



**Gesellschaft
zur Förderung des Zimmerer-
und Holzbaugewerbes mbH**

Fachvortrag

**E – DIN 1052 –
Die Berechnung der Verbindungsmittel**

Dr.-Ing. Karin Lißner
Ingenieurbüro Dr. Lißner, Dresden

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Rug
Fachhochschule Eberswalde

E- DIN 1052- Die Berechnung der Verbindungsmittel - Stiftförmige Verbindungsmittel und Dübel besonderer Bauart

Dr.-Ing. Karin Lißner, Ingenieurbüro Dr. Lißner, Dresden (www.altbauplanung.de)
Prof. Dr. Wolfgang Rug, FH Eberswalde (www.holzbau-statik.de)

Achtung: Die nachfolgenden Aussagen zur DIN 1052 neu beziehen sich auf die z. Zt letzte Fassung. Es können sich noch einige Änderungen ergeben. Daher kann sich der Beitrag auch nur auf den Entwurf beziehen und Tendenzen aus den bisherigen Ergebnissen aus Forschung /2/, /3/, /4/und Praxis aufzeigen .

I. Stiftförmige Verbindungsmittel

1. Allgemeines

Ein konkurrenzfähiger Holzbau ist ohne leistungsfähige Verbindungen nicht denkbar. Beim Entwurf von Verbindungen kann der Konstrukteur auf eine Vielzahl von Verbindungsmitteln mit den unterschiedlichsten Eigenschaften zurückgreifen.

Ein wesentliches Kennzeichen für eine hohe Leistungsfähigkeit von Verbindungsmitteln ist eine möglichst hohe Lastaufnahme bei geringer Verformung.

Klebeverbindungen können hohe Beanspruchungen bei sehr geringen Verformungen aufnehmen. Sie werden deshalb auch als „starre“ Verbindungen bezeichnet. Alle anderen Verbindungsmittel zählt man zu den „nachgiebigen“ Verbindungsmitteln.

Die DIN 1052 /1/ enthält Regeln zu folgenden Verbindungen:

- Verbindungen mit stiftförmigen metallischen Verbindungsmitteln
- Verbindungen mit sonstigen mechanischen Verbindungsmitteln
- Geklebte Verbindungen
- Zimmermannsmässige Verbindungen

Bei Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln handelt es sich um Verbindungen mit Stabdübeln, Nägeln, Bolzen bzw. Gewindestangen, Holzschrauben und Klammern. Stiftförmige Verbindungsmittel können Beanspruchungen senkrecht zur Stiftachse (**Beanspruchung auf Abscheren**) und parallel zur Stiftachse (**Beanspruchung auf Herausziehen**) übertragen.

Das Tragverhalten stiftförmiger Verbindungsmittel bei Beanspruchung auf **Abscheren** wird im wesentlichen durch zwei Brucharten bestimmt, einmal durch den Bruch infolge Überschreitung der Biegefestigkeit des Verbindungsmittels und andererseits durch die Überschreitung der Lochleibungsfestigkeit der Holzwerkstoffe in den Verbindungen. Damit wird klar, dass die Tragfähigkeit wesentlich durch die Geometrie der Verbindungsmittel, die Festigkeiten der Verbindungsmittelwerkstoffe und der zu verbindenden Baustoffe abhängt.

Eine optimale Auslastung der Verbindungsmittel ist immer dann gegeben, wenn die Schlankheit des Verbindungsmittels auf der Grenze zwischen beiden Bruchkriterien liegt.

Die Beanspruchung stiftförmiger Verbindungsmittel auf **Herausziehen** kann dagegen nur über Reibung und Haftverbund entlang der Einbindelänge aufgenommen werden. Daraus ergibt sich, dass glattschaftige Verbindungsmittel, wie zum Beispiel Nägel, nur bedingt in der Lage sind, nennenswerte Haftkräfte unter Dauerlast zu aktivieren und das Tragverhalten von der Holzfeuchte oder Trocknungsvorgängen wesentlich beeinflusst wird. Dagegen sind profilierte Verbindungsmittel (wie z.B. Schrauben-, oder Rillennägel, Holzschrauben) durchaus in der Lage, auch dauernde Beanspruchungen auf Herausziehen aufzunehmen.

Die Grundlagen der Berechnung von Verbindungsmitteln sind in der E DIN 1052 /1/ völlig neu geregelt. Die Tragfähigkeit von stiftförmigen Verbindungsmittel auf Abscheren kann nach E DIN 1052 auf zwei Wegen bestimmt werden.

Einmal durch die Nutzung des in Anhang G der Norm angegebenen genauen Nachweisverfahrens oder durch die in Abschnitt 12.2 festgelegten Regeln für eine näherungsweise Berechnung. In recht aufwendigen Formeln können bei Benutzung der genauen Rechenregeln für die Bestimmung des Bemessungswertes der Tragfähigkeit gleichzeitig mehrere einflussgebende Parameter, wie die Werkstofffestigkeit der zu verbindenden Stoffe, die Materialdicken, und das tatsächliche Tragvermögen der Verbindungsmittel in Abhängigkeit von ihrer Stahlfestigkeit berücksichtigt werden. Beim genauen Rechenverfahren sind keine Mindestmaterialdicken zu beachten. Die Tragfähigkeit muss aber für jede theoretisch denkbare Versagensmöglichkeit der Verbindung errechnet werden und der kleinste Wert ist maßgebend (s. Tabelle 2).

Beim Näherungsverfahren beschränkt man sich auf eine Berechnungsformel, die das Ausbilden von zwei plastischen Gelenken im Verbindungsmittel voraussetzt. Hierbei sind für jedes Verbindungsmittel und für unterschiedliche Holzarten unterschiedliche Mindestholzdicken zu berücksichtigen.

Bei beiden Verfahren wird in /1/ wie auch im EC 5 /2/ bei der Berechnung des Bemessungswertes der Tragfähigkeit der vorher ermittelte charakteristische Wert der Tragfähigkeit über einen Modifikationsbeiwert k_{mod} korrigiert. Dadurch wird der Einfluss der Holzfeuchte und der Einfluss der Lastdauer auf die Tragfähigkeit berücksichtigt /3/.

Höherfestere Holzarten, wie zum Beispiel Laubholz oder maschinell sortiertes Brettschichtholz gehen direkt in die Berechnung über ihre charakteristischen Lochleibungsfestigkeiten ein, Ihre Werte lassen sich im Allg. aus ihren charakteristischen Rohdichten berechnen.

Nach der alten und zur Zeit gültigen DIN 1052 (nach zulässigen Spannungen) erfolgte dies nicht so differenziert wie in der neuen DIN. Es gelten zur Zeit noch die folgenden pauschalen Erhöhungs- bzw. Abminderungsfaktoren (s. Tabelle 1):

Tabelle 1: Erhöhungsfaktoren zur Berücksichtigung der Lastwirkungsdauer oder höherfesterer Holzarten nach DIN 1052:1988/1996

Erhöhungsfaktoren:	
Lastfall HZ	1,25
Ausnahmen:	
-Für Stahlteile, bei denen die Beanspruchung des Stahles maßgebend wird	
-Nägel auf Herausziehen	
-Klammern auf Herausziehen	
Transport- und Montagezustand	1,25
Waagerechte Stoß- und Erbebenlasten	2,00
Abhebenachweis mit Berücksichtigung der Windsogspitzen nach DIN 1055 Teil 4	1,80
Anschluss mit Laubholz/Holzwerkstoffe	
Nagelverbindungen, vorgebohrt in Laubholz	1,5
Nagelverbindungen in Baufurniersperrholz nach DIN 68705-05, nicht vorgebohrt	1,2
Nagelverbindungen in Baufurniersperrholz nach DIN 68705-03, vorgebohrt	1,25
Nagelverbindungen in Baufurniersperrholz nach DIN 68705-05, mindestens siebenlagig, vorgebohrt	1,5
Nagelverbindungen in Flachpressplatten nach DIN 68763, vorgebohrt	1,25
Anschluss mit Stahlteilen	1,25
Ausnahme:	
-Dübel besonderer Bauart	

Abminderungsfaktoren:

Bei Feuchteeinwirkungen sind die zulässigen Belastungen bei Verbindungen mit Holz i.A. auf 5/6 bzw. 2/3 zu ermäßigen.

Bei Verbindungen mit Holzwerkstoffen sind die zulässigen Belastungen bei Feuchten über 18% für mehrere Wochen zwischen 3/4 und 2/3 abzumindern.

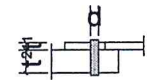
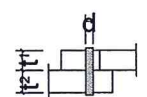
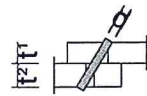
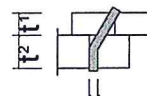
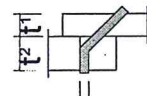
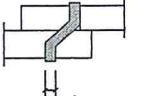
2. Grundlagen

Die rechnerischen Grundlagen für die Beanspruchung von stiftförmigen Verbindungsmitteln auf Abscheren wurden erstmals in dem Entwurf der neuen DIN 1052 /1/ vereinheitlicht. Die Vereinheitlichung basiert auf der Arbeit von Johansen aus dem Jahre 1949.

Als genaues Nachweisverfahren gelten gemäß Abschnitt 12.2.1 (2) der Norm /1/ die im Anhang G der Norm vollständig zusammengestellten Johansen- Formeln (siehe Tabelle 2 am Beispiel der

einschnittigen Holz/Holz- Verbindung, zu zweischnittigen Holz/Holz- Verbindungen und Holz/Stahl- Verbindungen siehe /1/).

Tabelle2: Gleichungen für die Berechnung der charakteristischen Tragfähigkeit R_k von einschnittig beanspruchten stiftförmigen metallischen Verbindungsmitteln pro Scherfuge und Verbindungsmittel zur Verbindung von Holz- bzw. Holzwerkstoffbauteilen (R_k ist für alle Versagensarten zu berechnen und der kleinste Wert ist maßgebend)

Berechnungsgleichung für den charakteristischen Wert R_k	γ_M zur Berechnung von R_d	Gleichung in DIN 1052	Versagensart
$R_k = f_{h,i,k} \cdot t_1 \cdot d$	1,3	G.1	
$R_k = f_{h,i,k} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta$	1,3	G.2	
$R_k = \frac{f_{h,i,k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \left\{ \sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right]} + \beta^2 \cdot \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right\}$	1,3	G.3	
$R_k = \frac{f_{h,i,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h,i,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right]$	1,2	G.4	
$R_k = \frac{f_{h,i,k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2\beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h,i,k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right]$	1,2	G.5	
$R_k = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,i,k} \cdot d}$	1,1	G.6	

Für den praktischen Gebrauch hat man vereinfachte Formeln im Abschnitt 12.2. /1/ zusammengestellt, um dem Praktiker die Berechnung von Verbindungsmitteln bei Beanspruchung auf Abscheren zu erleichtern. Die nachfolgenden Ausführungen zur Tragfähigkeit bei Beanspruchung auf Abscheren beziehen sich ausschließlich auf das Näherungsverfahren.

