

10 Mechanische Holzverbindungen, Allgemeines

10.1 Übersicht über mechanische Holzverbindungen

Mechanische Holzverbindungen nach DIN 1052: 2004-08 sind tragende Verbindungen von Bauteilen aus Holzbaustoffen untereinander und mit Stahl. Die zur Verbindung der einzelnen Teile benötigten Verbindungsmittel werden als stiftförmige metallische und sonstige mechanische Verbindungsmittel bezeichnet. Die miteinander verbundenen Teile erfahren infolge Scherbelastung lastabhängige Verschiebungen. Diese Verschiebungen resultieren aus Lochleibungsverformungen in den einzelnen Teilen und aus Verformungen der Verbindungsmittel. Im Vergleich zu den starren „flächenfesten“ geklebten Holzverbindungen nach Abschn. 6 sind mechanische Holzverbindungen nachgiebigere „punktweise“ Verbindungen.

Als **stiftförmige metallische Verbindungsmittel** werden nach DIN 1052: 2004-08 unterschieden: Stabdübel, Passbolzen, Bolzen, Gewindestangen (Gewindebolzen), Nägel, Holzschrauben und Klammern, die alle rechtwinklig zu ihrer Längsachse (Stiftachse) „auf Abscheren“, einige auch planmäßig in Richtung ihrer Längsachse „auf Herausziehen“ oder kombiniert beansprucht werden können, s. Abschn. 11; über eingeklebte Stahlstäbe s. Abschn. 13.

Als **sonstige mechanische Verbindungsmittel** werden nach DIN 1052 bezeichnet: Dübel besonderer Bauart nach Abschn. 12, die in Richtung ihrer meist etwa scheiben- oder kreisringartigen Fläche „auf Abscheren“ beansprucht werden, sowie Nagelplatten und Stahlblechformteile nach Abschn. 11.7.5.

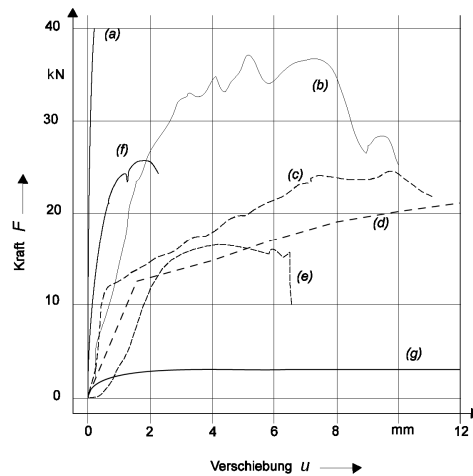
Zimmermannsmäßige Holzverbindungen wie Versätze, Zapfenverbindungen und Holznaгельverbindungen aus Eichenholznägeln, die in DIN 1052: 2004-08 angeführt sind, bedürfen keiner metallischen Verbindungsmittel zur planmäßigen Kraftübertragung, sie sind im Abschn. 14 dargestellt.

Kraft-Verschiebungs-Kurven von Holzverbindungen

Das Trag- und Verformungsverhalten von Verbindungen unter Scherbelastung (Abscheren) kann aus Bild 10.1 am Beispiel einiger Kraft-Verschiebungs-Kurven entnommen werden. Danach ist eine geklebte „flächenfeste“ Verbindung praktisch als starr mit sprödem Tragverhalten anzusehen, während stiftförmige metallische Verbindungsmittel und Einpressdübel größeren lastabhängigen Verformungen unterliegen, bei Verbindungen mit Bolzen (und Gewindestangen) treten zusätzlich noch lastunabhängige Verschiebungen durch die zulässigen, etwas größeren Bohrlöcher („mit Spiel“) auf. Dagegen verläuft die Kraft-Verschiebungskurve von Einlassdübeln und Nagelplatten anfänglich wesentlich steiler als diejenige von Einpressdübeln und stiftförmigen Verbindungsmitteln.

Die Beanspruchbarkeit eines einzigen „dünnen“ Nagels ist geringer als die anderer „dickerer“ stiftförmiger Verbindungsmittel, s. Bild 10.1, in dem die Verformungen pro Scherfuge angegeben sind; da jedoch in einer Verbindung mehrere stiftförmige Verbindungsmittel in Gruppen angeordnet sind, können pro Flächeneinheit mit „dünnen“ stiftförmigen Verbindungsmitteln wie Nägeln vergleichbare Beanspruchungen (zu anderen Verbindungsmitteln) übertragen werden.

- 10.1 Kraft-Verschiebungs-Kurven (Versuchswerte) verschiedener Verbindungen unter Zugbeanspruchung in Faserrichtung nach *Racher* [334] dargestellt ist F als Belastung je Scherfuge:
- geklebte Verbindung ($A = 12\,500\text{ mm}^2$)
 - Einlassdübel ($d = 100\text{ mm}$)
 - zweiseitiger Einpressdübel ($d = 62\text{ mm}$)
 - Stabdübel ($d = 14\text{ mm}$)
 - Bolzen ($d = 14\text{ mm}$)
 - Nagelplatte ($A = 10\,000\text{ mm}^2$)
 - Nägel ($d = 4,4\text{ mm}$)



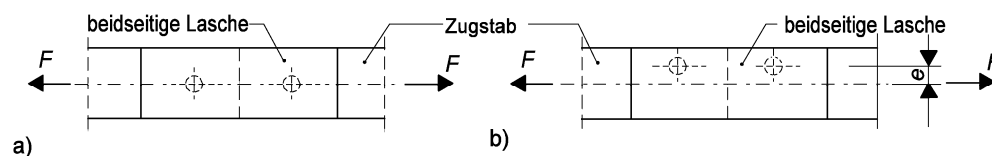
10

Einen Überblick über Ingenieur-Holzverbindungen geben *Ehlbeck/Hättich* [91], *Ehlbeck/Larsen* [94] und *Racher* [334], über zimmermannsmäßige Holzverbindungen *Ehlbeck/Kromer* [92] und *Scheer/Kickler* [360].

10.2 Anordnung von Verbindungsmitteln

Symmetrische Anordnung von Verbindungsmitteln

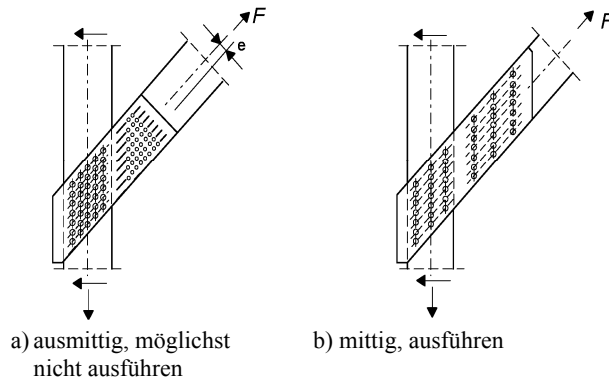
Stiftförmige metallische und sonstige mechanische Verbindungsmittel sollten möglichst symmetrisch und mittig zur Stabachse angeordnet werden, s. Bilder 10.2 bis 10.4. Unsymmetrische und ausmittige Anordnungen sind zu vermeiden, da durch ausmittige Anschlüsse zusätzliche Beanspruchungen wie Biegemoment und Schub auftreten. Können ausmittige Anschlüsse aus konstruktiven Gründen nicht vermieden werden, sind die zusätzlichen Beanspruchungen bei der Bemessung der Verbindungsmittel und Bauteile zu berücksichtigen, s. Abschn. 17.1.4, 17.1.5 und 23.4.



