

##### **4.1 Herstellung**

Das Brettsperrholz ist nach den Bestimmungen dieser europäischen technischen Zulassung durch einen automatisierten Herstellungsprozess entsprechend der beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten technischen Dokumentation zu fertigen.

Die einzelnen Lagen sind bis zur geforderten Dicke des Brettsperrholzes zu verkleben.

Die Verpressung der Elemente erfolgt in einer hydraulischen Presse mit einem flächigen Druck von 0,6 MPa. Details zum Herstellverfahren sind beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegt.

Die europäische technische Zulassung wurde für das Produkt auf der Grundlage abgestimmter Daten und Informationen erteilt, die beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegt sind und der Identifizierung des beurteilten und bewerteten Produkts dienen. Änderungen am Produkt oder am Herstellungsverfahren, die dazu führen könnten, dass die hinterlegten Daten und Informationen nicht mehr korrekt sind, sind vor ihrer Einführung dem Deutschen Institut für Bautechnik mitzuteilen. Das Deutsche Institut für Bautechnik wird darüber entscheiden, ob sich solche Änderungen auf die Zulassung und folglich auf die Gültigkeit der CE-Kennzeichnung auf Grund der Zulassung auswirken oder nicht, und ggf. feststellen, ob eine zusätzliche Beurteilung oder eine Änderung der Zulassung erforderlich ist.

##### **4.2 Einbau**

###### **4.2.1 Bemessung des Brettsperrholzes**

Diese europäische technische Zulassung gilt nur für die Herstellung und Verwendung des hier geregelten Brettsperrholzes. Der Nachweis der Standsicherheit von Gebäuden unter Verwendung dieses Brettsperrholzes ist nicht Gegenstand dieser europäischen technischen Zulassung.

Die Eignung für den vorgesehenen Verwendungszweck ist unter folgenden Voraussetzungen gegeben:

- Die Bemessung der Brettsperrholzelemente wird von einem in der Bemessung solcher Bauteile erfahrenen Ingenieur ausgeführt.
- Der Entwurf sieht einen ausreichenden Schutz des Brettsperrholzes vor.
- Die Brettsperrholzelemente sind korrekt eingebaut.

Die Bemessung der Brettsperrholzelemente kann nach EN 1995-1-1 unter Beachtung der Anhänge 2 bis 6 dieser europäischen technischen Zulassung erfolgen. Am Verwendungsort geltende Normen und Bestimmungen sind zu berücksichtigen.

#### **4.2.2 Einbau der Brettsperrholzelemente**

Der Hersteller muss eine Anleitung zum Einbau der Produkte vorsehen, in der die spezifischen Eigenschaften und für den Einbau relevante Details der Konstruktion berücksichtigt sind. Die Anleitungen zum Einbau müssen an jedem Verwendungsort vorliegen.

Der Einbau der Brettsperrholzelemente nach dieser europäischen technischen Zulassung soll durch qualifiziertes Personal erfolgen.

Die Brettsperrholzelemente sind vor unzuträglichen Feuchteänderungen zu schützen.

### **5 Vorgaben für den Hersteller**

#### **5.1 Allgemeines**

Der Hersteller hat sicherzustellen, dass die Anforderungen nach den Abschnitten 1, 2 und 4 dieser europäischen technischen Zulassung den an der Planung und Ausführung der Arbeiten Beteiligten bekannt sind.

#### **5.2 Vorgaben für Verpackung, Transport und Lagerung**

Die Brettsperrholzelemente sind während des Transports und der Lagerung vor Schädigung und vor unzuträglicher Feuchteänderungen zu schützen. Die Anweisungen des Herstellers hinsichtlich Verpackung, Transport und Lagerung sind zu beachten.

#### **5.3 Nutzung, Wartung, Reparatur**

Die Bewertung der Eignung für den Verwendungszweck wurde unter der Annahme getroffen, dass eine Wartung während der Nutzung nicht erforderlich ist. Im Falle schwerwiegender Beschädigung des Brettsperrholzes sind umgehend Maßnahmen zur Erhaltung der Tragfähigkeit vorzunehmen. Gegebenenfalls kann ein Austausch der Bauteile erforderlich sein.