2.1 Randabstände, Abstände untereinander

Die Verbindungsmittel können ihre rechnerische Lastaufnahme bei Beanspruchung auf Abscheren nur dann voll entfalten, wenn bestimmte Randabstände zu den Querschnittsrändern und zwischen den in einer Reihe hintereinander angeordneten Verbindungsmitteln eingehalten werden. Andernfalls versagt das Holz wegen ungenügender Vorholzlänge, noch bevor die volle Tragfähigkeit erreicht ist. Die Einhaltung der Randabstände ist deshalb eine wichtige konstruktive Voraussetzung für die Gültigkeit der Berechnungsformeln.

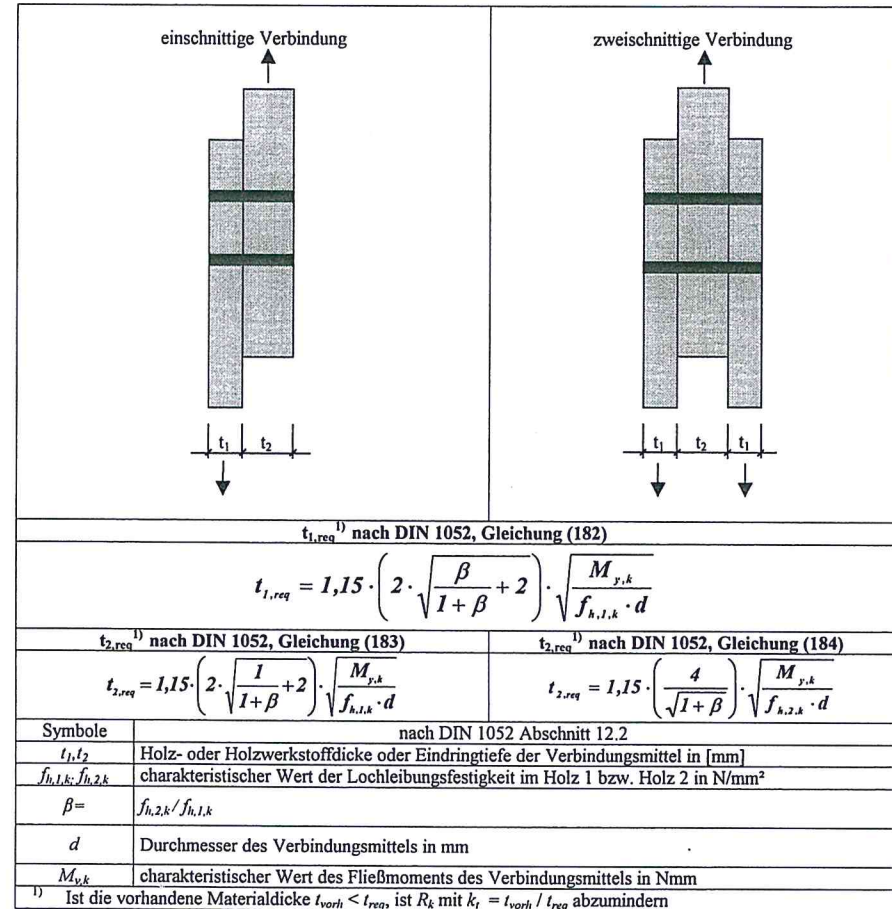
2.2 Mindestdicken der zu verbindenden Bauteile, Mindestdicken Verbindungsmittel

Je nach Beanspruchung, Art des Holzwerkstoffes und des Verbindungsmittels ist zur Sicherstellung der Funktionsfähigkeit der Verbindung ein Mindestquerschnitt oder eine Mindestmaterialdicke erforderlich (s. Bild 1). Sonst besteht zum Beispiel die Gefahr, dass schon beim Einbringen der Verbindungsmittel das Holz aufspaltet (z.B. beim Nageln), Spaltzugkräfte bei Einleitung von Zug- oder Druckkräften die Verbindung zerstören oder Verbindungsmittel sich durch Materialien hindurchziehen (z.B. bei Deckenverkleidungen aus Holzwerkstoffen).

Auch bei diesen Regeln der Norm handelt es sich um konstruktive Voraussetzungen zur Gewährleistung der Stand- und Tragsicherheit sowie der Gebrauchstauglichkeit von Verbindungen.

Die Einhaltung von Mindestabmessungen für Verbindungsmittel dient ebenfalls dem Ziel, ein vorzeitiges Versagen der Verbindungsmittel zu verhindern. Bild 1. Mindestholzdicken nach DIN-Entwurf /1/

Bild 1: Berechnung der Mindestholzdicke, für stiftförmiger Verbindungsmittel nach DIN 1052, Abschnitt 12.2.2



3. Verbindungen von Bauteilen

Hier unterscheidet die Norm zwei Arten:

- Verbindungen aus Holz und/oder Holzwerkstoffen (Bild 1)
- Stahlblech- Holz- Verbindungen (Bild 2)

3.1 Verbindungen von Bauteilen aus Holz und/oder Holzwerkstoffen

Die klassischen Holzbauverbindungen werden aus zwei oder mehreren Hölzern hergestellt, welche aus praktischen Gründen i.A. aus einer Holzart und gleicher Festigkeitsklasse bestehen. Mit den neuen Berechnungsgrundlagen der neuen DIN 1052 lassen sich aber auch Verbindungen aus Holz unterschiedlicher Holzarten und Festigkeitsklassen oder aus Holz und Holzwerkstoffen berechnen.

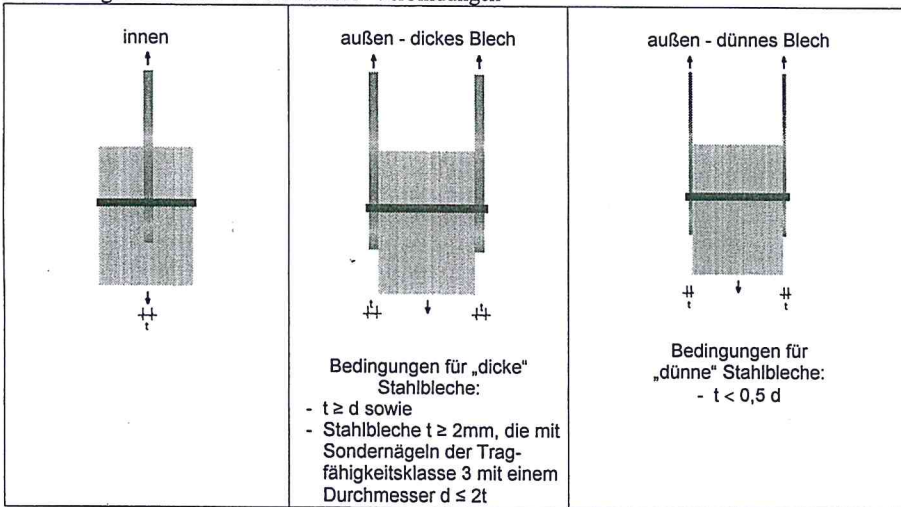
3.2 Stahlblech- Holz- Verbindungen

Die Leistungsfähigkeit einer Holzbauverbindung kann in Kombination mit Stahlblechen wesentlich erhöht werden. So erhöhen außenliegende „dicke“ Stahlbleche die Tragfähigkeit durch örtliche Verstärkung im Kopfbereich und mit eingeschlitzten Stahlblechen kann gezielt eine tragfähigkeitserhöhende Mehrschnittigkeit hergestellt werden.

Die Norm unterscheidet bei stiftförmigen Verbindungen zwei Arten von Stahlblech- Holz- Verbindungen (Bild 2):

- Verbindungen mit innenliegenden Stahlblechen und mit außenliegenden „dicken“ Blechen
- Verbindungen mit außenliegenden „dünnen“ Blechen

Bild 2. Lage der Bleche bei Stahl/Holz- Verbindungen



4. Stiftförmige Verbindungsmittel- Beanspruchung senkrecht zur Stiftachse (Beanspruchung auf Abscheren - Näherungsverfahren)

4.1. Verbindungen von Bauteilen aus Holz und/ oder Holzwerkstoffen

Bei Einhaltung der Mindestholzdicken $t_{1,req}$ und $t_{2,req}$ nach GL. (182) und (189) des neuen Entwurfes der DIN 1052 /1/ erfolgt die Berechnung des **charakteristischen Wertes der Tragfähigkeit R_k pro Scherfuge und Verbindungsmittel** nach GL. (181):

$$R_k = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{k,1,k} \cdot d};$$

Hierin bedeuten:

$$\beta = f_{h,2,k} / f_{h,1,k}$$

$f_{h,1,k}; f_{h,2,k}$ charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit im Holz 1 bzw. 2,

d Durchmesser des Verbindungsmittels,

$M_{y,k}$ charakteristischer Wert des Fließmoments des Verbindungsmittels

Bei geringeren Holzdicken t_1 oder t_2 als die Mindestdicken $t_{1,req}$ bzw. $t_{2,req}$ ist der charakteristische Wert R_k mit dem jeweils kleinerem Wert von $t_1/t_{1,req}$ und $t_2/t_{2,req}$ zu multiplizieren.

Bei der Betrachtung der Formel wird deutlich, dass auch beim vereinfachten Verfahren die Tragfähigkeit von der **Lochleibungsfestigkeit** des zu verbindenden Materials und dem **Fließmoment** der gewählten Verbindungsmittel abhängt. Damit kann der Tragwerksplaner Materialkombinationen wählen und er erhält durch die Wahl verschiedener Festigkeiten freiere Gestaltungsmöglichkeiten.