- 10.2 Symmetrische und unsymmetrische Anordnung von Verbindungsmitteln beim Stoß eines einteiligen Zugstabes mit beidseitigen Laschen (Beispiele)
- symmetrisch und mittig: Anschlussschwerpunkte (Verbindungsmittelschwerpunkte) liegen in der Stabachse,
 - unsymmetrisch und ausmittig: Anschlussschwerpunkte (Verbindungsmittelschwerpunkte) liegen nicht in der Stabachse, möglichst vermeiden; zusätzliche Momentenbeanspruchung $M = F \cdot e$

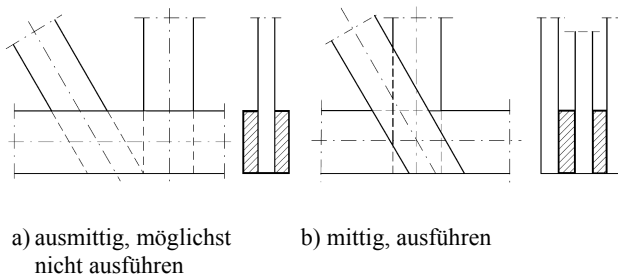
10.3 Ausmittige und mittige Anschlüsse von Verbindungsmitteln nach *Racher* [334]

- a) ausmittig: Anschlusschwerpunkt (Verbindungsmittelschwerpunkt) im „rechten“ Laschenteil nicht in der Stabachse, zusätzliches Biegemoment $M = F \cdot e$
- b) mittig: Anschlusschwerpunkt (Verbindungsmittelschwerpunkt) in beiden Laschenteilen in der Stabachse



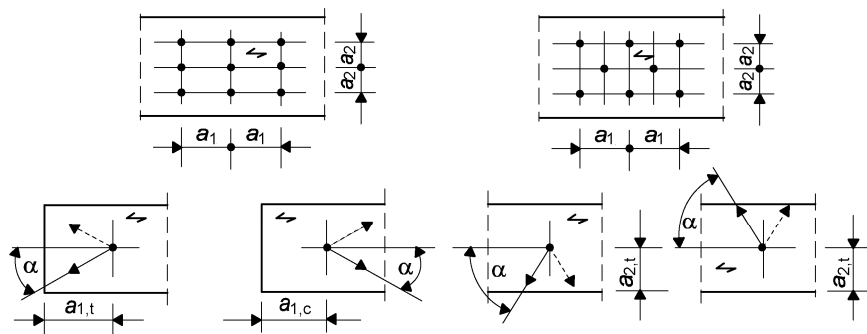
10.4 Ausmittige und mittige Anschlüsse von Bauteilen

- a) ausmittig: Stabachsen schneiden sich nicht in einem Punkt, zusätzliche Biege- und Schubbeanspruchung
- b) mittig: Bauteilschwerachsen schneiden sich in einem Punkt



Mindestabstände von Verbindungsmitteln

Bei Verbindungsmitteln sind Mindestabstände untereinander in und senkrecht zur Faserrichtung des Holzes sowie vom beanspruchten und unbeanspruchten Holzende (Hirnholz) und Holzrand, teilweise in Abhängigkeit vom Winkel α zwischen Kraft- und Faserrichtung erforderlich, um notwendige Krafteinleitungsbereiche sicherzustellen und die Spaltgefahr des Holzes auszuschließen, s. Bild 10.5.



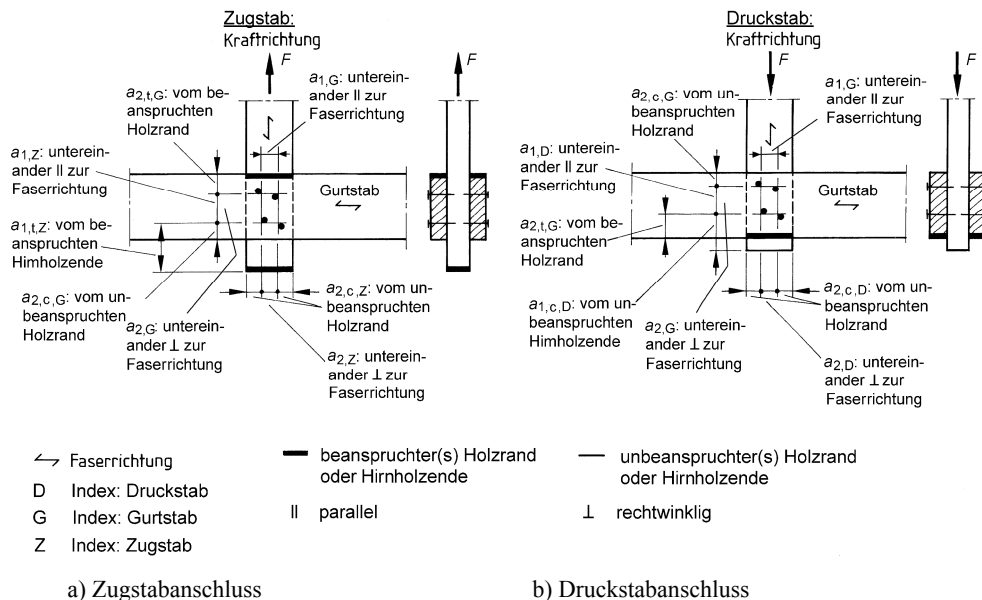
- a_1 untereinander parallel zur Faserrichtung
- a_2 untereinander rechtwinklig zur Faserrichtung
- $a_{1,t}$ vom beanspruchten Hirnholzende
- $a_{1,c}$ vom unbeanspruchten Hirnholzende
- $a_{2,t}$ vom beanspruchten Holzrand
- $a_{2,c}$ vom unbeanspruchten Holzrand
- α Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung

10.5 Definition der Verbindungsmittelabstände nach DIN 1052: 2004-08

Erläuterungen zu den Mindestabständen und beanspruchten bzw. unbeanspruchten Bauteilrändern sind in Bild 10.6 angeführt. Verbindungsmittel in vorgebohrten Löchern besitzen eine deutlich geringere Spaltgefahr als nicht vorgebohrte Verbindungsmittel wie Nägel ohne Vorbohrung, letztere benötigen deshalb größere Mindestabstände.

Die **Mindestabstände** mechanischer Verbindungsmittel werden einheitlich mit demselben Symbol a und denselben Fußzeigern (Indices) gekennzeichnet: Der Fußzeiger 1 steht für die Richtung „parallel zur Faserrichtung“ ($\alpha = 0^\circ$) und 2 für die Richtung „rechtwinklig zur Faserrichtung“ ($\alpha = 90^\circ$), der Fußzeiger t für „beansprucht“ und c für „unbeansprucht“. Bei der Festlegung der Mindestabstände sollte stets jedes Holzbauteil einzeln betrachtet werden. Ein **beanspruchtes Holzende** (oder Stabende mit Hirnholz) liegt vor (gilt als belastet), wenn eine Schnittkraft oder -kraftkomponente in Richtung des Holzendes zeigt, andernfalls gilt das Holzende als unbeansprucht (unbelastet). **Holzränder** gelten in gleicher Weise als beansprucht oder unbeansprucht.

10

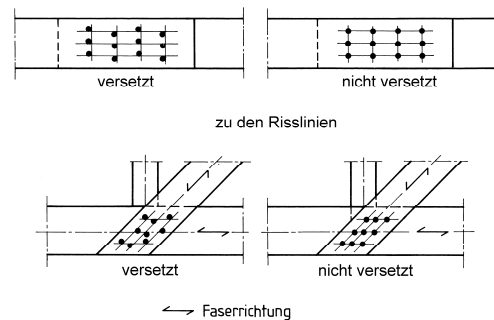


10.6 Erläuterung von Bezeichnungen bei Mindestabständen von Verbindungsmitteln am Beispiel eines Zug- und Druckstabanschlusses

Versetzte und nicht versetzte Anordnung von stiftförmigen metallischen Verbindungsmitteln

Stiftförmige metallische Verbindungsmittel dürfen in Verbindungen um die Hälfte ihres Durchmessers gegenüber den Risslinien versetzt oder nicht versetzt angeordnet werden, s. Bild 10.7, wenn die Mindestabstände eingehalten werden.

Bei Nageldurchmessern $d > 4$ mm empfiehlt *Erläut. zu DIN 1052: 2004-08* [39], in Holz-Holz-Verbindungen die Nägel zu versetzen, wenn die Risslinien parallel zur Faserrichtung verlaufen. Die Spaltneigung des Holzes beim Einschlagen kann neben der versetzten Anordnung und größerer Holzstärken auch durch größere Abstände (als die Mindestabstände) a_1 untereinander parallel der Faserrichtung sowie $a_{1,t(c)}$ zum Hirnholzende und $a_{2,t(c)}$ zum Rand erreicht werden, s. auch Tabelle 11.17. Über Stabdübel s. *Ehlbeck/Werner* [98] und Nägel s. *Reyer/Linzner* [346].