Georg Feistel  
Abteilungsleiter

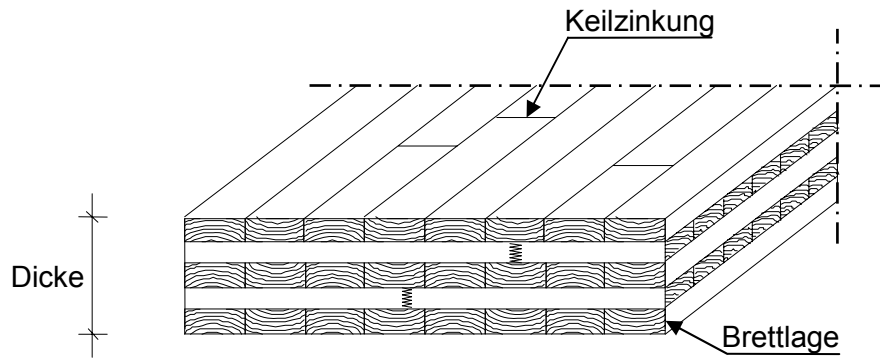
Beglaubigt



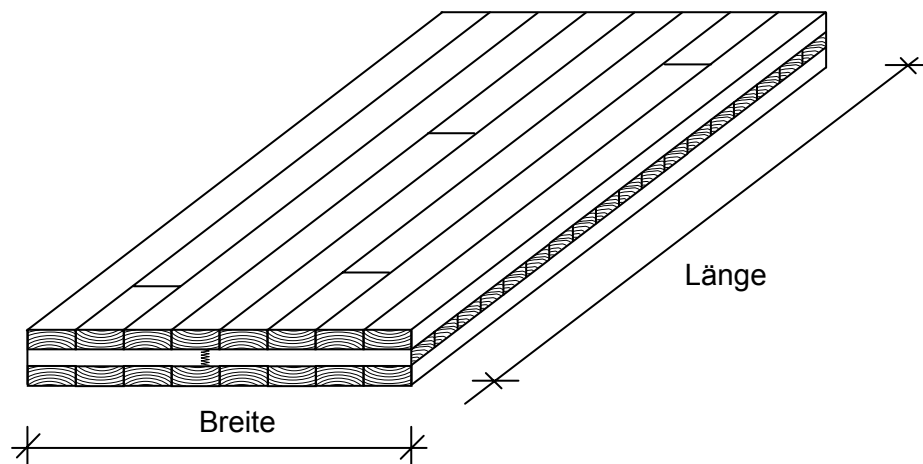
Anhang 1

Aufbau des Brettspertholzes

Aufbau der Holzbauteile Merkle BSP (Beispiel)



**Bild 1:** Grundsätzlicher Aufbau eines Brettspertholzelements (fünf Lagen)



**Bild 2:** Brettspertholzelement (drei Lagen)

<b>Anhang 2</b>	<b>Abmessungen und Aufbau der Brettsperrholzelemente</b>
-----------------	----------------------------------------------------------

**Tabelle 1: Abmessungen und Aufbau der Holzbauteile**

Eigenschaft	Wert
<b>Massivholzelement</b>	
Dicke	60 bis 300 mm
Dickentoleranz	± 1 mm
Breite	≤ 3,00 m
Breitentoleranz	± 3 mm
Länge	≤ 18,00 m
Längentoleranz	± 3 mm
Anzahl Lagen	3 ≤ n ≤ 9
maximale Anzahl benachbarter faserparalleler Lagen	≤ 2 bei n ≥ 5
maximale Fugenbreite zwischen den Brettern der Längslagen der Querlagen	3 mm 6 mm
<b>Bretter</b>	
Material	Fichte, Tanne, Kiefer, Douglasie und Lärche
Holzgüte nach EN 338 <sup>16</sup> bzw. EN 14081-1 <sup>17</sup>	≥ C16 <sup>*)</sup>
Oberfläche der Bretter	gehobelt
Dicke der Längslagen der Querlagen	20 bis 80 mm 20 bis 40 mm
Breite	80 bis 240 mm
Verhältnis Breite zu Dicke für die Bretter der Querlagen	≥ 4:1
Holzfeuchte nach EN 13183-2 <sup>18</sup>	10 ± 2 % 11 ± 2 % 12 ± 2 % Innerhalb eines Massivholzelementes darf nur einer der angegebenen Feuchtebereiche angesetzt werden.
Keilzinkenverbindung	Nach EN 385
<sup>*)</sup> In jeder Lage dürfen bis zu 10% der Bretter einer niedrigeren Festigkeitsklasse eingesetzt werden.	

<sup>16</sup> EN 338:2009 Bauholz für tragende Zwecke - Festigkeitsklassen  
<sup>17</sup> EN 14081-1:2005 Holzbauwerke - Nach Festigkeit sortiertes Bauholz für tragende Zwecke mit rechteckigem Querschnitt - Teil 1: Allgemeine Anforderungen  
<sup>18</sup> EN 13183-2:2002 Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz - Teil 2: Schätzung durch elektrisches Widerstands-Messverfahren

<b>Anhang 3</b>	<b>Wesentliche Eigenschaften des Brettsperrholzes, Tabelle 2</b>
-----------------	------------------------------------------------------------------