Der **Bemessungswert der Tragfähigkeit R_d pro Scherfuge und Verbindungsmittel** wird dann nach GL. (185 /1/) berechnet:

$$R_d = \frac{k_{mod} \cdot R_k}{\gamma_M};$$

mit

$\gamma_M = 1,1$ Wert für auf Biegung beanspruchten Stahl

Hierin bedeuten:

R_k charakteristischer Wert der Tragfähigkeit pro Scherfuge und Verbindungsmittel

γ_M Teilsicherheitsbeiwert für Festigkeitseigenschaften (s. Abschn. 5.1, Tab. 1 in /1/)

k_{mod} Modifikationsbeiwert, der den Einfluss der Nutzungsklasse und der Lasteinwirkungsdauer auf die Festigkeitseigenschaften berücksichtigt (s. Abschn. 7.1.3, Absatz (1) in /1/)

Sind zum Beispiel aufgrund unterschiedlicher Materialverwendung bei Holzwerkstoff-Holz- Verbindungen die Modifikationsbeiwerte k_{mod} unterschiedlich groß, dann ist k_{mod} nach GL. (186) in /1/ zu bilden:

$$k_{mod} = \sqrt{k_{mod,1} \cdot k_{mod,2}}$$

4.2 Stahlblech- Holz- Verbindungen

Bei Einhaltung der **Mindestholzdicke** t_{req} errechnet sich der **charakteristische Wert der Tragfähigkeit R_k pro Scherfuge und Verbindungsmittel** nach der Gleichung (187) in // für innen liegende Stahlbleche und außen liegende „dicke“ Stahlbleche:

$$R_k = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d}$$

sowie für außen liegende „dünne“ Bleche nach der Gleichung (189) in //

$$R_k = \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d}$$

Innenliegende Bleche und außen liegende dicke Bleche haben gegenüber außenliegenden dünnen Blechen bzw. Holz-Holz- Verbindungen aus gleichen Holzwerkstoffen eine um das 1,414- fache höhere Tragfähigkeit.

Der Bemessungswert der Tragfähigkeit R_d pro Scherfuge und Verbindungsmittel wird wieder nach Gleichung (185), Abschnitt 12.2.1 in // ermittelt.

4.3 Stabdübel/ Passbolzen, Bolzen, Gewindebolzen und Holzschrauben mit Durchmesser ab 8mm

4.3.1 Stabdübel / Passbolzen

Stabdübel sind an den Enden angefaste zylindrische Stifte mit glatter Oberfläche und geringer Dickentoleranz (+/- 0,1 mm). Der Mindestdurchmesser beträgt 6 mm, der Maximaldurchmesser 30 mm. Charakteristische Festigkeitskennwerte sowie Vorzugsgrößen für Stabdübel sind im Anhang G in // enthalten.

Bei außen liegenden Stahlblechen sind anstelle der Stabdübel Passbolzen zu verwenden.

Als **Passbolzen** bezeichnet man stiftförmige Verbindungsmittel mit Kopf und Mutter an den Enden.

Nach DIN 1052 Anhang G.3 // sind drei Festigkeitsklassen für Stabdübel angegeben. Die Tragfähigkeit einer Stabdübel-, Passbolzenverbindung kann durch Verwendung von Dübeln einer höheren Festigkeitsklasse gezielt beeinflusst werden.

Die Löcher im Holz sind mit dem Nenndurchmesser der Dübel zu bohren. Bei Stahlblech-Holz-Verbindungen werden die Löcher im Stahlteil 1mm größer als der Nenndurchmesser des Stabdübels gebohrt.

Eine tragende Verbindung muss mindestens vier Scherflächen haben, dabei sollten mindestens zwei Stabdübel vorhanden sein. In Ausnahmefällen sind Verbindungen mit nur einem Stabdübel zulässig, wenn der charakteristische Wert der Tragfähigkeit nur zur Hälfte berücksichtigt wird.

Die Tragfähigkeit von Holzbauverbindungen mit Stabdübeln/Passbolzen, Bolzen, Gewindebolzen und Holzschrauben ab 8 mm Durchmesser kann nach DIN 1052 // berechnet

werden für Vollholz (Nadel- und Laubholz) und Brettschichtholz, Baufurniersperrholz, OSB- und andere kunstharzgebundene Holzspanplatten.

Die Formeln für die Berechnung der charakteristischen Lochleibungsfestigkeit und für die Berechnung des charakteristischen Wertes für das Fließmoment des Stabdübels bzw. Passbolzens sind zusammengestellt in Tabelle 3.

Diese Tabelle gilt auch für Bolzen, Gewindebolzen und Holzschrauben mit Durchmesser ab 8 mm, da sie das gleiche Tragverhalten wie Stabdübel bzw. Passbolzen aufweisen, so dass sich die charakteristischen Werte für die Lochleibungsfestigkeit nach den gleichen Formeln berechnen.

Man erkennt, dass die charakteristische Lochleibungsfestigkeit, wie auch bei der alten Norm vom Winkel zwischen Lastangriff und Faserrichtung abhängt. Die Lochleibungsfestigkeit ist abhängig vom Durchmesser des Verbindungsmittels und von der Rohdichte des gewählten Werkstoffes.

Geht man von einer Beanspruchung parallel zur Faser aus, so ergeben sich für die Rechenwerte der Lochleibungsfestigkeit und das Fließmoment folgende Schlussfolgerungen:

- Die Lochleibungsfestigkeit von Baufurniersperrholz ist wegen der höheren Rohdichte und Vergütung des Materials größer als die von Nadelschichtholz.
- Für Spanplatten, OSB- Platten gibt es bei der Lochleibungsfestigkeit keine Abhängigkeit von der Rohdichte, sondern nur eine Abhängigkeit von der Plattendicke und Verbindungsmitteldurchmesser.
- Das Fließmoment der Holzschrauben ist um 50% niedriger, als das der Stabdübel bei gleichem $f_{u,k}$ (Werkstoffgüte).

Tabelle 3: Berechnung des charakteristischen Wertes für die Lochleibungsfestigkeit (R_k) und des Fließmomentes ($M_{y,k}$) bei Verbindungen mit Stabdübeln/Passbolzen sowie Gewindebolzen bzw. Bolzen und Holzschrauben ab einem Durchmesser von 8mm nach DIN 1052 //1, Abschnitt 12.2.4		
Baustoff	R_k	GI
Holz	Belastung im Winkel zur Faser: $f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$ mit	[192]
	$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$	[193]
	$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d$ (für Nadelhölzer)	[194]
	$k_{90} = 0,90 + 0,015 \cdot d$ (für Laubhölzer)	[195]
	$k_{90} = 1,0 + 0,015 \cdot d$ (für $d \leq 8$ mm)	
Baufurniersperrholz	$f_{h,k} = 0,11 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$	[196]
OSB – Platten und kunstharzgebundene Holzspanplatten	$f_{h,k} = 50 \cdot d^{-0,6} \cdot t^{2,6}$	[197]
$M_{y,k}$		
Stabdübel mit kreisförmigem Querschnitt	$M_{y,k} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$	[198]
Holzschrauben nach DIN 7998 mit $d \geq 4,0$ mm	$M_{y,k} = 0,15 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$	[218]
nach DIN 1052 S.75		
Symbole	charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit unter einem bestimmten Krafrichtungs-Faserneigungswinkel α in [N/mm ²]	
$f_{h,\alpha,k}$	Werkstoffdicke bzw. Eindringtiefe des Verbindungsmittels in [mm]	
t	Verbindungsmitteldurchmesser in [mm]	
d	charakteristische Festigkeitswerte der Stabdübel bzw. Bolzen	
$f_{u,k}$		

Bei **Passbolzen** kann der charakteristische Wert für R_k um einen Betrag ΔR_k erhöht werden, wenn dieser Wert nach GL. (199) ermittelt wurde:

$$\Delta R_k = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,25 \cdot R_k \\ 0,25 \cdot R_{ax,k} \end{array} \right\}$$

Hierin bedeutet:

$R_{ax,k}$ Tragfähigkeit des Passbolzens in Richtung der Stiftachse.

Bei Anordnung von mehreren Stabdübeln in einer Reihe hintereinander nimmt die Gefahr der Aufspaltung des Holzes zu. Deshalb ist die Wirksamkeit mehrerer Dübel hintereinander nach der GL. (200- hier nur dargestellt für Beanspruchung parallel zur Faser, $\alpha = 0^\circ$) zu begrenzen:

$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} n \\ n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{10 \cdot d}} \end{array} \right\}$$

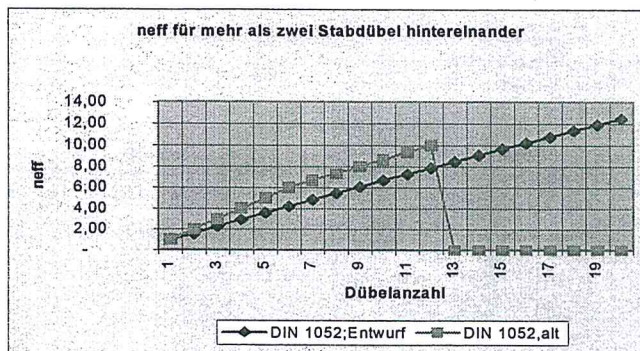
Hierin bedeuten:

n Anzahl der in Faserrichtung hintereinander angeordneten Stabdübel

a_1 Mindestabstände s. /1/

Ein Vergleich mit der Berechnung nach DIN 1052 (zulässige Spannungen /5/) zeigt eine größere Verringerung der rechnerisch ermittelbaren (effektiven) Stabdübelanzahl, als bei der alten DIN /5/ (s. Bild 3).Die neue Norm berechnet die wirksame Dübelanzahl ab dem zweiten Dübel. In der alten Norm /5/ durften mehr als 12 Stabdübel hintereinander nicht in Rechnung gestellt werden. Diese Festlegung enthält der neue Normentwurf /1/ nicht. Zu den einzuhaltenden Mindestabständen siehe Tabelle 8, Abschn. 12.2.4 in /1/.

Bild 3: n_{ef} für mehr als 2 Stabdübel hintereinander



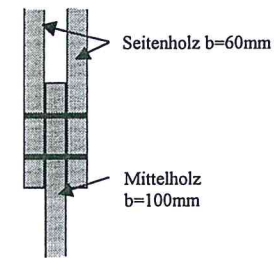
Allerdings entfällt die Berechnung einer wirksamen Dübelanzahl, wenn die Verbindung wirksam rechtwinklig zur Faserrichtung verstärkt wird. Dann kann mit der vollen Anzahl gerechnet werden.