- 10.7** Anordnung von stiftförmigen metallischen Verbindungsmitteln in Stößen und Anschlüssen bei Einhaltung der Mindestabstände; erlaubt ist: Nicht-Versetzen oder Versetzen um die Hälfte ihres Durchmessers gegenüber den Risslinien

Verbindungsmittel in Hirnholzflächen

Verbindungsmittel werden im Allg. in die Seitenflächen eines Holzbauteiles bzw. einer Holzwerkstoffplatte eingebracht. Verbindungsmittel in Hirnholzflächen bzw. in Schnittflächen von Holzwerkstoffplatten dürfen nach DIN 1052 nicht als tragend in Rechnung gestellt werden. Hiervon ausgenommen sind Hirnholzanschlüsse bei Voll-, Brettschicht- und Balkenschichtholz mit bestimmten Dübeln besonderer Bauart nach Abschn. 12.5 zur Übertragung von Auflagerkräften sowie eingeklebte Gewindestangen (Gewindebolzen oder Stahlstäbe) nach Abschn. 13, ebenso ausgenommen sind Regelungen in bauaufsichtlichen Zulassungen.

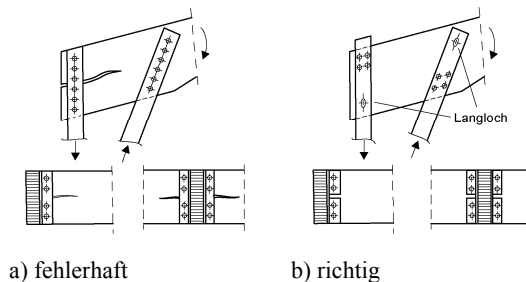
Stiftförmige Verbindungsmittel, die parallel zur Holzfaserrichtung eingebracht werden, besitzen eine geringe Lochleibungsfestigkeit und deshalb eine weitaus kleinere Tragfähigkeit auf Abscheren als rechtwinklig zur Faser eingetriebene. Ebenfalls gering ist der Auszieh Widerstand stiftförmiger Verbindungsmittel, wenn sie parallel zur Holzfaserrichtung eingetrieben in Richtung ihrer Stiftachse beansprucht werden. Da deshalb zusätzlich die notwendige Klemmwirkung, die derartig eingetriebene Verbindungsmittel zur Lagesicherung der verbundenen Holzbauteile in der langen Nutzungsdauer übernehmen müssen, nicht zuverlässig sichergestellt werden kann, sind parallel zur Faser eingetriebene tragende Verbindungsmittel wie in Hirnholzflächen oder in Schnittflächen von Holzwerkstoffplatten nicht zur Kraftübertragung weder auf Abscheren noch auf Herausziehen erlaubt bis auf die o. a. Ausnahmen.

Über axial beanspruchte Holzschrauben, die unter einem Winkel α von mind. 45° zu Faserrichtung eingebracht sind, s. Abschn. 11.8.3.

Holzfeuchteänderungen in Bauteilen von Verbindungen

Holzfeuchteänderungen in Bauteilen von Verbindungen führen zu Maßänderungen der Bauteilquerschnitte. Werden Schwindverformungen durch Verbindungsmittel behindert, können auftretende Querkzugspannungen Rissbildungen in den Bauteilen bewirken, s. Bild 10.8. Deshalb sollten die Verbindungsmittel in Gruppen auf jeweils einer Seite der zu verbindenden Bauteile angeordnet werden, um Bereiche behinderter Dehnungen „klein“ zu halten und ein Aufreißen weitgehend zu vermeiden. Langlöcher in Richtung der auftretenden Verschiebung bei Verbindungsmitteln, die nur zur Lagesicherung der verbundenen Bauteile angeordnet werden, verhindern ebenso Rissbildungen.

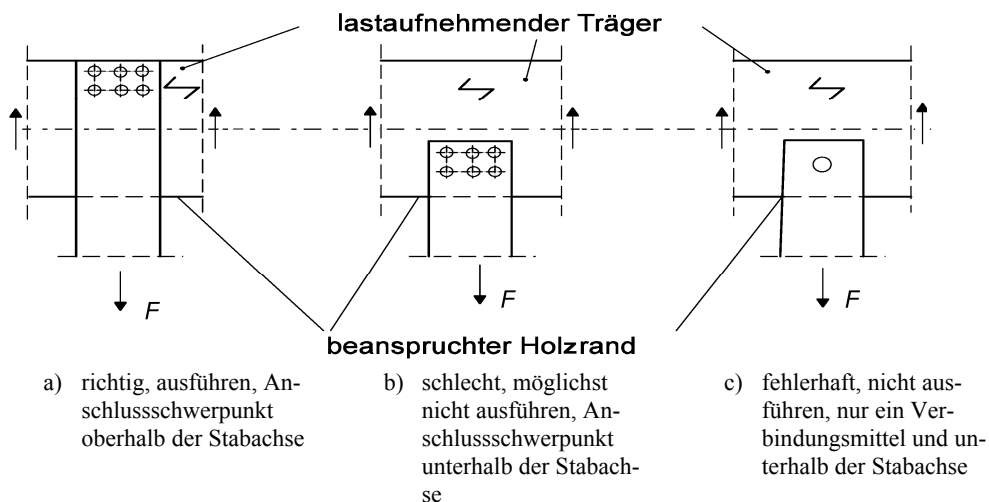
- 10.8 Anordnung von Verbindungsmitteln bei Holzfeuchteänderungen in Bauteilen von Verbindungen nach *Racher* [334]
- fehlerhaft: Aufreißen durch Schwinden, da Anordnung zu lang und ohne Unterbrechung,
 - richtig: Anordnung auf jeweils einer Seite, mit Langlöchern, falls nur zur Lagesicherung der Bauteile erforderlich



Queranschlüsse

Queranschlüsse sind Anschlüsse, bei denen Kräfte oder Kraftkomponenten quer zur Faserrichtung des Holzes in einen lastaufnehmenden Träger eingeleitet werden. Da im lastaufnehmenden Träger Zugkräfte quer zur Faserrichtung auftreten, s. Bilder 10.9, 21.12 und 21.13, entstehen im Bereich der Queranschlüsse u. a. hohe Querzugspannungen, die die aufnehmbare Last mit abnehmendem Abstand zum beanspruchten Holzrand wesentlich herabsetzen bzw. zum Versagen der Verbindung im lastaufnehmenden Träger führen können, da die Querzugfestigkeit von Holz sehr gering ist, s. Abschn. 1.10.2. Unter diesen Anschlussbedingungen wird die Tragfähigkeit des Queranschlusses nicht von den Verbindungsmitteln, sondern von der Querzugtragfähigkeit des lastaufnehmenden Trägers bestimmt.

10



- 10.9 Unverstärkte Queranschlüsse, prinzipielle Darstellung; Anordnung möglichst weit vom beanspruchten Holzrand; Empfehlung: Anschlusschwerpunkt (Verbindungsmittelschwerpunkt) in oder oberhalb der Längsstabachse (Schwerachse) des lastaufnehmenden Trägers sowie möglichst flächige Anordnung (mehrere Verbindungsmittel)

Bild 10.9 zeigt wesentliche Einflüsse auf die Tragfähigkeit von Queranschlüssen, danach sind sie möglichst flächig (mit mehreren Verbindungsmitteln) anzuordnen; die Anschlusschwerpunkte (Schwerpunkt der Verbindungsmittel) sollten möglichst in oder oberhalb der Längsstabachse (Schwerlinie) des lastaufnehmenden Trägers, d. h. mit weitem Abstand vom beanspruchten Holzrand liegen; es wird empfohlen, unverstärkte Queranschlüsse, die unterhalb der

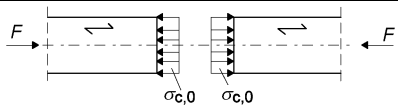
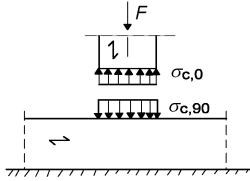
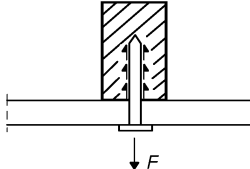
Längsstabachse (Schwerlinie) liegen, nicht auszuführen; diejenigen, die zu nah am beanspruchten Holzrand liegen, dürfen nach DIN 1052 nicht verwendet werden. Ein Nachweis ist für jeden Queranschluss nach Abschn. 21.3.1 zu führen, um seine Ausführbarkeit und die Notwendigkeit des Nachweises zu klären sowie die aufnehmbare Last zu bestimmen. Verstärkte Queranschlüsse nach Abschn. 21.3.2 besitzen eine wesentlich höhere Tragfähigkeit als unverstärkte.