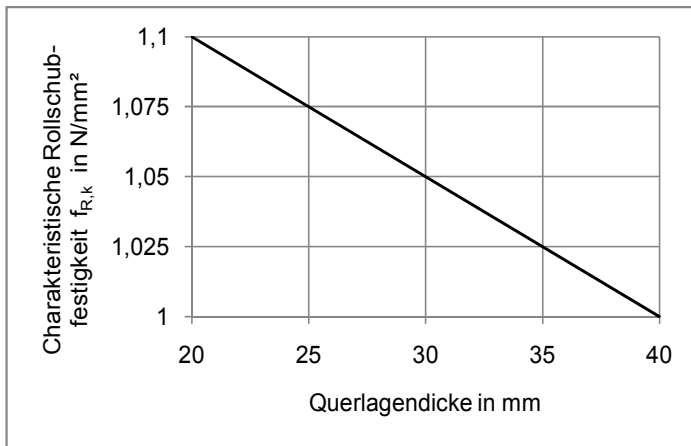
ER	Eigenschaft	Methode der Bestätigung	Klasse / Nutzungskategorie / Wert	
1	<b>Mechanische Festigkeit und Standsicherheit</b>			
	Bei der Bemessung sind für die Einzelschichten die charakteristischen Festigkeits- und Steifigkeitskennwerte für Nadelholz der entsprechenden Festigkeitsklasse nach EN 338 <sup>16</sup> unter Beachtung von Anhang 2 anzusetzen. Zusätzlich gelten folgende Werte:			
	Scheibentragwirkung	Schubfestigkeit für die Bemessung mit dem Bruttoquerschnitt (5%-Fraktilwert)	$f_{v,k}$	siehe Tabelle 3
	Plattentragwirkung	Rollschubfestigkeit (5%-Fraktilwert)	$f_{R,k}$	siehe Bild 3
		Rollschubmodul (Mittelwert)	$G_{R,mean}$	50 N/mm <sup>2</sup>
	Für Hinweise zur Bemessung siehe Anhänge 4 bis 6. Nationale Bestimmungen sind ggf. zu beachten.			
	Verwendung von Verbindungsmitteln	nach EN 1995-1-1, weitere Hinweise siehe Anhang 5		
	Kriechverhalten und Dauerhaftigkeit	nach EN 1995-1-1		
Dimensionsstabilität	Der Feuchtegehalt während der Nutzung darf nicht so stark schwanken, dass ungünstige Formänderungen auftreten.			
2	<b>Brandschutz</b>			
	<b>Brandverhalten</b>			
	Holzbauteile außer Fußböden	Entscheidung der Kommission 2003/43/EG	Euroklasse D-s2, d0	
	Fußböden		Euroklasse D <sub>f</sub> -s1	
	<b>Feuerwiderstand</b>			
Abbrandrate gilt nur für dicht gestoßene Bretter	EN 1995-1-2 <sup>19</sup>	$\beta_0 = 0,65$ mm/min $\beta_n = 0,7$ mm/min		
3	<b>Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz</b>			
	Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl $\mu$	EN ISO 10456 <sup>20</sup>	keine Leistung festgestellt	
	Formaldehydabgabe	EN 13986 mit Bezug auf Brettsperrholz	Klasse E1	
4	<b>Nutzungssicherheit</b>			
	Rutschfestigkeit		keine Leistung festgestellt	
	Stoßfestigkeit		keine Leistung festgestellt	
5	<b>Schallschutz</b>			
	Luftschalldämmung		keine Leistung festgestellt	
	Körperschalldämmung		keine Leistung festgestellt	
	Schalldämmung		keine Leistung festgestellt	
6	<b>Energieeinsparung und Wärmeschutz</b>			
	Bemessungswärmeleitfähigkeit $\lambda$	EN ISO 10456	keine Leistung festgestellt	
	Luftdichtigkeit		keine Leistung festgestellt	
	Spezifische Wärmekapazität $c_p$	EN ISO 10456	keine Leistung festgestellt	
	<b>Dauerhaftigkeit</b>			
	Nutzung nur in den Nutzungsklassen	EN 1995-1-1	1 und 2	

<sup>19</sup> EN 1995-1-2:2004 + AC:2009 Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall

<sup>20</sup> EN ISO 10456:2007 + AC:2009 Baustoffe und -produkte; Wärme- und feuchtschutztechnische Eigenschaften - Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte

Anhang 3

Wesentliche Eigenschaften des Brettsperholzes



**Bild 3:** Rollschubfestigkeit  $f_{R,k}$

<b>Anhang 3</b>	<b>Wesentliche Eigenschaften der Brettsperrelemente</b>
-----------------	---------------------------------------------------------

**Tabelle 3: Charakteristische Werte Schubfestigkeit für die Bemessung mit dem Bruttoquerschnitt (Beanspruchungen in Scheibenebene)**