In biegesteifen Verbindungen mit Stabdübelkreisen, in der Fuge nachgiebig verbundener Teile und in aussteifenden Scheiben braucht die wirksame Anzahl nicht berücksichtigt werden. Bei biegesteifen Verbindungen mit mehreren Dübelkreisen ist

$$n_{ef} = 0,85 \cdot n.$$

Tabelle 4: Beispiel- Vergleich der Berechnung einer Stabdübelverbindung zwischen DIN 1052 /5/ und DIN-Entwurf /1/ nach /6/

Annahme: - Zugstab mit 4 Stabdübeln $\varnothing 12\text{mm}$
 - Verbindung zweischneittig



Ausgangswerte	
neue DIN	alte DIN
Stahlgüte: S235 $\rightarrow f_{u,k} = 360 \text{ N/mm}^2$	Stahlgüte wird nicht berücksichtigt
$k_{mod} = 0,80$	-
NH C24 (S10) $\rightarrow \rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$	Nadelholz (NH S10), Rohdichte wird nicht berücksichtigt
Berechnung der Tragfähigkeit des Anschlusses	
-Charakteristisches Fließmoment des Stahles	-Zulässige Tragfähigkeit eines Stabdüfels
$M_{y,k} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$ $= 0,3 \cdot 360 \cdot 12^{2,6}$ $= 69070,88 \text{ Nmm}$	Seitenholz: $zul.N_{st} = zul \sigma_1 \cdot a \cdot d_{st,b}$ $= 2 \cdot 5,55 \cdot 60 \cdot 12 / 1000$ $= 7,92 \text{ kN}$
-Charakteristische Lochleibungsfestigkeit des Holzes	$zul.N_{st} = 2 \cdot B \cdot d_{st,b}^2$ $= 2 \cdot 33 \cdot 12^2 / 1000$ $= 9,5 \text{ kN}$
$f_{h,l,k} = f_{h,o,k} = f_{h,z,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$ $= 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 350$ $= 25,26 \text{ N/mm}^2$	Mittelholz: $zul.N_{st} = zul \sigma_1 \cdot a \cdot d_{st,b}$ $= 8,5 \cdot 100 \cdot 12 / 1000$ $= 10,2 \text{ kN}$
-Charakteristische Tragfähigkeit	
$R_k = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,l,k} \cdot d}$ mit $\beta = \frac{f_{h,z,k}}{f_{h,l,k}} = 1,0$	

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 1,0}{1 + 1,0}} \sqrt{2 \cdot 69070,88 \cdot 25,26 \cdot 12} \cdot \frac{1}{1000}$$

$$= 6,47 \text{ kN}$$

- Bemessungswert der Tragfähigkeit

$$R_d = \frac{k_{mod} \cdot R_k}{\gamma_M}$$

$$= \frac{0,8 \cdot 6,47 \text{ kN}}{1,1}$$

$$= 4,71 \text{ kN}$$

nach Tabelle 6.2-7 in /6/ erhält man $R_d = 4,71 \text{ kN}$

→ Vergleich zur DIN 1052:1988/1996 mit dem Mittelwert der Lastfaktoren ($\gamma_G = 1,35$ und $\gamma_Q = 1,5$):

$$R_{d,DIN} = R_d / 1,42$$

$$= 3,31 \text{ kN (Tragfähigkeit pro Scherfuge und Verbindungsmittel)}$$

$$zul.N_{st} = 2 \cdot b \cdot d_{st} \cdot b^2$$

$$= 51 \cdot 12^2 / 1000$$

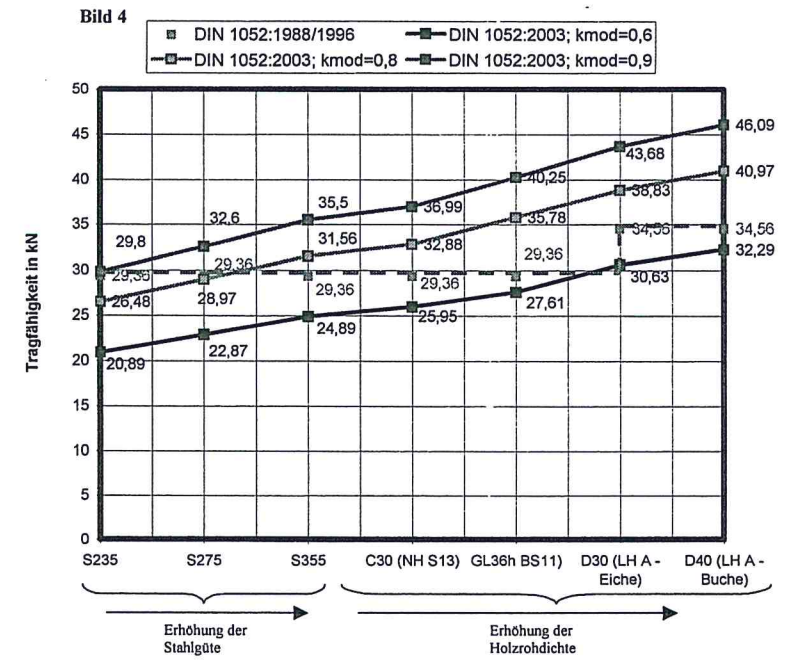
$$= 7,34 \text{ kN (maßgebend!)}$$

(Tragfähigkeit pro Verbindungsmittel)

Tragfähigkeit des Anschlusses	Anschlüsse
- Bemessungswert der Tragfähigkeit gesamte Verbindung	- Zulässige Tragfähigkeit der gesamten Verbindung
$R_{d,gesamt} = n_{sf} \cdot n_{Scherfugen} \cdot n_{Reihen} \cdot R_d$	$zul.N_{st,gesamt} = n_{sf} \cdot n_{Reihen} \cdot zul.N_{st}$
$R_{d,gesamt} = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3,31 \text{ kN} = 26,48 \text{ kN}$	$zul.N_{st,gesamt} = 2 \cdot 2 \cdot 7,34 \text{ kN}$
	$zul.N_{st,gesamt} = 29,36 \text{ kN}$

Tragfähigkeit des Anschlusses bei Erhöhung der Stahlgüte (Holzgüte C24 [NH S10])				
	zul.N _{st}	k _{mod} =0,6	k _{mod} =0,8	k _{mod} =0,9
S235	29,36	20,89	26,48	29,8
S275	29,36	22,87	28,97	32,6
S355	29,36	24,89	31,56	35,5

Tragfähigkeit des Anschlusses bei Erhöhung der Holzgüte (Stahlgüte S355)		
	zul.N _{st}	zul.N _{st,gesamt}
C30 (NH S13)	29,36	25,95
GL36h (BS11)	29,36	27,61
D30 (LH A - Eiche)	34,56	30,63
D40 (LH A - Buche)	34,56	32,29



Die Beispielrechnung mit einer Verbindung mit 4 Stabdübeln (Tab. 2) zeigt folgendes Ergebnis (Bild 4):

- Verwendet man bei gleicher Holzart Stabdübel höherer Festigkeit, so steigt die Tragfähigkeit um bis zu 19% an.
- Maschinell sortiertes Voll- oder Brettschichtholz aus Nadelholz bringt bei gleicher Stabdübelfestigkeit eine bis zu ca. 20 bis. 30% höhere Tragfähigkeit.
- Bei Verwendung von Laubholz steigt die Tragfähigkeit der Verbindung bei normaler Stabdübelfestigkeit um ca. 40 bis 50% gegenüber der Verbindung aus Nadelholz S10.

4.3.2 Bolzen

Bolzen sind stiftförmige Verbindungsmittel mit Mutter und Kopf an den Enden. Sie werden in Löcher eingebaut, deren Durchmesser um 1 mm größer vorgebohrt wurde, als der Nenn Durchmesser des Bolzens. Unter Gewindestangen versteht die DIN 1052 /1/ Gewindebolzen nach DIN 976-1.

Nach DIN 1052, Anhang G.3.2 /1/ gibt es vier Festigkeitsklassen für Bolzen. Die charakteristischen Festigkeitswerte sind in Tab. G.11 in /1/ enthalten.

Unter Kopf und Mutter sind stets Unterlegscheiben mit entsprechender Größe und Dicke anzuordnen. Die Seitenlänge oder der Außendurchmesser muss mindestens 3d und die Dicke mindestens 0,3 d betragen (Vorzugsmaße s. Tabelle G.13, Anhang G in /1/).

Bolzen sind nicht für Dauerbauten zugelassen, bei denen es auf Steifigkeit und Formbeständigkeit ankommt.

Für die Berechnung der Tragfähigkeit von Holzverbindungen mit Bolzen gelten die gleichen Bestimmungen wie für Stabdübel (s. Tab. 3).

Es gelten gegenüber Stabdübeln etwas größeren Mindestabstände.

4.3.3 Holzschrauben mit Durchmesser ab 8 mm

Holzschrauben sind stiftförmige Verbindungsmittel mit einem glatten Schaft, ausgerüstet entweder mit einem Sechskant-, Halbrund- oder Senkkopf und am anderen Ende ein Schraubengewinde. Form und Abmessungen des Gewindes sind in der DIN 7998 geregelt.

Die Tragfähigkeit von Holzverbindungen mit Holzschrauben ab 8 mm Durchmesser wird nach den Regeln für Stabdübel (s. Tab. 3) berechnet.

4.4 Nägel und Schrauben bis 8mm Durchmesser

4.4.1 Nägel

Neben den traditionell glattschaftigen Nägeln gibt es noch Nägel mit gerillter oder schraubenförmiger Oberfläche. Die Nägel sind europaweit genormt in DIN EN 10230. Andere Längen und Kopfformen als in DIN EN 10230 angegeben, können verwendet werden, wenn bestimmte Mindestmaße eingehalten sind (Kopffläche mind. 2,5 d², Nagelspitze mind. 0,7 d und max. 2 d).

Nägel müssen eine Mindestzugfestigkeit von 600 N/mm² haben.
Rillen- oder Schraubennägel sind auch als Sondernägel bekannt.