10.3 Trag- und Verformungsverhalten von Holzverbindungen

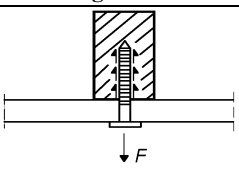
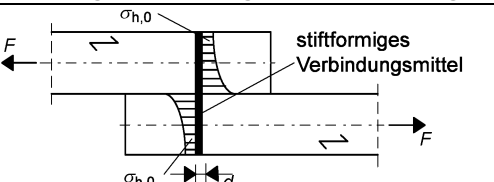
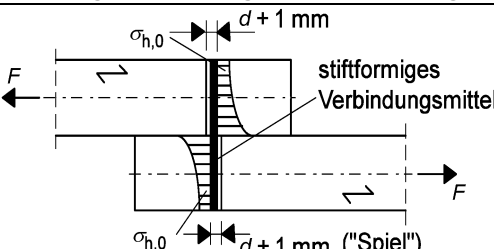
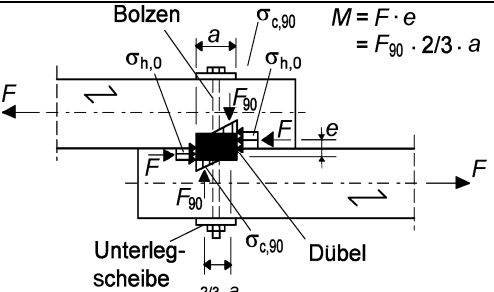
10.3.1 Verbindungen von Holzbauteilen

In Holzverbindungen können die anstehenden Kräfte direkt und indirekt mit unterschiedlichen Mechanismen übertragen werden, s. Abschn. 23.2. Bei **direkten Verbindungen** von Stäben werden die Kräfte entweder über Flächenpressung von Holz zu Holz (Kontaktstöße) oder über mechanische Verbindungsmittel nach Abschn. 10.1 (Abscheren und/oder in Richtung der Stiftachse) von einem in das andere Holzteil weitergeleitet. Die alten zimmermannsmäßigen Verbindungen wie Blatt, Kamm, Klaue, Versatz und Zapfen, die auch derzeit noch in Teilen verwendet werden, benutzen überwiegend die Flächenpressung zur Krafteinleitung. Tabelle 10.1 zeigt unterschiedliche Mechanismen zur Kraftübertragung in direkten Holzverbindungen auf. Geklebte Holzverbindungen wie Keilzinkungen sind in Abschn. 6, eingeklebte Stahlstäbe in Abschn. 13 dargestellt.

Tabelle 10.1 Kraftübertragung in direkten Holzverbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln, Beispiele, prinzipielle Darstellung ¹⁾

Art der Kraftübertragung	Beanspruchungen in der Verbindung, Beispiele
Kontaktstoß in Faserrichtung (Flächenpressung) 	Druckspannungen $\sigma_{c,0}$ in beiden Holzteilen, Beispiel: faserparalleler Passstoß ²⁾ ³⁾
Kontaktanschluss senkrecht oder unter einem Winkel α zur Faserrichtung (Flächenpressung) 	Druckspannungen $\sigma_{c,0}$ im lastbringenden Holzteil, Druckspannungen $\sigma_{c,90}$ im lastaufnehmenden Holzteil ²⁾ , Beispiele: Anschluss Stiel-Schwelle ⁴⁾ ; Auflagerkonstruktionen Holz auf Holz (Flächenpressung senkrecht) ⁵⁾ ; Versätze (Flächenpressung unter Winkel α) ⁶⁾
stiftförmiges Verbindungsmittel mit glattem Schaft auf Herausziehen (Haftreibung) 	Axialkraft im Verbindungsmittel, Haftreibung zwischen Holz und Verbindungsmittel mit glattem Schaft; nur für kurze Lasteinwirkungsdauer, da Haftreibung bei längerer Belastung plötzlich versagen kann, Beispiele: glattschaftige Nägel ⁷⁾ , Klammern auf Herausziehen

Fortsetzung siehe nächste Seite

	<p>stiftförmiges Verbindungsmittel mit profiliertem Schaft auf Herausziehen (Verzahnung)</p> <p>Axialkraft im Verbindungsmittel, Verzahnung zwischen Holz und Verbindungsmittel mit profiliertem Schaft durch Rillen oder Schraubgewinde; für kurze und ständige Lasteinwirkungsdauer; Beispiele: profilierte Nägel, Holzschrauben auf Herausziehen ^{8) 9)}</p>
	<p>stiftförmiges Verbindungsmittel rechtwinklig zur Längsachse „ohne Spiel“ (Abscheren)</p> <p>Abscheren und Biegung im Verbindungsmittel ¹⁰⁾, Lochleibungsspannungen $\sigma_{h,0}$ in beiden Holzteilen ¹¹⁾, Bohrlochdurchmesser gleich Verbindungsmitteldurchmesser d, Beispiele: Stabdübel, Passbolzen, Nägel auf Abscheren ¹²⁾</p>
	<p>stiftförmiges Verbindungsmittel rechtwinklig zur Längsachse „mit Spiel“ (Abscheren)</p> <p>Abscheren und Biegung im Verbindungsmittel ¹⁰⁾, Lochleibungsspannungen $\sigma_{h,0}$ in beiden Holzteilen ¹¹⁾, Bohrlochdurchmesser größer als Verbindungsmitteldurchmesser d, da zulässiges größeres Bohrloch $d + 1$ mm, Beispiele: Bolzen, Gewindestangen auf Abscheren ¹³⁾</p>
	<p>Dübel besonderer Bauart (Abscheren)</p> <p>Abscheren im Dübel, Bolzen zur Lagesicherung ¹⁴⁾, Lochleibungsspannungen $\sigma_{h,0}$, Scherspannungen σ_v und Querdruckspannungen $\sigma_{c,90}$ in den Hölzern ¹¹⁾, Kippmoment $M = F \cdot e$ durch ausmittigen Anschluss von F, Gleichgewicht durch gegenläufiges Moment $M = F_{90} \cdot 2/3 \cdot a$, das i. d. R. über notwendige Bolzen mit beidseitigen Unterlegscheiben je Dübelachse aufgebracht wird, Beispiele: Dübel besonderer Bauart ¹⁵⁾</p>

- 1) über direkte und indirekte Verbindungen von Stäben s. Abschn. 23.2
- 2) notwendige Lagesicherung z. B. durch beidseitige Laschen nicht dargestellt
- 3) über faserparallele Passstöße s. Abschn. 16.3
- 4) über Anschlüsse bei Druckstäben s. Abschn. 16.3
- 5) über Auflager mit Flächenpressung senkrecht zur Faserrichtung s. Abschn. 16.1.2
- 6) über Versätze s. Abschn. 14.1
- 7) über glattschaftige Nägel auf Herausziehen s. Abschn. 11.7.3
- 8) über profilierte Nägel und Holzschrauben auf Herausziehen s. Abschn. 11.7.3 und 11.8.3
- 9) über eingeklebte Stahlstäbe s. Abschn. 13
- 10) s. Abschn. 11.1
- 11) angenommene Verteilung der Spannungen in den Holzteilen, s. Abschn. 11.2
- 12) über Stabdübel, Passbolzen und Nägel s. Abschn. 11.5 und 11.7
- 13) über Bolzen und Gewindestangen s. Abschn. 11.6
- 14) über unterschiedliches Tragverhalten der Bolzen bei Einlass- und Einpressdübel s. Abschn. 12.1
- 15) über Einlassdübel s. Abschn. 12.2 und Einpressdübel s. Abschn. 12.3

10.3.2 Nachgiebigkeit einer Holzverbindung

In einer Holzverbindung mit mechanischen Verbindungsmitteln kann die anstehende Kraft erst dann übertragen werden, wenn ein kraftschlüssiger Kontakt zwischen Verbindungsmitteln und Holz hergestellt ist. Vor der Kraftübertragung kann bereits eine Verformung (Verschiebung) auftreten, wenn z. B. Bohrlochdurchmesser größer sein dürfen (oder infolge Herstellungsungenauigkeiten sind) als die Nenndurchmesser der Verbindungsmittel. Diese **lastunabhängige (Anfangs-)Verformung** wird auch als „anfänglicher Schlupf“ oder „Spiel“ bezeichnet, er ist z. B. bei Bolzen und Gewindestangen (Gewindebolzen) zugelassen und ausgeprägt (Bohrloch 1 mm größer als Nenndurchmesser). Unter Belastung treten unterschiedlich große elastische und plastische Verformungen im Holz und den Verbindungsmitteln auf, s. Bild 10.1 und Abschn. 10.3.3, diese **lastabhängigen Verformungen** und die lastunabhängigen (Anfangs-)Verformungen ergeben die **Gesamtverformung** einer Verbindung, die auch als Nachgiebigkeit der Verbindung bezeichnet wird.