Element Dicke in mm	Anzahl der Lagen	Dicke der Einzellagen in mm (Längslagen <b>fett</b> gedruckt)									$f_{v,k}$ in N/mm <sup>2</sup>
		<b>20</b>	20	<b>20</b>							
60	3	<b>20</b>	20	<b>20</b>							2,2
80	3	<b>30</b>	20	<b>30</b>							1,8
85	3	<b>30</b>	25	<b>30</b>							2,0
90	3	<b>30</b>	30	<b>30</b>							2,2
100	3	<b>30</b>	40	<b>30</b>							2,1
100	3	<b>40</b>	20	<b>40</b>							1,6
105	3	<b>40</b>	25	<b>40</b>							1,8
110	3	<b>40</b>	30	<b>40</b>							1,9
120	3	<b>40</b>	40	<b>40</b>							2,2
120	3	<b>50</b>	20	<b>50</b>							1,3
125	3	<b>50</b>	25	<b>50</b>							1,6
130	3	<b>50</b>	30	<b>50</b>							1,7
140	3	<b>50</b>	40	<b>50</b>							2,0
140	3	<b>60</b>	20	<b>60</b>							1,1
145	3	<b>60</b>	25	<b>60</b>							1,4
150	3	<b>60</b>	30	<b>60</b>							1,6
160	3	<b>60</b>	40	<b>60</b>							1,8
160	3	<b>70</b>	20	<b>70</b>							1,0
165	3	<b>70</b>	25	<b>70</b>							1,2
170	3	<b>70</b>	30	<b>70</b>							1,4
180	3	<b>70</b>	40	<b>70</b>							1,7
180	3	<b>80</b>	20	<b>80</b>							0,9
185	3	<b>80</b>	25	<b>80</b>							1,1
190	3	<b>80</b>	30	<b>80</b>							1,3
200	3	<b>80</b>	40	<b>80</b>							1,6
130	5	<b>30</b>	20	<b>30</b>	20	<b>30</b>					2,2
140	5	<b>30</b>	25	<b>30</b>	25	<b>30</b>					2,4
150	5	<b>30</b>	30	<b>30</b>	30	<b>30</b>					2,7
160	5	<b>40</b>	20	<b>40</b>	20	<b>40</b>					2,0
170	5	<b>40</b>	25	<b>40</b>	25	<b>40</b>					2,2
180	5	<b>40</b>	30	<b>40</b>	30	<b>40</b>					2,3
190	5	<b>40</b>	35	<b>40</b>	35	<b>40</b>					2,5
200	5	<b>40</b>	40	<b>40</b>	40	<b>40</b>					2,7
220	7	<b>40</b>	20	<b>40</b>	20	<b>40</b>	20	<b>40</b>			2,2
235	7	<b>40</b>	25	<b>40</b>	25	<b>40</b>	25	<b>40</b>			2,4
240	7	<b>40</b>	<b>40</b>	20	<b>40</b>	20	<b>40</b>	<b>40</b>			1,3
250	7	<b>40</b>	30	<b>40</b>	30	<b>40</b>	30	<b>40</b>			2,5
280	7	<b>40</b>	40	<b>40</b>	40	<b>40</b>	40	<b>40</b>			2,9
280	9	<b>40</b>	20	<b>40</b>	20	<b>40</b>	20	<b>40</b>	20	<b>40</b>	2,3
300	9	<b>40</b>	25	<b>40</b>	25	<b>40</b>	25	<b>40</b>	25	<b>40</b>	2,5
300	9	<b>40</b>	<b>40</b>	20	<b>40</b>	20	<b>40</b>	20	<b>40</b>	<b>40</b>	1,7

Anhang 4

Bemessung des Brettspertholzes

**1 Beanspruchung rechtwinklig zur Bauteilebene**

Die Ermittlung der Spannungsverteilung der Elemente muss unter Berücksichtigung von Schubverformungen der Querlagen geführt werden.

Für gelenkig gelagerte Brettspertholzelemente mit bis zu 5 Lagen darf die Spannungsverteilung nach EN 1995-1-1 wie bei einem nachgiebig verbundenen Biegestab berechnet werden, bei dem der Wert  $s_i/K_i$  durch  $\bar{h}_i/(G_R \cdot b)$  ersetzt wird.

mit  $\bar{h}_i$  = Dicke der Querlage

$G_R = 50 \text{ N/mm}^2$  Rollschubmodul der Querlage

$b$  = Breite der Querlage

(Bemessung nach der Theorie nachgiebig verbundener Biegeträger siehe Anhang 6)

Für Brettspertholz mit mehr als 5 Lagen ist es erforderlich, numerische Lösungen mit Unterstützung von Rechenprogrammen zu nutzen, die die Schubverformungen der Querlagen berücksichtigen.

Für die Bemessung des Brettspertholzes sind die charakteristischen Werte der Festigkeiten und Steifigkeiten dem Anhang 3 zu entnehmen.

Für den Biegenachweis sind die Spannungen in den Randfasern der Platten ausschlaggebend, Spannungen der inneren Lagen in Längsrichtung werden nicht in der Bemessung berücksichtigt.

Beim Biegenachweis darf der Bemessungswert der Biegefestigkeit von Brettlagen mit einem Systembeiwert  $k_\ell$  multipliziert werden:

$$k_\ell = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 + 0,025 \cdot n \\ 1,2 \end{array} \right.$$

mit  $n$  = Anzahl der nebeneinander liegenden Bretter einer Lage

Zugbeanspruchungen rechtwinklig zur Bauteilebene sind zu vermeiden.