Nägel können ohne Vorbohren der Nagellöcher in das Holz eingetrieben werden. Bei einer charakteristischen Holzrohddichte von > 500 Kg/m³ (zum Beispiel Laubholz Buche und Eiche) , sind die Nagellöcher generell vorzubohren. Werden die Löcher vorgebohrt, beträgt das Maß 0,9 d.

In Stahlblechen werden die Löcher um 1mm größer als der Nageldurchmesser gebohrt.

Nagelverbindungen müssen aus mindestens zwei Nägeln bestehen. Von dieser Regel ausgenommen sind Befestigungen von Schalungen, Trag- und Konterlatten und die Zwischenanschlüsse von Windrispen.

Der charakteristische Wert für die Tragfähigkeit pro Scherfuge und Nagel wird wie folgt errechnet (s. Abschn. 12.4.2, Gleichung (206) in /1/):

$$R_k = A \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,l,k} \cdot d}$$

Dabei wurde die Gleichung (206) in /1/ um den Faktor A erweitert, welcher den charakteristischen Wert der Tragfähigkeit vermindert oder erhöht je nach Art des Materials der zu verbindenden Werkstoffe.

Der Faktor A wurde von den Autoren auch für Holz- Holz- Verbindungen eingeführt, um die Grundlagen für Nagelverbindungen mit verschiedenen Werkstoffen besser darstellen zu können. So gilt bei Stahl-Holz-Verbindungen für innen liegende Bleche und außen liegende „dicke“ Bleche ein Erhöhungswert als Faktor A von 1,4 (weiter Faktoren s. Tab. 3). Bei außenliegenden „dünnen“ Blechen ist A= 1,0.

Die Mindestdicken (Holzdicke oder Eindringtiefe von Nägeln mit rundem Querschnitt) sind abweichend von den Gleichungen (182) bis (184) in /1/ für Verbindungen zwischen Bauteilen aus Nadelholz mit t_{req}= 9 d zu berechnen.

Wegen der Spaltgefahr des Holzes muss die Dicke t von Bauteilen aus Kiefernholz bei Nagelverbindungen ohne Vorbohrung mindestens betragen (Gleichung 209, in /1/):

$$t = \max \left\{ \begin{array}{l} 7 \cdot d \\ (13 \cdot d - 30) \cdot \frac{p_k}{400} \end{array} \right\}$$

Wird das Kiefernholz vorgebohrt gilt t_{req}= 9 d.

Auch für andere Nadelholzarten kann t_{req} so ermittelt werden, wenn die hierfür geltenden Mindestabstände in Abhängigkeit von der Rohdichte des Holzes eingehalten sind.

Bei Einschlagtiefen unter 4 d kann für die der Nagelspitze nächstliegende Scherfläche keine Tragfähigkeit angesetzt werden.

Die charakteristischen Werte der Lochleibungsfestigkeit und des Fließmomentes werden nach den in Tabelle 6 zusammengestellten Formeln jeweils für die nach Norm möglichen Verbindungswerkstoffe berechnet.

Für die einzuhaltenden Nagelabstände gelten die in Tabelle 10 der DIN 1052 /1/ angegebenen Mindest- und Maximalwerte.

Tabelle 5: Faktor A zur Berechnung der charakteristischen Tragfähigkeit von Nagelverbindungen für verschiedene Verbindungsbaustoffe und erforderliche Mindestdicken t_{req} nach DIN 1052 /1/, Abschnitt, 12.4

Baustoff	Faktor A	erf. Dicke t_{req} außenliegend (einschnittige Verb.)	erf. Dicke t_{req} innenliegend (zweischichtige Verb.)
Bauholz	1,0	$t_{req} = 9 \cdot d^{1)}$	
- Nadelholz und Nägel mit rundem Querschnitt			
- Nadelholz Kiefer und Nägel vorgebohrt ¹⁾		$t_{req} = \min \begin{cases} 7 \cdot d \\ (13 \cdot d - 30) \cdot \rho_k / 400 \end{cases}$ ab $\rho_k = 500 \text{ kg/m}^3$ vorbohren!	
Furniersperrholz n. DIN 68705-3	0,9	7-d	6-d
Furniersperrholz n. DIN 68705-5	0,8	6-d	4-d
- OSB- Platten OSB12, OSB13, OSB14 Nach DIN EN 300 - kunstharzgebundene Holzspanplatte n. DIN 68763 oder DIN EN 312 – 4 bis 7	0,8	7-d	6-d
- Holzfaserplatten des Plattentyps HFH 20 nach DIN 68754-1 oder Plattentyp HB nach DIN EN 622 – 2 und 3	0,7	6-d	4-d
- Gipskartonplatten nach DIN 18180	1,0	10-d	-
- Stahlblech (vorgebohrt) innenliegend	1,4	10-d	5-d
- Stahlblech (dick) außen liegend	1,4	10-d	5-d
- Stahlblech (dünn) außen liegend	1,0	9-d	7-d

Tabelle 6: Berechnung des charakteristischen Wertes für die Lochleibungsfestigkeit ($f_{h,k}$) und des charakteristischen Fließmomentes ($M_{y,k}$) bei Verbindungen mit Nägeln, Klammern und Holzschrauben bis zu einem Durchmesser von 8mm nach DIN 1052, Abschnitt 12.4 bis 12.6 /1/

Verbindung/Baustoff	$f_{h,k}$	GL
Holz/Holz		
Nägel (nicht vorgebohrt)	$f_{h,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{0,3}$	[202]
Nägel (vorgebohrt)	$f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$	[203]
Baufurniersperrholz		
nicht vorgebohrt	$f_{h,k} = 0,11 \cdot \rho_k \cdot d^{0,3}$	[209]
vorgebohrt	$f_{h,k} = 0,11 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$	[210]
OSB - Platten und kunstharzgebundene Spanplatten		
nicht vorgebohrt	$f_{h,k} = 65 \cdot d^{0,7} \cdot \rho_k^{0,1}$	[211]
vorgebohrt	$f_{h,k} = 50 \cdot d^{0,6} \cdot \rho_k^{0,2}$	[212]
Holzfaserplatten des Typs HFH20 nach DIN 68754-1 oder harte Holzfaserplatten nach DIN EN 622-2	$f_{h,k} = 30 \cdot d^{0,3} \cdot \rho_k^{0,6}$	[213]
1 Gipskartonplatten	$f_{h,k} = 3,9 \cdot d^{0,6} \cdot \rho_k^{0,7}$	[214]
Verbindung/Baustoff	$M_{y,k}$	GL
2 Nägel		
runde Drahtnägel, Sondernägel aus Draht mit einer Mindestzugfestigkeit von 600 N/mm ²	$M_{y,k} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$	[204]
rechteckige, quadratische Drahtnägel, Sondernägel aus Draht mit einer Mindestzugfestigkeit von 600 N/mm ²	$M_{y,k} = 0,45 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$	[205]
3 Holzschrauben		
4 Klammern	$M_{y,k} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$	[220]
Symbole	Bezeichnung nach DIN 1052	
ρ_k	charakteristische Wert der Rohdichte in [kg/m ³]	
d	Nenndurchmesser des Verbindungsmittels in [mm]	
t	Plattendicke in [mm]	
$f_{u,k}$	charakt. Wert der Stahlzugfestigkeit des Verbindungsmittels in [N/mm ²]	

4.4.2 Schrauben

Die Berechnung der charakteristischen Tragfähigkeit von Schrauben erfolgt bis zu einem Durchmesser von 8 mm nach den Regeln für Nägel.

Ab 8 mm Durchmesser wird die Tragfähigkeit nach den Regeln für Stabdübel berechnet. Der charakteristische Wert für das Fließmoment der Schrauben mit einer Mindestzugfestigkeit von 400 N/mm² nach DIN 7998 wird nach der Gleichung (218) berechnet:

$$M_{y,k} = 0,15 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$$

Für Schrauben gibt es keine weiteren Festigkeitsklassen für den Schraubenwerkstoff. Die Mindestabstände von Schrauben in Verbindungen regeln sich nach den Bedingungen für Nägel (s. auch Tabelle 10 der DIN 1052).

4.5 Klammern

Der häufigste Einsatzbereich von Klammern ist der Holzhausbau, wo sie für die kraftschlüssige Verbindung der Plattenwerkstoffe auf den Wandstielen, Schwellen und Rähme angewendet werden. Der Stahldraht der Klammer hat eine Querschnittsfläche zwischen 1,7 und 3,2 mm² mit einer Mindestzugfestigkeit von 800 N/mm². Mindestens 6 d ist die Breite des Klammerrückens und die Schaftlänge darf maximal 65 d betragen, wobei der Schaft mindestens bis zur halben Länge beharzt ist.

Klammern müssen einen Eignungsnachweis in Form einer bauaufsichtlichen Zulassung besitzen. Für Gipswerkstoff- Holz- Verbindungen dürfen nur Klammern nach DIN 18182-3 angewendet werden.

Analog wie bei Schrauben ist ein Versenken der Klammern möglich, dies darf aber dann nicht mehr als 2mm überschreiten und die Mindestdicke der Holzwerkstoffplatte ist dann um 2mm zu erhöhen. Ansonsten sollen die Klammern bündig mit der Oberfläche der anzuschließenden Holzwerkstoffplatte abschließen. Zur Entfaltung der vollen Tragfähigkeit muss der Winkel zwischen Holzfaserrichtung und Klammerrücken mindestens 30° betragen und die Eindringtiefe der Klammer muss mindestens 8 d betragen.

Die charakteristische Tragfähigkeit wird nach den Regeln für nicht vorgebohrte Nägel berechnet. Der rechnerische Wert nach Gleichung (206) /1/ ist zu verdoppeln, da Klammern immer zwei Scherflächen haben.

Beträgt der Winkel zwischen Klammerrücken und Holzfaser weniger als 30°, dann ist der charakteristische Wert für die Tragfähigkeit mit dem Wert von 0,7 abzumindern.

Für die Berechnung des charakteristischen Wertes für das Fließmoment gilt Gleichung. (220) /1/:

$$M_{y,k} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$$

Die Mindestabstände für Klammerverbindungen können der Tabelle 13 in /1/ entnommen werden.

5. Stifförmige Verbindungsmittel- Beanspruchung in Richtung der Stiftachse (Beanspruchung auf Herausziehen)

5.1 Allgemeines

DIN 1052 /1/ enthält in Abschnitt 12.7 Regeln für die Berechnung der Tragfähigkeit auf Herausziehen für Nägel, Holzschrauben und Klammern.