Die Nachgiebigkeit bewirkt bei jeder Kraftübertragung eine gegenseitige Verformung (Verschiebung) der mit mechanischen Verbindungsmitteln verbundenen Holzteile. Für Holzverbindungen mit verschiedenen Verbindungsmitteln ergeben sich unterschiedliche Nachgiebigkeiten, wie aus den Kraft-Verschiebungs-Kurven nach Bild 10.1 und 10.12 zu entnehmen ist, geklebte Verbindungen gelten dagegen als sehr steif und praktisch unnachgiebig. Über den Einfluss der Lasteinwirkungsdauer, der Holzfeuchte und des Kriechens auf die Tragfähigkeit und das Verformungsverhalten von mechanischen Holzverbindungen s. *van de Kuilen* [250].

10

10.3.3 Steifigkeitswerte mechanischer Holzverbindungen

Steifigkeitswerte mechanischer Holzverbindungen werden mit Verschiebungsmodul K ermittelt und zum Nachweis der Tragfähig- und Gebrauchstauglichkeit nachgiebig mit Verbindungsmitteln verbundener Holzbauteile gebraucht.

Verschiebungsmoduln

Ist die gegenseitige Verschiebung u in einer Verbindung mit Verbindungsmitteln der aufgebrauchten Kraft F nach Gl. (10.1) proportional und wird der Proportionalitätsfaktor als Federkonstante, s. Abschn. 23.1.2, oder im Holzbau als Verschiebungsmodul K nach Gl. (10.2) bezeichnet, kann die Verschiebung u infolge der Kraft F nach Gl. (10.3) ermittelt werden. Die Verschiebung wird auch als Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel/Verbindung bezeichnet.

$$F \sim u \quad (10.1)$$

$$F = K \cdot u \quad (10.2)$$

$$u = F/K \quad (10.3)$$

Der Verschiebungsmodul K wird aus der zugehörigen Kraft-Verschiebungs-Kurve abgeleitet, wie aus Bild 10.10 am Beispiel einer idealisierten Kraft-Verschiebungs-Kurve eines Verbindungsmittels zu entnehmen ist. Da die Kraft-Verschiebungs-Kurven im Allg. gekrümmt, d. h. nicht-linear verlaufen, kann der Verschiebungsmodul K oft nur näherungsweise als „Sekantenmodul“, insbesondere für den Traglastbereich, angegeben werden, im Gegensatz zum Elastizitätsmodul E nach Bild 1.18, für den zum größeren Teil eine geradlinige Spannungs-Dehnungs-Linie vorliegt.

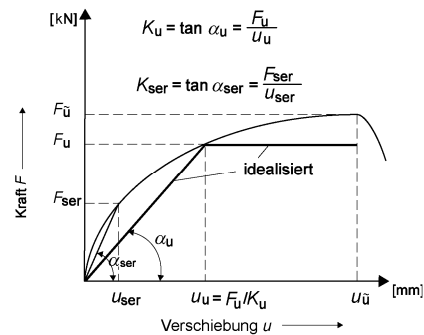
10.10 Verschiebungsmoduln K_{ser} und K_{u} ; prinzipielle Darstellung am Beispiel einer idealisierten Kraft-Verschiebungs-Kurve eines Verbindungsmittels

F Kraft pro Scherfuge

u gegenseitige Verschiebung

K_{ser} Verschiebungsmodul für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

K_{u} Verschiebungsmodul für den Nachweis der Tragfähigkeit



Da bei einer mechanischen Verbindung nicht-lineares Verformungsverhalten mit elastischen und plastischen Anteilen vorliegt, werden nach DIN 1052: 2004-08 zwei Verschiebungsmoduln unterschieden: K_{ser} für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit und K_{u} für den Nachweis der Tragfähigkeit. Die Geradensteigung beim (idealisierten) Verschiebungsmodul K_{u} nach Bild 10.10 ist stets kleiner als diejenige beim K_{ser} , deshalb ist der Verschiebungsmodul K_{u} vereinfachend mit nur 2/3 der Geradensteigung von K_{ser} zu ermitteln; K_{u} wird nach Gl. (10.4) als Mittelwert $K_{\text{u,mean}}$ angegeben, da ihm die Rechenwerte (Mittelwerte) des jeweiligen Verschiebungsmoduls K_{ser} nach Tabelle 10.2 zugrunde liegen, über den Verschiebungsmodul $K_{\text{u},05}$ (5 %-Quantilwert) s. Abschn. 24.2.2. Die Verschiebungsmoduln von Nagelplatten sind den jeweiligen bauaufsichtlichen Zulassungen zu entnehmen. Über Modelle zur Festlegung und vereinfachenden Bestimmung von Verschiebungsmoduln s. *Blaß* [29], [30] und *Racher* [334].

$$K_{\text{u,mean}} = \frac{2}{3} \cdot K_{\text{ser}} \quad (10.4)$$

$K_{\text{u,mean}}$ Verschiebungsmodul (Mittelwert) für den Nachweis der Tragfähigkeit

K_{ser} Verschiebungsmodul für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit nach Tabelle 10.2

Tabelle 10.2 Rechenwerte (Mittelwerte) für Verschiebungsmoduln K_{ser} in N/mm je Scherfuge stiftförmiger Verbindungsmittel und je Verbindungseinheit mit Dübeln besonderer Bauart nach DIN 1052: 2004-08, Tab. G.1^{1) 2)}

Verbindungsmittel	Verbindung Holz-Holz, Holz-Holzwerkstoff, Stahl-Holz
Stiftförmige metallische Verbindungsmittel	
Stabdübel, Passbolzen, Bolzen, Gewindestangen ³⁾	$\rho_k^{1,5} \cdot d / 20$
Nägeln und Holzschrauben in vorgebohrten Löchern	$\rho_k^{1,5} \cdot d^{0,8} / 25$
Nägeln und Holzschrauben in nicht vorgebohrten Löchern ⁴⁾	$\rho_k^{1,5} \cdot d^{0,8} / 25$
Klammern ⁴⁾	$\rho_k^{1,5} \cdot d^{0,8} / 60$
Dübel besonderer Bauart	
Ringdübel Typ A1, Scheibendübel Typ B1	$0,6 \cdot d_c \cdot \rho_k$
Scheibendübel mit Zähnen Typ C1 bis C5	$0,3 \cdot d_c \cdot \rho_k$
Scheibendübel mit Dornen Typ C10, C11	$0,45 \cdot d_c \cdot \rho_k$

¹⁾ Hierin bedeuten:

ρ_k charakteristische Rohdichte der miteinander verbundenen Teile in kg/m^3 ,

= $\sqrt{\rho_{k,1} \cdot \rho_{k,2}}$ bei unterschiedlichen Werten $\rho_{k,1}$ und $\rho_{k,2}$ der charakteristischen Rohdichte der beiden miteinander verbundenen Teile

= $\rho_{k,\text{Holz}}$ bei Stahl-Holz-Verbindungen und bei Holzwerkstoff-Holz-Verbindungen

- d Stiftdurchmesser in mm
 d_c Dübeldurchmesser in mm,
 $=\sqrt{a_1 \cdot a_2}$ bei Dübeltyp C3 und C4
- 2) die Rechenwerte der Verschiebungsmoduln für Nagelplatten sind den jeweiligen bauaufsichtlichen Zulassungen zu entnehmen
 - 3) bei mit Spiel eingebauten Bolzen- und Gewindestangen (nicht bei eingeklebten Gewindestangen und Passbolzen) ist mit einem zusätzlichen Schlupf von 1 mm zu rechnen, der zu den mit Hilfe des Verschiebungsmoduls ermittelten rechnerischen Verschiebungen jeweils hinzuzufügen ist
 - 4) bei Verbindungen von Holz mit Gipskartonplatten sind die Verschiebungsmoduln um 40 % abzumindern

Verschiebungswerte von Verbindungen

Bei Holzverbindungen wie **Versätzen, faserparallelen Passstößen** und **anderen Kontaktanschlüssen** schräg oder rechtwinklig zur Faser können keine Verschiebungsmoduln angegeben, sondern nur Verschiebungswerte für die gesamte Verbindung abgeschätzt werden. Die Verschiebungswerte (auch Schlupf genannt) betragen nach *Möhler* [289] sowie *Erläut. zu DIN 1052: 1988-04* [62] $u_V = 1,5$ mm bei Versätzen und anderen Kontaktanschlüssen schräg oder rechtwinklig zur Faser sowie $u_{PS} = 1,0$ mm bei faserparallelen Passstößen, hierüber s. Abschn. 23.1.2.