**2 Beanspruchung in Bauteilebene**

Die Ermittlung der Spannungsverteilung der Elemente dürfen nur diejenigen Lagen in Rechnung gestellt werden, die in Richtung der Beanspruchung verlaufen.

Die Schubspannungen dürfen mit der gesamten Dicke der Massivholzplatte berechnet werden.

Für die Bemessung des Brettspertholzes sind die charakteristischen Werte der Festigkeiten und Steifigkeiten dem Anhang 3 zu entnehmen.

Beim Biegenachweis darf der Bemessungswert der Biegefestigkeit von Brettlagen mit einem Systembeiwert  $k_\ell$  multipliziert werden:

$$k_\ell = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 + 0,025 \cdot n \\ 1,2 \end{array} \right.$$

mit  $n$  = Anzahl der Längslagen

**Anhang 5**

**Bemessung der Verbindungsmittel**

**1 Allgemeines**

Die in diesem Abschnitt angegebenen Bemessungsvorschriften ergänzen die in EN 1995-1-1 angegebenen Regeln für Verbindungen.

Seitenflächen sind die Oberflächen des Bauteils parallel zur Plattenebene, Schmalflächen sind die Flächen rechtwinklig zu den Seitenflächen des Bauteils.

**1.1 Rechtwinklig zur Stiftachse beanspruchte stiftförmige Verbindungsmittel**

**1.1.1 Verbindungen in den Seitenflächen des Brettspertholzes**

*Lochleibungsfestigkeit*

Für Nägel, selbstbohrende Schrauben, Dübel und Bolzen in der Seitenfläche des Brettspertholzes darf die Lochleibungsfestigkeit von Vollholz unter Berücksichtigung der charakteristischen Rohdichte der Schichten des Brettspertholzes und dem Winkel zwischen der Beanspruchungs- und der Faserrichtung der äußeren Lage verwendet werden.

Folgende Bedingungen müssen erfüllt sein:

- Nageldurchmesser  $d \geq 4 \text{ mm}$
- Durchmesser der selbstbohrenden Schrauben  $d \geq 6 \text{ mm}$

*Wirksame Anzahl der Verbinder :*

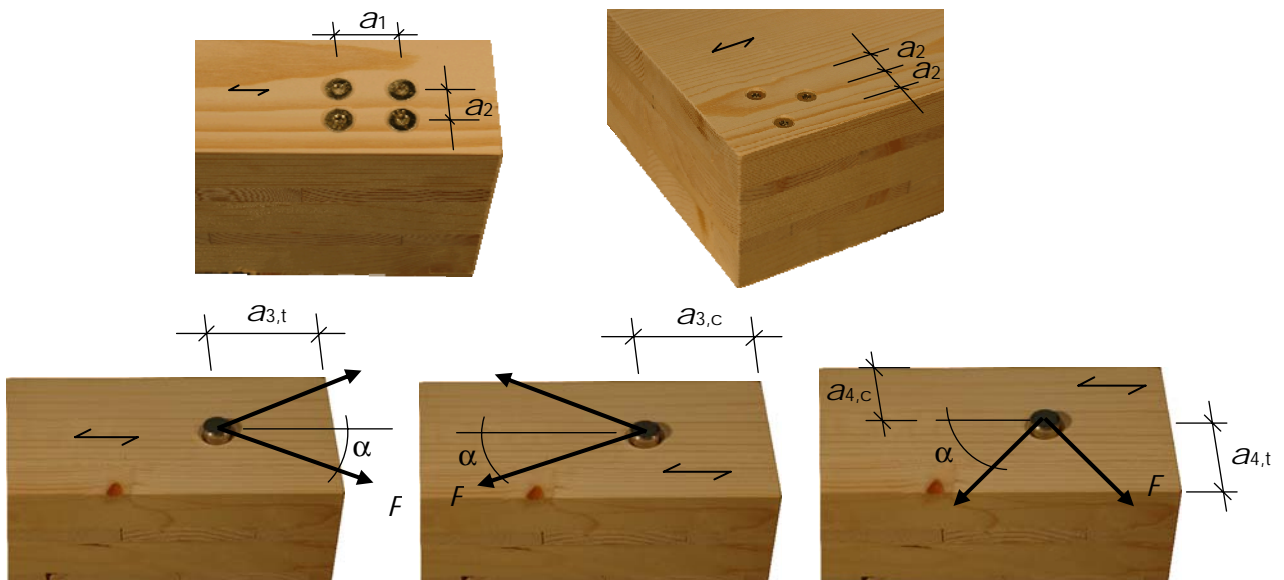
Die wirksame Anzahl der Verbinder  $n_{ef}$  für äußere Lagen mit einer Dicke  $\leq 40 \text{ mm}$  darf aus Gleichung (1) entnommen werden.

$$n_{ef} = n \quad \text{mit } n \text{ Nagelanzahl in einer Reihe} \quad (1)$$

Für äußere Lagen mit einer Dicke  $> 40 \text{ mm}$  ist die wirksame Anzahl  $n_{ef}$  der Verbinder nach EC 5 (8.3.1.1) zu verwenden.