Maßgebend für die Beanspruchung in Schafrichtung sind zwei Größen, der **Widerstand gegen Herausziehen** und der **Widerstand gegen Kopfdurchziehen**.

5.2 Nägel

Nägel mit glattem Schaft in vorgebohrten Löchern können nicht auf Herausziehen beansprucht werden.

Nägel mit glattem Schaft und Sondernägel der Tragfähigkeitsklasse 1 ohne vorgebohrte Löcher dürfen nur unter kurzer Lasteinwirkung beansprucht werden (zum Beispiel Windsogkräfte).

Ausgenommen diese Nägel befinden sich im Anschlussbereich von Koppelpfetten, wenn die Dachneigung bis 30° beträgt und der charakteristische Wert der Tragfähigkeit mit dem Faktor 0,6 vermindert wird. Die Mindesteinschlagtiefe muss 12 d betragen. Mehr als eine Einschlagtiefe von 20d darf rechnerisch nicht angesetzt werden.

Sondernägel der Tragfähigkeitsklasse 2 und 3 mit nicht vorgebohrten Löchern können auch dauernd in Schafrichtung beansprucht werden. Voraussetzung ist, dass die Mindesteinschlagtiefe 8 d beträgt. Die maximal mögliche rechnerische Einschlagtiefe beträgt auch hier 20 d.

Werden die Nagellöcher mit einem Lochdurchmesser vorgebohrt der maximal dem Nenndurchmesser des Nagels entspricht, so darf der rechnerische Wert für die Tragfähigkeit mit 70 % in Rechnung gestellt werden. Werden die Löcher größer als der Nenndurchmesser gebohrt, so darf der Nagel nicht beansprucht werden.

Bei Nagelung von Holzwerkstoffen sind Mindestmaterialdicken für die einzelnen Plattenwerkstoffe einzuhalten.

Der **charakteristische Wert des Auszieh Widerstandes** von Nägeln für rechtwinklige und schräge Nagelung zur Faserrichtung wird nach Gleichung. (223) ermittelt.

$$R_{ax,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{1,k} \cdot d \cdot l_{ef} \\ f_{2,k} \cdot d_k^2 \end{array} \right\}$$

Dabei bedeuten:

f_{1,k} = charakteristischer Wert des Ausziehparameters

f_{2,k} = charakteristischer Wert des Kopfdurchziehparameters

d = Nenndurchmesser des Nagels

d_k = Kopfdurchmesser des Nagels

l_{ef} = wirksame Einschlagtiefe des Nagels

Der Rechenwert ist bei Holzfeuchten über 20% und der Möglichkeit der Austrocknung um 2/3 zu vermindern.

Tabelle 7 enthält die maßgebenden Formeln für die charakteristischen Werte des Ausziehparameters und des Kopfdurchziehparameters.

Der Bemessungswert des Auszieh Widerstandes ergibt sich aus der bekannten Formel (GL 222) mit γ_M = 1,3:

$$R_{a,s,d} = \frac{k_{mod} \cdot R_{ax,k}}{\gamma_M}$$

Die Abstände untereinander entsprechen bei senkrechter Nagelung den Abständen für Nägel, die auf Abscheren beansprucht werden. Bei Schrägnagelung muss der Abstand zum beanspruchten Rand mindestens 10 d sein.

Tabelle 7: Berechnung des charakteristischen Widerstandes gegen Herausziehen ($R_{ax,k}$) und des Bemessungswertes ($R_{ax,d}$) (Auszieh Widerstand) von Nägeln und Klammern nach DIN 1052, Abschnitt 12.8.1

$R_{ax,k}$		GL	
$R_{ax,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{1,k} \cdot d \cdot \ell_{ef} \\ f_{2,k} \cdot d_k^2 \end{array} \right.$		[221]	
$R_{ax,k}$			
$R_{ax,d} = \frac{k_{mod} \cdot R_{ax,k}}{\gamma_M}$ mit $\gamma_M = 1,3$		[222]	
charakteristische Werte für des Ausziehparameters $f_{1,k}$		charakteristische Werte für des Kopfdurchziehparameters $f_{2,k}$	
Nageltyp	$f_{1,k}$	Nageltyp	$f_{2,k}$
glattschaftig	$18 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	glattschaftig	$60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
Sondernagel Tragfähigkeits- klasse:	$f_{1,k}$	Sondernagel Tragfähigkeits- klasse:	$f_{2,k}$
1	$30 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	A	$60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
2	$40 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	B	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
3	$50 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	C	$100 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
Charakteristische Rohdichte ρ_k in kg/m^3 , jedoch höchstens $500 kg/m^3$ nach DIN 1052 A. 12.8.1			
Symbole	charakteristische Werte für des Ausziehparameters in $[N/mm^2]$		
$f_{1,k}$	charakteristische Werte für des Ausziehparameters in $[N/mm^2]$		
$f_{2,k}$	charakteristische Werte für des Kopfdurchziehparameters in $[N/mm^2]$		
d	Nenn Durchmesser des Nagels in $[mm]$		
d_k	Kopfdurchmesser des Nagels in $[mm]$		
ℓ_{ef}	wirksame Einschlagtiefe des Nagels in $[mm]$		

5.2.2 Schrauben

Holzschrauben mit Gewinde nach DIN 7998 werden nach DIN 1052 in die Tragfähigkeitsklasse 2A eingestuft.

Die entsprechenden charakteristischen Werte für die Auszieh- und Kopfdurchziehparameter enthält Tabelle 8.

Analog bei Nägeln gelten beim Anschrauben von Holzwerkstoffplatten die gleichen Mindestplattendicken.

Ansonsten gelten für die Mindestabstände, Mindestholzdicken und Mindesteinschraubtiefen die gleichen Regeln, wie für auf Abscheren beanspruchte Holzschrauben, d. h. konkret es gelten die Mindestabstände wie für vorgebohrte Nägel nach Tabelle 10 der Norm /1/.

Der charakteristische Wert des Auszieh Widerstandes von Hölzern unter einem Winkel $45^\circ < \alpha < 90^\circ$ zur Faserrichtung ergibt sich nach GL. (223):

$$R_{ax,k} = \min \left\{ \frac{f_{1,k} \cdot d \cdot \ell_{ef}}{\sin^2 \alpha + \frac{4}{3} \cos^2 \alpha} ; f_{2,k} \cdot d_k^2 \right\}$$

Für Schrauben mit Gewinde nach DIN 7998 gilt für die charakteristische Tragfähigkeit des Schraubenwerkstoffes zusätzlich die Formel nach GL. (224):

$$R_{ax,k} = 75 \cdot \pi \cdot (0,9 \cdot d)^2$$

Der Bemessungswert der Tragfähigkeit des Schraubenwerkstoffes wird nach der bekannten Gleichung (222) mit $\gamma_M = 1,25$ berechnet:

$$R_{ax,d} = \frac{k_{mod} \cdot R_{ax,k}}{\gamma_M}$$

Tabelle 8: Berechnung des charakteristischen Wertes des Auszieh Widerstandes für Nadelholz ($R_{ax,k}$) und des Bemessungswertes ($R_{ax,d}$) (Auszieh Widerstand) von Holzschrauben nach DIN 1052, Abschnitt 12.7.2

Charakteristische Tragfähigkeit auf Herausziehen $R_{ax,k}$	
Allgemein bei Einschraubwinkel $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ DIN 1052, Gleichung (225)	Holzschrauben mit Gewinde nach DIN 7998 DIN 1052, Gleichung (225)
$R_{ax,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{1,k} \cdot d \cdot \ell_{ef}}{\sin^2 \alpha + \frac{4}{3} \cos^2 \alpha} \\ f_{2,k} \cdot d_k^2 \end{array} \right.$	$R_{ax,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{1,k} \cdot d \cdot \ell_{ef}}{\sin^2 \alpha + \frac{4}{3} \cos^2 \alpha} \\ f_{2,k} \cdot d_k^2 \end{array} \right.$ mit $f_{1,k} = 70 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$ und $f_{2,k} = 60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
Bemessungswert der Tragfähigkeit im Holz $R_{ax,d}$ nach Gleichung (185)	
$R_{ax,d} = \frac{k_{mod} \cdot R_{ax,k}}{\gamma_M}$ mit $\gamma_M = 1,3$	
	charakteristische Tragfähigkeit des Schraubenwerkstoffes $R_{ax,k}$ nach Gleichung (226)
	$R_{ax,k} = 75 \cdot \pi \cdot (0,9 \cdot d)^2$
	Bemessungswert der Tragfähigkeit des Schraubenwerkstoffes $R_{ax,d}$ nach Gleichung (224)
	$R_{ax,d} = \frac{R_{ax,k}}{\gamma_M}$ mit $\gamma_M = 1,25$

charakteristische Werte des Ausziehparameters $f_{1,k}$		Charakterist. Werte des Kopfdurchziehparameters $f_{2,k}$	
Tragfähigkeits- klasse:	$f_{1,k}$	Tragfähigkeits- klasse:	$f_{2,k}$
1	$60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	A	$60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
2	$70 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	B	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
3	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	C	$100 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
Charakteristische Rohdichte ρ_k in kg/m^3 , jedoch höchstens 500 kg/m^3			
Symbole	nach DIN 1052		
$f_{1,k}$	charakteristische Werte des Ausziehparameters in N/mm^2		
$f_{2,k}$	charakteristische Werte des Kopfdurchziehparameters in N/mm^2		
d	Nenn Durchmesser der Schraube in mm		
d_k	Kopfdurchmesser der Schraube in mm		
ℓ_{ef}	wirksame Eindringtiefe der Schraube in mm		
Die unterlegten Felder entsprechen den Werten, die für Schrauben mit einem Gewinde nach DIN 7998:1975-02 ohne weiteren Nachweis angesetzt werden dürfen.			

5.2.3 Klammern

Klammern sind in Ihrem Tragverhalten auf Herausziehen wie zwei glattschaftige Nägel zu betrachten.

Allerdings darf wegen der Beharzung der charakteristische Wert für den Ausziehparameter $f_{1,k}$ verdoppelt werden.