Bei **Bolzen- und Gewindestangen**, die mit einem zulässigen größeren Bohrloch ($d + 1$ mm) als dem Nenndurchmesser d („mit Spiel“) eingebaut werden (nicht bei eingeklebten Gewindestangen und Passbolzen), ist mit einer zusätzlichen Verschiebung (Schlupf) von $u_{B(GS)} = 1$ mm zu rechnen, die zu den mit Hilfe des Verschiebungsmoduls ermittelten rechnerischen Verschiebungen jeweils hinzuzufügen ist, s. Abschn. 23.1.2.

10.3.4 Wirksame Anzahl hintereinander liegender Verbindungsmittel

In Anschlüssen und Stößen liegen oft mehrere Verbindungsmittel derselben Art in Faserrichtung hintereinander und werden in dieser Richtung auf Abscheren beansprucht. Nach *Blaß* [31] ist die Tragfähigkeit mehrerer Verbindungsmittel in einer Verbindungsmittelreihe oft kleiner als die Summe der Einzeltragfähigkeiten, da plastische Verformungen, Kriechen, Herstellungsungenauigkeiten, unterschiedliches Last-Verformungsverhalten und veränderliche Holzeigenschaften die Tragfähigkeit unterschiedlich beeinflussen, insbesondere vermindert das schnell beginnende Spalten des Holzes in Richtung der Verbindungsmittelreihen die Tragfähigkeit je Verbindungsmittel.

Liegen mehrere „**dickere**“ **stiftförmige Verbindungsmittel** (Durchmesser $d > 6$ mm) in Faserrichtung hintereinander und werden sie in dieser Richtung oder schräg zur Faserrichtung beansprucht, d. h. ist der Kraft-Faser-Winkel $\alpha = 0^\circ$ oder größer, ist nach DIN 1052: 2004-08 die charakteristische Tragfähigkeit der n Verbindungsmittel abzumindern und eine **wirksame Anzahl** n_{ef} zu bestimmen, s. *Jorissen* [197] und Abschn. 11.5.2, während bei „**dünnen**“ **stiftförmigen Verbindungsmitteln** wie Nägeln mit $d \leq 6$ mm die o. a. Einflüsse geringer sind, so dass die Tragfähigkeit nicht verkleinert werden muss, s. Abschn. 11.7.2. Bei mehreren hintereinander liegenden **Dübeln besonderer Bauart** wird für eine Anzahl $n > 2$ nach Abschn. 12.2 ebenfalls mit verminderter Tragfähigkeit gerechnet, jedoch ist die maximale Anzahl, die als tragend in Rechnung gestellt werden darf, auf $n = 10$ zu begrenzen.

Werden dagegen Verbindungsmittel in Faserrichtung angeordnet und senkrecht dazu durch eine Kraft oder Kraftkomponente beansprucht, d. h. ist der Kraft-Faser-Winkel $\alpha = 90^\circ$, tritt kein Spalten des Holzes auf und eine Abminderung der Tragfähigkeit hinsichtlich hintereinander-

der liegender Verbindungsmittel ist nicht vorzunehmen ($n_{ef} = n$). Derartige Queranschlüsse können jedoch aufgrund hoher Querspannungen quer zur Faser versagen und aufspalten, dazu ist der Nachweis eines Queranschlusses nach Abschn. 21.3 vorzunehmen.

Wird das Spalten des Holzes in Faserrichtung bei hintereinander liegenden Verbindungsmitteln durch **aufgebrachte Verstärkungen** quer zur Faserrichtung wirksam verhindert, z. B. sinngemäß nach Abschn. 21.3.2, braucht ebenfalls keine Abminderung der Tragfähigkeit vorgenommen werden ($n_{ef} = n$).

10.3.5 Zusammenwirken verschiedener Verbindungsmittel in einer Holzverbindung

Holzverbindungen mit Verbindungsmitteln unterschiedlicher Nachgiebigkeiten

Holzverbindungen sollten als Empfehlung möglichst mit einem Verbindungsmitteltyp ausgeführt werden, z. B. nur Stabdübel oder nur Nägel; sollte dies nicht machbar sein, ergeben die unterschiedlichen Nachgiebigkeiten der Verbindungsmittel, s. Bild 10.1, ungleichmäßige Kraftverteilungen auf die Verbindungsmittel, die bei der Bemessung zu berücksichtigen sind.

Da die Kraft-Verschiebungs-Kurve einzelner Verbindungsmittel im Traglastbereich nicht-linear verläuft, s. Bild 10.1, und die Steifigkeiten abnehmen, erhalten die Verbindungsmittel mit geringerer Beanspruchung einen höheren Anteil aus der zu übertragenden Gesamtlast der Verbindung. Ein Zusammenwirken der Verbindungsmittel mit unterschiedlichen Nachgiebigkeiten kann in einer Verbindung nur dann erwartet werden, wenn sie ein etwa vergleichbares Verformungsverhalten, d. h. duktiles Tragverhalten, aufweisen. In diesen Fällen darf der **vereinfachte Nachweis** nach Gl. (10.5) durch pauschale Abminderung der Tragfähigkeit der geringer beanspruchten Verbindungsmittel vorgenommen werden, s. unten. In allen anderen Fällen (Verbindungsmittel und Verbindungen mit nicht-duktilen Tragverhalten) ist ein **genauerer Nachweis** mit Hilfe der Verschiebungsmoduln erforderlich, s. unten; dieser genauere Nachweis kann auch bei Verbindungsmitteln mit duktilem Tragverhalten eingesetzt werden.

Geklebte Verbindungen, die hoch belastbar bereits bei kleinen Verformungen spröde versagen, s. Bild 10.1, und mechanische Verbindungsmittel, die bei derart kleinen Verformungen praktisch keine Last übertragen, können wegen des ausgeprägt unterschiedlichen Verformungsverhaltens nicht als gleichzeitig zusammenwirkend in einer Verbindung berücksichtigt werden, da die starre geklebte Verbindung die gesamte Beanspruchung überträgt.

Vereinfachter Nachweis des Zusammenwirkens verschiedener Verbindungsmittel mit duktilem Tragverhalten

Nach DIN 1052: 2004-08 darf die unterschiedliche Verformung von Verbindungsmitteln mit duktilem Tragverhalten bei Erreichen der Traglast vereinfachend dadurch berücksichtigt werden, dass die Tragfähigkeit des Verbindungsmittels mit dem rechnerisch kleineren Teil der zu übertragenden Kraft auf zwei Drittel nach Gl. (10.5) abgemindert wird. Verbindungsmittel bzw. Verbindungen mit duktilem Tragverhalten sind in Tabelle 10.3 angeführt.