*Mindestabstände untereinander sowie zu den Rändern und Enden:*

Die Mindestabstände untereinander sowie zu den Rändern und Enden und der Winkel  $\alpha$  zwischen der Beanspruchung und der Faserrichtung der äußeren Lage sind in Bild 4 dargestellt und in Tabelle 4 angegeben.



**Bild 4:** Definitionen der Mindestabstände der stiftförmigen Verbindungsmittel untereinander sowie zu den Rändern und Enden bei seitlicher Beanspruchung in den Seitenflächen des Brettspertholzes

**Anhang 5** **Bemessung der Verbindungsmittel**

**Tabelle 4: Werte der Mindestabstände untereinander sowie zu den Rändern und Enden in den Seitenflächen des Brettsperrholzes**

	$a_1$	$a_{3,t}$	$a_{3,c}$	$a_2$	$a_{4,t}$	$a_{4,c}$
Nägel	$(3+3 \cos \alpha)d$	$(7+3 \cos \alpha)d$	6 d	3 d	$(3+4 \sin \alpha) d$	3 d
Selbstschneidende Schrauben	4 d	6 d	6 d	2,5 d	6 d	2,5 d
Dübel	$(3+2 \cos \alpha) d$	5 d	$\max \left\{ \begin{array}{l} 4d \cdot \sin \alpha \\ 3d \end{array} \right.$	3 d	3 d	3 d
Bolzen	$\max \left\{ \begin{array}{l} (3+2 \cos \alpha)d \\ 4d \end{array} \right.$	5 d	4 d	4 d	3 d	3 d

**1.1.2 Verbindungen in den Schmalseiten des Brettsperrholzes**

*Lochleibungsfestigkeit*

Die charakteristische Lochleibungsfestigkeit für selbstbohrende Schrauben mit einem Durchmesser  $d \geq 8$  mm darf bei Verbindungen in der Schmalseite des Brettsperrholzes nach Gleichung (2) berechnet werden.

$$f_{h,k} = 20 d^{-0,5} \quad \text{in N/mm}^2 \quad (2)$$

Mit:

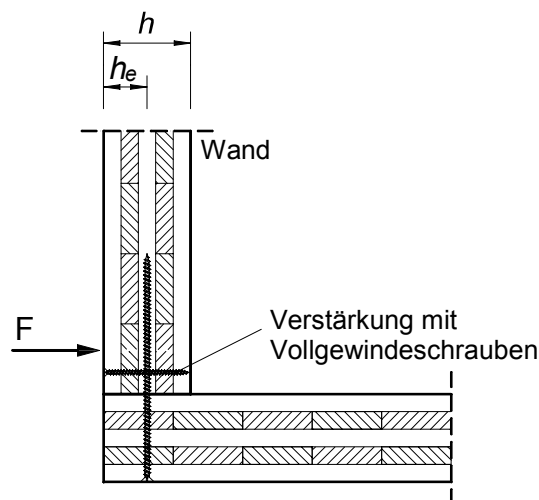
$d$  = Nenndurchmesser der selbstbohrenden Schrauben in mm

Bei Beanspruchung rechtwinklig zur Ebene des Brettsperrholzes ist die Möglichkeit des Aufspaltens verursacht durch Querkzugkräfte zu berücksichtigen. Verbindungen mit einem Verhältnis  $h_e/h < 0,7$  sind mit Vollgewindeschrauben zu verstärken (siehe Beispiel Bild 5).