Als weitere Voraussetzungen gelten: trockenes Holz und der Winkel zwischen Klammerrücken und Faserrichtung muss mindestens 30° betragen. Zu beachten sind Abminderungen bei halbtrockenem Holz (s. DIN 1052, A. 12.8.3 (3)). Eine Klammerverbindung in frischem Holz gilt als nicht tragfähig, auch wenn das Holz austrocknen kann. Es gelten die Mindesteindringtiefen und Mindestabstände wie bei auf Abscheren beanspruchten Klammern. Zu den Mindestdicken der Holzwerkstoffplatten siehe Tabelle 7.

5.3. Tragfähigkeit von Nägeln, Schrauben und Klammern unter kombinierter Beanspruchung (Abscheren und Herausziehen)

Werden Nägel, Holzschrauben und Klammern sowohl senkrecht, als auch parallel zu Ihrer Stiftachse beansprucht muss folgende GL. (225) eingehalten sein:

$$\left(\frac{F_{ax,d}}{R_{ax,d}} \right)^m + \left(\frac{F_{ta,d}}{R_{ta,d}} \right)^m \leq 1$$

mit $m = 1$ glattschaftige Nägel, Sondernägel der Tragfähigkeitsklasse 1, Klammern

mit $m = 2$ Sondernägel der Tragfähigkeitsklasse 2 und Holzschrauben

5.4 Verschiebung von Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln und Dübeln besonderer Bauart

Unter Beanspruchung verformen sich die Verbindungen. Die Verschieblichkeit eines Verbindungsmittels kann über den Anfangs- Verschiebungsmodul k_{ser} , der nach Versuchen gemäß EN 26891 ermittelt wird, berechnet werden. DIN 1052 /1/ gibt in Abschnitt 23.1, Tabelle V1 Rechenwerte für den Verschiebungsmodul k_{ser} für verschiedene Verbindungsmittel an. Die Rechenwerte errechnen sich aus der Rohdichte und dem Verbindungsmitteldurchmesser. Die Verschiebung erhält man dann aus folgender Gleichung:

$$U_{inst} = R_{ad} / k_{ser}$$

Da die Verbindung unter dauernder Last kriecht, vergrößert sich die elastische Anfangsverformung um den Verformungsanteil aus Kriechen. Die Endverformung kann abgeschätzt werden mit der Gleichung:

$$U_{fin} = u_{inst} \cdot (1 + k_{def})$$

II. Dübel besonderer Bauart

1. Allgemeine Grundsätze

Art, Geometrie und Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften sind europaweit in DIN EN 912 genormt. Die in Deutschland gebräuchlichsten Dübel werden in Abschnitt A 23.4 der DIN 1052 /1/ angegeben. Der Kübler- Dübel und der Dübel, Typ Siemens- Bauunion sind jedoch nun nicht mehr in der Norm enthalten. Die Berechnung der Dübeltragfähigkeit erfolgt nach Abschnitt 13.3 der DIN 1052 /1/.

Es kann von diesen Regeln abgewichen werden, wenn eine bauaufsichtliche Zulassung oder eine Zustimmung im Einzelfall vorliegt. Dübel besonderer Bauart werden in zwei Gruppen eingeteilt:

- Ringdübel und Scheibendübel
- Scheibendübel mit Zähnen oder Dornen.

Sie übertragen ihre Kräfte vor allem über Lochleibungsbeanspruchung und Scherbeanspruchung. Dabei entstehen Versatzmomente. Mit Ihnen können Verbindungen aus Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz und Furnierschichtholz (ohne Querlagen und mit $\rho_k < 500 \text{ kg/m}^3$) hergestellt werden.

Für Verbindungen mit Laubhölzern sind nur der Ringdübel, Typ A1 und der Scheibendübel, Typ B1 geeignet. Tabelle 9 fasst die gebräuchlichsten Dübel zusammen.

Jeder Dübel ist wegen der auftretenden Versatzmomente bei der Kraftübertragung durch einen Bolzen zu sichern. Hier sind unbedingt, die in Tabelle 19 der Norm /1/ zu den Dübeltypen festgelegten Dübeldurchmesser einzuhalten.

Werden mehr als zwei Dübel mit einem Durchmesser oder Seitenlänge von $> 130 \text{ mm}$ hintereinander angeordnet, dann sind auch an den Enden der Laschen zusätzliche Bolzen zur Lagesicherung der Verbindung anzuordnen (s. Bild 49 in der Norm /1/).

Die Bolzen sind so anzuziehen, dass die Unterlegscheiben vollflächig anliegen. Ist mit Schwindverformungen zu rechnen sind die Bolzen wiederholt nachzuziehen. Die Bolzen müssen hierfür eine genügend lange Gewindelänge haben. Auf ein Nachziehen kann nur dann verzichtet werden, wenn beim Einbau die Holzfeuchte der zu verbindenden Holzbauteile nicht mehr als 5% über der zu erwarteten mittleren Gleichgewichtsholzfeuchte liegt.



Bolzen dürfen bei Ring- oder Scheibendübeln mit Zähnen bzw. Dornen durch entsprechende Gewindestangen oder Holzschrauben ersetzt werden. Bei einseitigen Scheibendübeln mit Zähnen oder Dübeln ist dann der Verschiebungsmodul nach Tabelle V. 1, Zeile 8 mit dem Faktor 0,7 abzumindern.





Ein Ersatz der Bolzen durch Sondernägeln oder Holzschrauben ist bei Ringdübeln mit $d_c < 95$ mm und bei Scheibendübeln mit $d_c < 117$ mm möglich. Voraussetzung ist, dass Stahlteile über Scheibendübel des Typs B1 oder einseitige Scheibendübel mit Zähnen bzw. Dornen an Brettschichtholz befestigt werden, dass es sich um Anschlüsse von Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschicht- oder Furnierschichtholzquerschnitte an Brettschichtholz handelt, dass die Verbindungsmittel für den Ersatz für eine Zugkraft von mindestens 25% der charakteristischen Tragfähigkeit (ohne Anteil $R_{b,0,4}$ bzw. R_b) bemessen sind.

Müssen Querschnittschwächungen beim Nachweis der Verbindung berücksichtigt werden, dann sind diese nach Tabelle 16 in DIN1052 anzunehmen

Die DIN 1052 definiert die Tragkraft der Dübel für sogenannte Verbindungseinheiten, die i. Allg aus einem Dübel mit entsprechendem Bolzen bestehen (s. auch Tabelle 9).

Tabelle 9: Gebräuchliche Dübel besonderer Bauart nach DIN 1052 Abschnitt 23.4

Bezeichnung	Einlassdübel	Einpressdübel	Geometrie n. Tabelle V.x in DIN 1052	frühere Bezeichnung	Verbindungseinheit nach Abschnitt 13.3.1 (10)	Anwendbar	
						Vollholz, Brett-, Balken- und Furnierschichtholz ohne Querlagen und $\rho_k < 500$ kg/m ³	Laubholz
Ringdübel Typ A1 	◆	-	Tabelle V.14	APPEL doppelseitig	1 Dübel in Holz/Holz +Bolzen	◆	◆
Scheibendübel Typ B1 	◆	-	Tabelle V.15	APPEL einseitig	1 Dübel in Holz/Stahlblech +Bolzen oder 2 Dübel Rückseite an Rückseite +Bolzen	◆	◆

Scheibendübel mit Zähnen Typ C1 	-	◆	Tabelle V.16	BULLDOG zweiseitig	1 Dübel in Holz/Holz +Bolzen	◆	-
Scheibendübel mit Zähnen Typ C2 	-	◆	Tabelle V.17	BULLDOG einseitig	2 Dübel Rückseite an Rückseite +Bolzen	◆	-
Scheibendübel mit Zähnen Typ C3	-	◆	Tabelle V.18	BULLDOG zweiseitig	1 Dübel in Holz/Holz +Bolzen	◆	-
Scheibendübel mit Zähnen Typ C4	-	◆	Tabelle V.19	BULLDOG einseitig	2 Dübel Rückseite an Rückseite +Bolzen	◆	-
Scheibendübel mit Zähnen Typ C5	-	◆	Tabelle V.20	BULLDOG zweiseitig	1 Dübel in Holz/Holz +Bolzen	◆	-
Scheibendübel mit Dornen Typ C10 	-	◆	Tabelle V.21	GEKA zweiseitig	2 Dübel Rückseite an Rückseite +Bolzen	◆	-
Scheibendübel mit Dornen Typ C11 	-	◆	Tabelle V.22	GEKA einseitig	1 Dübel in Holz/Stahlblech +Bolzen	◆	-

Achtung!
 Die Küblerdübel und Dübel der Siemens – Bauunion sind nicht mehr in der Norm enthalten!

2. Verbindungen mit Ring- und Scheibendübeln ohne Zähne

Ring- und Scheibendübel werden in das Holz eingelassen.

Hierfür sind vorher an der vorgesehenen Stelle mittels Fräsworkzeugen entsprechende Nuten zu fräsen, die eine zur Dübelform passfähige Form ergeben. Ring- und Scheibendübel gibt es für Holz/ Holz- Verbindungen und Holz/ Stahl- Verbindungen. Ring- und Scheibendübel können nach DIN 1052, A 13.3.2 für Verbindungen aus Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz

oder Furnierschichtholz (ohne Querlagen) verwendet werden. Da diese Dübel in das Holz eingelassen und nicht wie Scheibendübel mit Zähnen eingepresst werden, können mit ihnen auch Vollholzbauteile aus dem weitaus härteren Laubholz verbunden werden.

Gegenüber der alten Norm ist neu, dass die Tragfähigkeit der Dübel besonderer Bauart jetzt berechnet wird und nicht mehr aus Tragfähigkeitstabellen entnommen werden muss. Der Charakteristische Wert der Tragfähigkeit von Ring- und Scheibendübeln ist im wesentlichen von der Holzart (Rohdichte), dem Dübeldurchmesser d_c und der Einlasstiefe h_e abhängig:

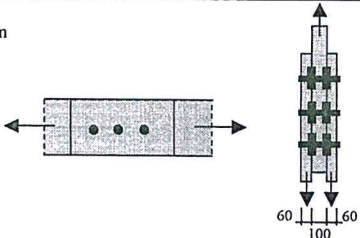
$$R_{c,0,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} 35 \cdot d_c^{1,5} \\ 31,5 \cdot d_c \cdot h_e \end{array} \right. \quad \text{Gl (247)}$$

Zur Entfaltung der vollen Tragfähigkeit sind bestimmte geometrische Voraussetzungen (Mindestabstände, Mindestholzdicken, Holzrohndichten) erforderlich, die unbedingt einzuhalten sind. Bei Nichteinhaltung der Mindestholzdicken vermindert sich die Tragfähigkeit. Hierbei sind die minimalen Grenzwerte der Mindestholzdicken zu beachten, die in keinem Fall unterschritten werden dürfen.