Vereinfachter Nachweis für Verbindungsmittel mit duktilem Tragverhalten:

$$R_{j,d} = R_{1,d} + 0,666 \cdot R_{2,d} \quad (10.5)$$

$R_{j,d}$ Bemessungswert der Tragfähigkeit einer gesamten Verbindung als Summe der Tragfähigkeit verschieden nachgiebiger Verbindungsmittel mit duktilem Tragverhalten

$R_{1,d}$ Bemessungswert der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel mit dem größeren Kraftanteil, $R_{1,d} \geq R_{2,d}$

$R_{2,d}$ Bemessungswert der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel mit dem kleineren Kraftanteil

Tabelle 10.3 Verbindungsmittel und Verbindungen mit duktilem und nicht-duktilen Tragverhalten

duktilen Tragverhalten nach DIN 1052: 2004-08
<ul style="list-style-type: none"> – stiftförmige Verbindungsmittel bei Beanspruchung auf Abscheren, die nach den vereinfachten Regeln des Abschn. 11 bemessen werden: Stabdübel, Passbolzen, Bolzen, Gewindestangen, Nägel, Holzschrauben, Klammern, – stiftförmige schlanke Verbindungsmittel bei Beanspruchung auf Abscheren, die nach den genaueren Regeln der DIN 1052: 2004-08, Tab. G.2 bis G.8, mit einem Verhältnis Holzdicke t zu Stiftdurchmesser d von $t/d \geq 6$ bemessen werden, – Dübel besonderer Bauart Typ C1 bis C5 und C10, C11 (Einpressdübel) nach Abschn. 12.3, – Kontaktanschlüsse schräg oder senkrecht zur Faser wie Versätze, faserparallele Stöße, – Verbindungsmittel in Verbindungen, in denen Verstärkungen quer zur Faser sinngemäß nach Abschn. 21.3.2 ein Spalten des Holzes verhindern
nicht-duktilen Tragverhalten nach Erläut. zu DIN 1052: 2004-08 [39]
<ul style="list-style-type: none"> – stiftförmige Verbindungsmittel bei Beanspruchung auf Herausziehen: Nägel, Holzschrauben, Klammern, – stiftförmige gedrungene Verbindungsmittel bei Beanspruchung auf Abscheren, die nach den genaueren Regeln der DIN 1052: 2004-08, Tab. G.2 bis G.8, mit einem Verhältnis Holzdicke t zu Stiftdurchmesser d von $t/d < 6$ bemessen werden, – Dübel besonderer Bauart Typ A1 und B1 (Einlassdübel) nach Abschn. 12.2 – Verbindungen mit Nagelplatten – Verbindungen mit eingeklebten Stahlstäben nach Abschn. 13

Genauerer Nachweis des Zusammenwirkens von Verbindungsmitteln unterschiedlicher Nachgiebigkeiten

Wird in einer Verbindung eine Kraft F durch Verbindungsmittel verschiedener Nachgiebigkeit a und b übertragen, s. Bild 10.11, so verteilt sich die Kraft ungleichmäßig auf die Verbindungsmittel. Der Bemessungswert $R_{j,\text{tot},d}$ der Gesamttragfähigkeit aller Verbindungsmittel in der Verbindung kann nach Gl. (10.14) je nach Steifigkeitsverhältnis berechnet werden, s. auch *Erläuterungen zu DIN 1052: 2004-08* [39], *Ehlbeck/Hättich* [91] und *Racher* [334]. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Verschiebung u der Verbindung Gl. (10.6) genügt und das Verformungsverhalten mit den Verschiebungsmoduln K_a und K_b beschrieben werden kann, s. K_{ser} und $K_{u,\text{mean}}$ nach Abschn. 10.3.3, demnach dass elastisches Verhalten vorliegt oder angenommen wird.

Der Bemessungswert der Tragfähigkeit $R_{j,d}$ wird zunächst nach Gl. (10.7) aus der Summe der Bemessungswerte der Tragfähigkeiten $R_{j,a,d}$ und $R_{j,b,d}$ gebildet, die wiederum jeweils aus der Anzahl der Tragfähigkeit der einzelnen Verbindungsmittel des Typs a , b ermittelt werden, s. Gl. (10.8) und (10.9).

$$u = u_a = u_b \quad (10.6)$$

$$R_{j,d} = R_{j,a,d} + R_{j,b,d} \quad (10.7)$$

$$R_{j,a,d} = n_{a,ef} R_{a,1,d} \quad (10.8)$$

$$R_{j,b,d} = n_{b,ef} R_{b,1,d} \quad (10.9)$$

Mit den Beziehungen (10.10) und (10.11), s. Abschn. 23.1.2, wird der Bemessungswert der anteiligen Tragfähigkeit $R_{j,a,d}$ nach Gl. (10.12) bestimmt, derjenige der anteiligen Tragfähigkeit $R_{j,b,d}$ entsprechend:

$$u = R_{j,d}/K \quad (10.10)$$

$$u = u_a = u_b = R_{j,a,d}/K_{a,n} = R_{j,b,d}/K_{b,n} \quad (10.11)$$

$$R_{j,a,d} = R_{j,b,d} \cdot \frac{K_{a,n}}{K_{b,n}} = (R_{j,d} - R_{j,a,d}) \cdot \frac{K_{a,n}}{K_{b,n}} \quad (10.12)$$

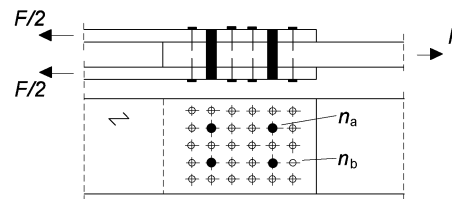
$$R_{j,a,d} = R_{j,d} \cdot \frac{K_{a,n}}{K_{a,n} + K_{b,n}} \quad (10.13a) \quad R_{j,b,d} = R_{j,d} \cdot \frac{K_{b,n}}{K_{a,n} + K_{b,n}} \quad (10.13b)$$

$n_{a(b),ef}$	wirksame Anzahl der Verbindungsmittel des Typs $a(b)$ nach Abschn. 10.3.4
$n_{a(b)}$	Anzahl der Verbindungsmittel des Typs $a(b)$
$R_{j,d}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit aller Verbindungsmittel in der Verbindung
$R_{j,a,d}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit aller Verbindungsmittel des Typs a
$R_{j,b,d}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit aller Verbindungsmittel des Typs b
$R_{a,1,d}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit eines einzelnen Verbindungsmittels des Typs a
$R_{b,1,d}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit eines einzelnen Verbindungsmittels des Typs b
$K_{a(b),1}$	Verschiebungsmodul eines einzelnen Verbindungsmittels a und b
	= K_{ser} für Nachweise der Gebrauchstauglichkeit nach Abschn. 10.3.3
	= $K_{u,mean}$ für Nachweise der Tragfähigkeit nach Abschn. 10.3.3
$K_{a(b),n}$	Verschiebungsmodul aller Verbindungsmittel des Typs $a(b)$ in der Verbindung
	= $n_{a(b)} \cdot K_{a(b),1}$

10

10.11 Verbindung mit unterschiedlichen Verbindungsmitteltypen a, b nach Racher [334]

n_a Anzahl des Verbindungsmittels Typ a
 n_b Anzahl des Verbindungsmittels Typ b

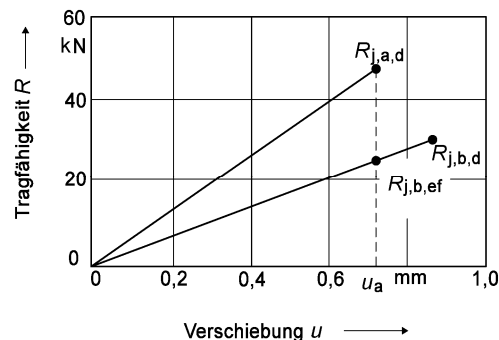


Ein Verbindungsmittel mit großem Verschiebungsmodul K besitzt in einer derartigen Verbindung auch den größeren Anteil an der Tragfähigkeit $R_{j,d}$, s. Gl. (10.13a) und (10.13b). Bei Kombination einer starren (spröden) geklebten Verbindung ($K \rightarrow \infty$) mit nachgiebigen Verbindungsmitteln übertragen die nachgiebigen Verbindungsmittel rechnerisch (und praktisch) keine Kraft. Deshalb dürfen nach DIN 1052 geklebte Verbindungen und mechanische Verbindungsmittel oder andere Verbindungen nicht als gemeinsam wirkend in Rechnung gestellt werden.

$$R_{j,tot,d} = \min \left\{ n_{a,ef} \cdot R_{a,1,d} \cdot \frac{K_{a,n} + K_{b,n}}{K_{a,n}} \quad \text{oder} \quad n_{b,ef} \cdot R_{b,1,d} \cdot \frac{K_{a,n} + K_{b,n}}{K_{b,n}} \right\} \quad (10.14)$$

Ein Zusammenwirken verschiedener Verbindungsmittel kann nur bei etwa vergleichbarer Nachgiebigkeit, d. h. duktilem Tragverhalten, erwartet werden. Ein vollständiges Zusammenwirken liegt dann vor, wenn die Verformung beider Verbindungsmitteltypen gleich groß ist; demnach können die Tragfähigkeiten zweier Verbindungsmitteltypen nur bei gleicher Verformung zur Gesamttragfähigkeit addiert werden, s. Bild 10.12; mit Gl. (10.14) wird dieselbe anteilige Aufteilung der Gesamttragfähigkeit für gleiche Verformung erzielt. Gl. (10.14) gewährleistet damit eine wirklichkeitsnähere Aufteilung als Gl. (10.13), mit der die Gesamttragfähigkeit beider Verbindungsmitteltypen nach den jeweiligen Steifigkeiten verteilt wird. In einigen Verbindungen kann jedoch die Gesamttragfähigkeit durch zusätzliche andere Verbindungsmitteltypen nicht erhöht werden.