Mit

$h_e$  = Abstand des entferntesten Verbindungsmittels vom belasteten Rand

$h$  = Dicke des Brettsperrholzelements



**Bild 5:** Verstärkung einer Brettsperrholzwand mit Vollgewindeschrauben



Anhang 5

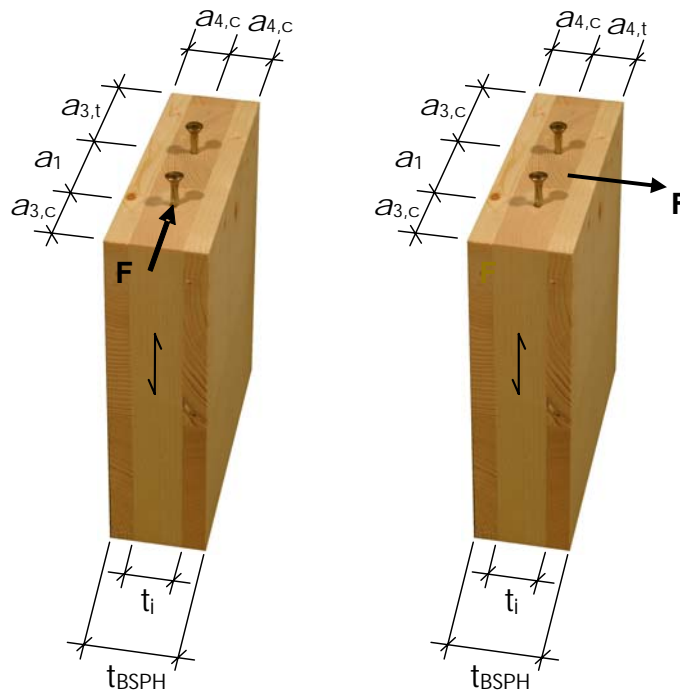
Bemessung der Verbindungsmittel

Wirksame Anzahl der Verbinder :

Es ist die wirksame Anzahl  $n_{ef}$  der Verbinder nach EC 5 (8.3.1.1) anzusetzen.

Mindestabstände untereinander sowie zu den Rändern und Enden:

Die Mindestabstände untereinander sowie zu den Rändern und Enden sind in Bild 6 dargestellt und zusammen mit weiteren Anforderungen für Verbindungen mit selbstbohrenden Schrauben in den Schmalseiten des Brettsperrholzes in den Tabellen 5 und 6 angegeben.



**Bild 6:** Definitionen der Mindestabstände der selbstbohrenden Schrauben untereinander sowie zu den Rändern und Enden bei seitlicher Beanspruchung in den Schmalfächen des Brettsperrholzes

**Tabelle 5:** Werte der Mindestabstände untereinander sowie zu den Rändern und Enden in den Schmalfächen des Brettsperrholzes

	$a_1$	$a_{3,t}$	$a_{3,c}$	$a_2$	$a_{4,t}$	$a_{4,c}$
Selbstbohrende Schrauben	$10 d$	$12 d$	$7 d$	$3 d$	$6 d$	$3 d$

**Tabelle 6:** Anforderungen für Verbindungsmittel in den Schmalfächen des Brettsperrholzes

	Mindestdicke der betroffenen Lage $t_i$ in mm	Mindestdicke des Brettsperrholzes $t_{BSPH}$ in mm	Mindestdringtiefe der Verbinder $t_1$ oder $t_2$ in mm <sup>a)</sup>
Selbstbohrende Schrauben	$d > 8 \text{ mm}: 3 \cdot d$ $d \leq 8 \text{ mm}: 2 \cdot d$	$10 \cdot d$	$10 \cdot d$
<sup>a)</sup> $t_1$ Mindestdringtiefe der Verbinder in seitliche Bauteile $t_2$ Mindestdringtiefe der Verbinder in mittlere Bauteile			

**Anhang 5**

**Bemessung der Verbindungsmittel**

**1.2 In Achsrichtung beanspruchte stiftförmige Verbindungsmittel**

**1.2.1 Profilierte Nägel**

Der charakteristische Wert des Auszieh Widerstandes von profilierten Nägeln in den Seitenflächen des Brettspertholzes darf nach Gleichung (3) berechnet werden.

$$R_{ax,k} = 14d^{0,6} \cdot \ell_{ef} \quad \text{in N} \quad (3)$$

mit

$d$  = Außendurchmesser des Gewindes mm

$\ell_{ef}$  = Eindringtiefe des Gewindes mm

Die folgenden Bedingungen müssen erfüllt sein:

- mindestens zwei Nägel in einer Verbindung
- Durchmesser des Gewindes  $d \geq 4$  mm
- Eindringtiefe des Gewindes  $\ell_{ef} \geq 8 d$
- Charakteristischer Wert für den Ausziehparameter  $f_{ax,k} \geq 50 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$   
(Wert für die Tragfähigkeitsklasse 3 in DIN 1052:2008-12)

mit  $\rho_k$  = charakteristischer Wert der Rohdichte (kg/m<sup>3</sup>)

**1.2.2 Selbstbohrende Schrauben**

*Auszieh Widerstand:*

Der charakteristische Wert des Auszieh Widerstandes für selbstbohrende Schrauben in den Seitenflächen oder in den Schmalflächen des Brettspertholzes darf nach Gleichung (4) berechnet werden.

$$R_{ax,k} = \sum_{i=1}^n f_{ax,i,k} \cdot \ell_{ef,i} \cdot d \quad \text{in N} \quad (4)$$

mit

$d$  = Außendurchmesser des Gewindes, mit  $d \geq 6$  mm für Schrauben in den Seitenflächen des Brettspertholzes und  $d \geq 8$  mm für Schrauben in den Schmalflächen des Brettspertholzes

$f_{ax,i,k}$  = Charakteristischer Wert des Auszieh Widerstandes der Lage  $i$  in Abhängigkeit von der charakteristischen Rohdichte  $\rho_{k,i}$  und dem Winkel  $\alpha_i$  zwischen Schraubenachse und der Faserrichtung der Lage  $i$

$\ell_{ef,i}$  = Eindringtiefe des Gewindes in Lage  $i$

$n$  = Anzahl der durchdrungenen Lagen

Die folgenden Bedingungen müssen erfüllt sein:

- Eindringtiefe des Gewindes  $\ell_{ef,i} \geq 4 d$

**Anhang 5**

**Bemessung der Verbindungsmittel**

Für die Bemessung von in Achsrichtung beanspruchter Schrauben in Brettsperrholz dürfen nur die Gewindelängen mit einem Winkel  $\alpha \geq 30^\circ$  zwischen der Schraubenachse und der Faserrichtung in Rechnung gestellt werden.