Eine höhere charakteristische Rohdichte als 350 Kg/m^3 führt zur Erhöhung der Tragfähigkeit. Der Bemessungswert der Tragfähigkeit ergibt sich aus der schon bekannten Gleichung unter Berücksichtigung des Modifikationsfaktors k_{mod} für die zu verbindende Holzart und den geltenden Materialfaktor γ_M .

Ab zwei Dübel in einer Reihe hintereinander angeordnet ist die Dübelanzahl in ihrer Wirkung auf die Tragfähigkeit zu begrenzen. Mehr als 10 Dübel hintereinander in einer Reihe dürfen nicht in Rechnung gestellt werden. Diese Festlegung entspricht den Regeln der alten Norm. Tabelle 10 zeigt an einem Beispiel eines Zuganschlusses mit 6 Scheibendübeln vom Typ A1 (Appeldübel) mit einem Durchmesser von 80 mm die Berechnung der Dübeltragfähigkeit im Vergleich zur DIN 1052: 1988/1996 /5/. Im Vergleich zur DIN 1052:1988/1996 erhält man für $k_{mod} = 0,8$ eine um 23 % geringere Tragfähigkeit.

Tabelle 10: Beispiel - Vergleich zwischen DIN 1052:1988/1996 und DIN 1052:2003 für eine Verbindung mit Dübeln besonderer Bauart des Typs A1 (exemplarisch für $k_{mod} = 0,80$ und Nutzungsklasse 1) nach /6/

Annahme:	- Zugstab mit 6 Scheibendübeln $\varnothing 80 \text{ mm}$ Typ A1 (zweiseitig System „APPEL“) - Bolzen $\varnothing 12 \text{ mm}$	
Ausgangswerte		
DIN 1052:2003		DIN 1052:1988/1996
$k_{mod} = 0,80$		
NH C24 (S10) $\rightarrow \rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$		Rohdichte wird nicht berücksichtigt
Berechnung der Tragfähigkeit des Anschlusses		
<u>Kontrolle der Mindestholzdicken</u>		<u>Kontrolle der Mindestholzdicken:</u>
$t_1 = 60 \text{ mm} > 3 \cdot h_e = 3 \cdot 15 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$		aus Tabelle 4 DIN 1052, Teil 2 - min a = 50 mm >
$t_2 = 100 \text{ mm} > 5 \cdot h_e = 5 \cdot 15 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$		$t_{veh} = 60 \text{ mm}$

Tragfähigkeitsberechnung

$$R_{c,0,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} 35 \cdot d_c^{1,5} \\ 31,5 \cdot d_c \cdot h_e \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 35 \cdot 80^{1,5} \\ 31,5 \cdot 80 \cdot 15 \end{array} \right\}$$

$$R_{c,0,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} 25,04 \text{ kN} \\ 37,80 \text{ kN} \end{array} \right\} = 25,04 \text{ kN}$$

$$R_{c,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot R_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,80}{1,3} \cdot 25,04 \text{ kN} = 15,41 \text{ kN}$$

$$n_{ef} = \left[2 + \left(1 - \frac{n}{20} \right) \cdot (n-2) \right] \cdot \frac{90^\circ - \alpha}{90^\circ} + n \cdot \frac{\alpha}{90^\circ}$$

$$n_{ef} = \left[2 + \left(1 - \frac{3}{20} \right) \cdot (3-2) \right] \cdot 1,0 = 2,85$$

$$R_{j,d} = n_{ef} \cdot n_{Scherfugen} \cdot n_{Reihen} \cdot R_{c,d}$$

$$R_{j,d} = 2,85 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 15,41 \text{ kN} = 87,84 \text{ kN}$$

Vergleich zur DIN 1052:1988/1996 mit dem Mittelwert der Lastfaktoren

$$R_{d,din} = \frac{R_{j,d}}{1,42} = \frac{87,84}{1,42} = 61,86 \text{ kN}$$

$$zul.N = 14,0 \text{ kN pro Dübel für Lasrfall H}$$

$$n_{ef} = \left[2 + \left(1 - \frac{n}{20} \right) \cdot (n-2) \right]$$

$$n_{ef} = 2 + \left(1 - \frac{3}{20} \right) \cdot (3-2) = 2,85$$

$$zul.N_{gesamt} = n_{ef} \cdot n_{Scherfugen} \cdot n_{Reihen} \cdot zul.N$$

$$zul.N_{gesamt} = 2,85 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 14,0 \text{ kN} = 79,8 \text{ kN}$$

Tragfähigkeit $R_{d,din}$ des	Anschlusses
61,86 kN	79,8 kN

3. Verbindungen mit Scheibendübeln mit Zähnen

Scheibendübel mit Zähnen werden in das Holz eingepresst.

Sie bestehen entweder aus kaltgeformten und gehärteten Stahl oder aus Temperguss. Hinsichtlich der möglichen Holzbaustoffe gelten die gleichen Regeln wie bei Ring- und Scheibendübeln.

Für die Verbindung von Laubhölzern sind sie allerdings nicht geeignet.

Bei der Kraftübertragung entstehen bei diesen Dübeln wegen des geringeren Biege widerstandes der Zähne höhere Verformungen, als bei Ring- und Scheibendübeln.

Die charakteristische Tragfähigkeit von Scheibendübeln mit Zähnen ist abhängig von der Holzart (Rohdichte), dem Dübeldurchmesser und zusätzlich von der mittragenden Wirkung der jeweiligen Bolzen . Der Bemessungswert der Tragfähigkeit ergibt sich aus der Addition des Bemessungswertes der Tragfähigkeit für den Dübel und des Bolzens (s. Gleichung (256)), da die Bolzen eine mittragende Wirkung entfalten.

$$R_{j,0,k} = R_{c,k} + R_{b,0,k} \quad \text{Gl (256)}$$

$$R_{c,k} = \begin{cases} 18 \cdot d_c^{1,5} & \text{(Dübeltyp C1 - C5)} \\ 25 \cdot d_c^{1,5} & \text{(Dübeltyp C10 und C11)} \end{cases} \quad \text{Gl (257)}$$

$R_{b,0,k}$ = charakteristische Tragfähigkeit des Bolzens pro Scherfuge
 für $\alpha = 0^\circ$ n. A. 12.4

$$R_{b,0,k} = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot F_{h,1,k} \cdot d} \quad \text{Gl (181)}$$

$$\left. \begin{aligned} d &= \sqrt{a_1 \cdot a_2} \quad \text{(Dübeltyp C3 und C4)} \\ d &= d_c \quad \quad \quad \text{(Dübeltyp C5)} \end{aligned} \right\} \quad \text{Gl (258)}$$

Auch bei diesen Dübeln gelten eine ganze Reihe von geometrischen Voraussetzungen, die einzuhalten sind. **Eine höhere Rohdichte als 350 Kg/m³ führt zur Erhöhung der Tragfähigkeit.** Geringere Mindestholzdicken als vorgegeben sind auch hier bis zu einem nicht mehr unterschreitbaren Wert zulässig. Die Nutzung dieser Möglichkeit führt aber zur Verminderung der Tragfähigkeit.

Für die Begrenzung der Tragfähigkeit bei mehreren hintereinander angeordneten Dübeln gelten die gleichen Grundsätze, wie bei Ring- und Scheibendübeln ohne Zähne bzw. wie bei der DIN 1052:1988/1996 /5/.

Beispielrechnungen mit Dübeln mit Zähnen haben folgendes Ergebnis gebracht:

- Die rechnerischen Tragfähigkeiten liegen unter den Werten der alten Norm (etwa 10- 15%).
- Obwohl der Bolzen eine mittragende Wirkung hat, wirken sich höhere Stahlgüten des Bolzens nicht aus.
- Allerdings hat der Bolzendurchmesser einen Einfluss auf die Tragfähigkeit. Werden größere Durchmesser, als bisher üblich verwendet, so lässt sich die Tragfähigkeit steigern. Die Verwendung von größeren Bolzendurchmessern ist jetzt in einem bestimmten Dickenbereich möglich. Dann liegen die Tragfähigkeiten auch etwas höher, als gegenüber der alten Norm (z. B. wird bei einem Bulldogdübel, TYP C1 nach Norm mit einem Durchmesser von 62mm statt eines üblichen Dübels von 12 mm ein Dübel von 20 mm eingebaut hat die Verbindung eine um ca. 15% höhere Tragfähigkeit gegenüber der alten Norm.
- Höhere Holzgüten, wie z. B. BSH 18 führen ebenfalls zu einer Erhöhung der Tragfähigkeit (um bis zu 30%).
- Die erforderlichen Mindestholzdicken liegen höher als in der alten Norm und bei Wahl eines größeren Bolzens steigen sie weiter an.

Literatur:

- /1/ E DIN 1052: Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken, Entwurf 2003-09-04
- /2/ EC 5: Holzbauwerke, Bemessungsgrundlagen und Beispiele. Informationsdienst Holz
- /3/ Werner, G; Zimmer, K.: Holzbau Teil 1 und 2; 2. Auflage, neubearbeitet von Zimmer, K. und Lüßner, K., Springer Verlag Berlin, Heidelberg 1999 (www.altbauplanung.de)
- /4/ Mönck, W.; Rug, W.: Holzbau; 14. Auflage, Verlag Bauwesen, Berlin 2000; (www.holzbau-statik.de)
- /5/ DIN 1052: Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung, Ausgabe 1988 mit Ergänzungen 1996
- /6/ BDZ., Hrsg.: Holzbau DIN 1052 Praxishandbuch, Berlin 2004 (in Vorbereitung)



**Gesellschaft
zur Förderung des Zimmerer-
und Holzbaugewerbes mbH**

**12. Forum
Holzbau und Ausbau 2003**

**DIN 1052 -
Holzbau auf einer neuen
technischen Grundlage**

18. – 20. September 2003

Lenggries