- 10.12** Kraft- Verschiebungs-Diagramm einer Holzverbindung mit zwei Verbindungsmitteltypen a, b unterschiedlicher Nachgiebigkeiten nach *Erläut. zu DIN 1052: 2004-08* [39], Beispiel;
Ermitteln des Bemessungswertes der Gesamttragfähigkeit $R_{j,tot,d}$ der Verbindung:
 $R_{j,tot,d} = R_{j,a,d} + R_{j,b,ef}$
 $R_{j,b,ef}$ wirksame Tragfähigkeit der Verbindungsmittel b bei gleich großer Verschiebung u_a der Verbindungsmittel a
weitere Bezeichnungen s. Bild 10.10



10.3.6 Holzverbindungen unter wechselnden Beanspruchungen

Bauteile unter wechselnden Beanspruchungen sind Bauteile, die wiederholt durch Zugkräfte F_t und Druckkräfte F_c belastet werden, d. h. Bauteile mit wechselnden Lastrichtungen bzw. Vorzeichenänderungen. Dies gilt sinngemäß auch für Bauteile, die mit wechselnden Biegemomenten $\pm M$ beansprucht werden, z. B. Rahmenecken. Wechselnde Beanspruchungen bewirken eine Abnahme der Tragfähigkeit einer Verbindung gegenüber einer Verbindung unter ständiger oder Schwell-Belastung. Wechselnde Beanspruchungen ermüden die Lochleibungsfestigkeit des Holzes und die Verbindungsmittel, die Tragfähigkeit wird besonders unter mittlerer bis ständiger Lasteinwirkungsdauer reduziert, s. Abschn. 1.10.5.

Wechselbeanspruchte Verbindungen sind nach DIN 1052: 2004-08 für den größten Bemessungswert F_d nach Gl. (10.15) nachzuweisen, der Nachweis darf bei kurzer Lasteinwirkungsdauer nach Abschn. 7.3.2 entfallen. Darüber hinaus müssen die Verbindungsmittel auch die anstehenden Zug- bzw. Druckkräfte übertragen können.

$$F_d = \max \{ F_{t,d} + 0,5 \cdot F_{c,d} \quad \text{oder} \quad F_{c,d} + 0,5 \cdot F_{t,d} \} \quad (10.15)$$

$F_{t,d}$ Bemessungswert der Zugtragfähigkeit einer Holzverbindung

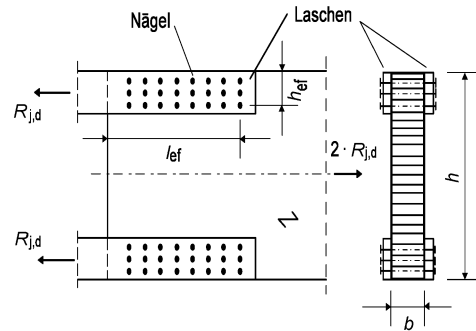
$F_{c,d}$ Bemessungswert der Drucktragfähigkeit einer Holzverbindung

Die Wechselbeanspruchung einer Holzverbindung wird demnach durch eine erhöhte Beanspruchung berücksichtigt, die aus der vorliegenden Zug- oder Druckbeanspruchung und aus der Hälfte der jeweilig entgegengesetzt wirkenden Beanspruchung besteht. Dadurch kann die Bemessung der Holzverbindung mit der „normalen“ Tragfähigkeit R_d für vorwiegend ruhende Lasten nach Abschn. 11 bis 13 geführt werden.

10.3.7 Scher- oder Zugversagen (Blockscheren) bei Holzverbindungen

Eine Holzverbindung mit stiftförmigen mechanischen Verbindungsmitteln kann nach DIN 1052: 2004-08 im Bereich der Verbindungsmittel auch durch ein Scherversagen des Holzes parallel zur Faserrichtung entlang der äußeren Verbindungsmittelreihen oder durch ein Zugversagen des Holzes rechtwinklig dazu versagen, s. Bild 10.13, bevor die Tragfähigkeit der Verbindung erreicht wird. In diesen Fällen, die überwiegend bei konzentrierten Verbindungsmittelgruppen wie in Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen auftreten können und auch als Blockscheren bezeichnet werden, bestimmen nicht die Tragfähigkeit der Verbindungsmittel, sondern die Festigkeitseigenschaften des Holzes die Bemessung.

- 10.13 Holzverbindung unter Zugbeanspruchung mit beidseitigen Laschen und Verbindungsmittelgruppen am Beispiel einer Nagelverbindung, mögliches Versagen des Holzes im Bereich der oberen und unteren Verbindungsmittelgruppe durch Blockscheren vor Erreichen der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel entweder durch Scherversagen des Holzes entlang der Verbindungsmittelreihen mit der Scherflächenlänge l_{ef} oder durch Zugversagen des Holzes rechtwinklig dazu mit der Zugflächenhöhe h_{ef}



Beim Blockscheren versagt zunächst eine der Flächen für Scheren $A_{v,ef}$ parallel zur Faserrichtung oder für Zug $A_{t,ef}$ rechtwinklig dazu, s. Bild 10.13. Da bei Holz sprödes Scher- und Zugversagen vorliegen, können die Tragfähigkeiten der Scher- und Zugflächen nicht gleichzeitig zusammenwirken. Deshalb wird beim Nachweis des Blockscherens nach *Erläut. zu DIN 1052: 2004-08* [39] und *Racher* [334] angenommen, dass die gesamte Kraft der Verbindung entweder über die wirksame Scherfläche $A_{v,ef}$ oder über die wirksame Zugfläche $A_{t,ef}$ übertragen wird, s. Gl. (10.16) und (10.17). Die Bemessungswerte der Tragfähigkeiten bei Scher- und Zugversagen $R_{v,d}$ bzw. $R_{t,0,d}$ können nach Gl. (10.18) und (10.19) ermittelt werden.

$$A_{v,ef} = b \cdot l_{ef} \quad (10.16)$$

$$A_{t,ef} = b \cdot h_{ef} \quad (10.17)$$

$$R_{v,d} = A_{v,ef} \cdot f_{v,d} \quad (10.18)$$

$$R_{t,0,d} = A_{t,ef} \cdot f_{t,0,d} \quad (10.19)$$

Aus diesem Grunde sollte als Bemessungswert der Tragfähigkeit bei Blockscheren $R_{BS,d}$ nur der größere Wert aus den Tragfähigkeiten bei Scher- oder Zugversagen nach Gl. (10.20) in Rechnung gestellt werden. Der Nachweis des Blockscherens kann nach Gl. (10.21) geführt werden, danach darf die Tragfähigkeit der Verbindungsmittelgruppe $R_{j,d}$ nicht größer sein als die Tragfähigkeit bei Blockscheren $R_{BS,d}$.

$$R_{BS,d} = \max\{R_{v,d} \text{ oder } R_{t,0,d}\} \quad (10.20)$$

$$\frac{R_{j,d}}{R_{BS,d}} \leq 1 \quad (10.21)$$

$A_{t,ef}$	wirksame Zugfläche nach Bild 10.13
$A_{v,ef}$	wirksame Scherfläche nach Bild 10.13
b, h	Breite bzw. Höhe des Holzquerschnitts
$f_{t,0,d}$	Bemessungswert der Zugfestigkeit in Faserrichtung des Holzes nach Gl. (8.5)
$f_{v,d}$	Bemessungswert der Schubfestigkeit des Holzes nach Gl. (8.5)
h_{ef}	wirksame Höhe der Zugfläche nach Bild 10.13
l_{ef}	wirksame Länge der Scherfläche nach Bild 10.13
$R_{BS,d}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit bei Blockscheren
$R_{j,d}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit der Verbindungsmittelgruppe nach Abschn. 11
$R_{t,0,d}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit bei Zugversagen
$R_{v,d}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit bei Scherversagen