Parallel zur Seitenfläche des Brettsperrholzes ausgerichtete Schrauben sollten vollständig in einer Lage angeordnet sein. Der Außendurchmesser des Gewindes darf nicht die Dicke der Lage übertreffen, in der die Schraube angeordnet ist.

Für die charakteristische Kopfdurchzugfestigkeit des Schraubenkopfes darf in Abhängigkeit von der charakteristischen Rohdichte  $\rho_k$  der Schicht an der Kopfseite der Wert für Vollholz angenommen werden.

**1.3 Verbindungen mit Einlassdübeln und Einpressdübeln**

Die charakteristischen Werte der Tragfähigkeiten der Einlassdübel und Einpressdübel in den Seitenflächen des Brettschichtholzes dürfen nach EN 1995-1-1 bestimmt werden.

Für Einlassdübel in den Schmalflächen des Brettschichtholzes gelten die Bestimmungen für Verbindungen mit Einlassdübeln im Hirnholz.

Einpressdübel in den Schmalflächen des Brettschichtholzes dürfen nicht als tragend angesetzt werden.

**Anhang 6**

**Bemessung nach der Theorie nachgiebig verbundener Biegeträger**

Die Bemessung von Elementen mit bis zu fünf Lagen kann nach EN 1995-1-1 gemäß der Theorie der nachgiebig verbundenen Biegeträger erfolgen.

Hierbei ist zur Berücksichtigung der Schubverformungen der Faktor  $s_i/K_i$  nach Norm durch den Faktor  $\bar{h}_i/(G_R \cdot b)$  zu ersetzen.

Das wirksame Flächenträgheitsmoment errechnet sich zu:

$$I_{ef} = \sum_{i=1}^3 (I_i + \gamma_i \cdot A_i \cdot a_i^2) \quad \text{mit} \quad A_i = b_i \cdot h_i; \quad I_i = \frac{b_i \cdot h_i^3}{12}$$

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E_0 \cdot A_1 \cdot \bar{h}_1}{G_R \cdot b \cdot l^2}}; \quad \gamma_2 = 1; \quad \gamma_3 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E_0 \cdot A_3 \cdot \bar{h}_2}{G_R \cdot b \cdot l^2}}$$

$$a_1 = \left( \frac{h_1}{2} + \bar{h}_1 + \frac{h_2}{2} \right) - a_2; \quad a_3 = \left( \frac{h_2}{2} + \bar{h}_2 + \frac{h_3}{2} \right) + a_2$$

$$a_2 = \frac{\gamma_1 \cdot A_1 \cdot \left( \frac{h_1}{2} + \bar{h}_1 + \frac{h_2}{2} \right) - \gamma_3 \cdot A_3 \cdot \left( \frac{h_2}{2} + \bar{h}_2 + \frac{h_3}{2} \right)}{\sum_{i=1}^3 (\gamma_i \cdot A_i)}$$

Der Nachweis erfolgt durch Überprüfung der Biegerandspannung der Bretter. Der Nachweis der Schwerpunktspannung darf unberücksichtigt bleiben:

$$\sigma_{m,r,i,d} = \pm \frac{M_d}{I_{ef}} \cdot \left( \gamma_i \cdot a_i + \frac{h_i}{2} \right) \leq f_{m,d}$$

Der Schubspannungsnachweis erfolgt durch Überprüfung der Schubspannung in der maßgebenden Querschnittsebene:

$$\tau_{v,d} = \frac{V_d \cdot \gamma_i \cdot S_i}{I_{ef} \cdot b} \leq f_{R,d}$$

Legende:

- $h_{tot}$  = Elementdicke gesamt [mm]
- $h_i$  = Dicke der einzelnen Lagen parallel zur Richtung des Lastabtrags [mm]
- $\bar{h}_i$  = Dicke der einzelnen Lagen rechtwinklig zur Richtung des Lastabtrags [mm]
- $b$  = Elementbreite [mm]
- $n$  = Anzahl der Lagen
- $l$  = Spannweite [mm]
- $I_{ef}$  = wirksame Biegefestigkeit [Nmm<sup>2</sup>]
- $G_R$  = Rollschubmodul [N/mm<sup>2</sup>]
- $E_0$  = E-Modul parallel zur Faserrichtung der Bretter [N/mm<sup>2</sup>]