

Holzbaunorm DIN 1052:2008 auf einen Blick und Bemessung von Holzkonstruktionen

Prof. Dr.- Ing. Wolfgang Rug, Eberswalde/Wittenberge

1. Einleitung

Mit der im Jahre 2008 herausgegebenen DIN 1052, die durch Einarbeitung des Änderungspapiers A1 in die 2004 veröffentlichte neue Fassung der DIN 1052 entstand, folgt man dem europäischen Trend. Die neue Norm gilt solange als gültige Bemessungsnorm wie der Eurocode 5-Teil 1-1 (DIN EN 1995-1-1:2008) noch nicht bauaufsichtlich eingeführt wurde. Die DIN 1052:2008 ist inhaltlich ein wichtiger Schritt im Zusammenhang mit der Einführung des Eurocode 5 in die deutsche Baupraxis.

Die neue Norm enthält zahlreiche **neue Regeln** für die Berechnung von Holzbauteilen und Holzbauverbindungen.

Im Rahmen dieses Beitrages kann nur ein Überblick über wichtige Inhalte der Norm gegeben werden. Tabelle 1 zeigt die inhaltlichen Schwerpunkte. Weitere ausführliche Darlegungen findet der Leser in der Fachliteratur (s. zum Beispiel [1] bis [4] und zu einzelnen Fragen s. [5] bis [8]).

Tabelle 1: Inhaltsübersicht bzw. Gliederung der DIN 1052:2008

DIN 1052:2008: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken- allgemeine Bemessungsregeln und bemessungsregeln für den Hochbau	
Abschnitt	Überschrift
1	Anwendungsbereich
2	Normative Verweisungen
3	Begriffe, Formelzeichen, SI- Einheiten
4	Bautechnische Unterlagen
5	Grundlagen für Entwurf und Bemessung
6	Anforderungen an die Dauerhaftigkeit
7	Baustoffe
8	Ermittlung der Schnittgrößen und Verformungen
9	Nachweise der Grenzzustände der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit
10	Allgemeine Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit
11	Verbindungen, Ausklinkungen, Durchbrüche und Verstärkungen
12	Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln
13	Verbindungen mit sonstigen mechanischen Verbindungsmitteln
14	Klebungen
15	Zimmermannsmäßige Verbindungen für Bauteile aus Holz
16	Kennzeichnungen
A bis I	Anlagen

2. Sicherheitskonzept

Mit der Neufassung der Holzbaunorm wurde das seit 1933 der DIN 1052 zugrunde liegende Sicherheitskonzept der zulässigen Spannungen, welches auf einem globalen Sicherheitsfaktor beruht, verlassen. Von dieser bisherigen Praxis unterscheidet sich die mit den EC-Bemessungsnormen eingeführte Bemessung nach Grenzzuständen dadurch, dass

nunmehr definierte Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen (γ_F) und für die Baustofffestigkeiten bzw. Tragfähigkeiten (γ_M) eingeführt werden. Damit ist es möglich, den Beanspruchungs- und Nutzungszustand rechnerisch genauer und unter Anwendung statistischer Verfahren begründeter zu erfassen.

3. Anwendungsbereich und normative Verweisungen nach DIN 1052, Abschnitt 1 und 2

Der Anwendungsbereich der neuen Norm umfasst den **Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Holzbauwerken**. Soweit in der DIN 1052:2008 nichts anderes bestimmt ist, gilt sie auch **für Bauten im Bestand**. Ergänzende Erläuterungen **für Bauten im Bestand** enthalten die Erläuterungen zur Norm (s. [4]).

Der Entwurf von Brücken, die Bemessung im Brandfall sowie bei Erdbebeneinwirkungen haben unter Berücksichtigung der DIN 1074:2006, der DIN 4102-22:2004 und der DIN 4149:2005 zu erfolgen.

4. Nachweis der Tragfähigkeit / Standsicherheit

Die Standsicherheit einer Konstruktion wird durch den Grenzzustand der Tragfähigkeit nachgewiesen.

Der Bemessungswert der Beanspruchung muß beim Nachweis der Tragfähigkeit immer kleiner sein als der Bemessungswert der Beanspruchbarkeit.

5. Holzbaustoffe-Bemessungswerte der Festigkeitseigenschaften

Der Bemessungswert der Beanspruchbarkeit wird bezogen auf den Baustoff im Allgemeinen durch den Bemessungswert der Festigkeit charakterisiert. Aufgrund des Materialverhaltens werden die Bemessungswerte der Festigkeitseigenschaften anders als bei anderen Baustoffen berechnet.

Den **Bemessungswert der Festigkeitseigenschaft** X_d erhält man nach DIN 1052:2008 aus Gl. (3):

$$X_d = \frac{X_k}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} \quad [\text{DIN 1052:2008, Abschn. 5.3 GL (3)}]$$

mit

X_k = charakteristischer Wert der Festigkeitseigenschaft (z. B. Festigkeit eines Baustoffes oder Tragfähigkeit eines Verbindungsmittels bzw. einer Verbindung)

γ_M = Teilsicherheitsbeiwert für die Festigkeitseigenschaft

k_{mod} = Modifikationsbeiwert zur Berücksichtigung des Einflusses der Nutzungsklasse und der Lasteinwirkungsdauer auf die Festigkeitseigenschaft.

Modifikationsbeiwert k_{mod} :

Der **Modifikationsbeiwert** k_{mod} berücksichtigt entsprechend dem Materialverhalten des Holzes den Einfluss der Nutzungsklasse und den Einfluss der Lasteinwirkungsdauer (KLED) auf die Baustoffeigenschaften.

Nutzungsklassen:

Holzbaustoffe haben die Eigenschaften, Feuchte aus der sie umgebenden Umwelt aufzunehmen oder auch abzugeben. Je nach Klimaverhältnissen und Einbauzustand stellt

sich ein hygroskopisches Gleichgewicht ein. Deshalb müssen für Holzbauwerke **Nutzungsklassen** definiert werden, die die klimatischen Verhältnisse der Umgebung des Bauwerkes während seiner Lebensdauer kennzeichnen (s. Tabelle 2).

Tabelle 2: Nutzungsklassen zur Berücksichtigung des Einflusses der klimatischen Verhältnisse auf die Baustoffeigenschaften (s. DIN 1052:2008, Abschn. 7.1.1)

Nutzungs- klasse	Gleichgewichts- feuchte u des Holzes ¹⁾ (Feuchtebereich ²⁾)	Umgebungs-klima	Beispiel
1	$u \leq 12\%$ (5...15 %)	20°C und 65% rel. Luftfeuchte, die nur für einige Wochen pro Jahr überschritten wird	Allseitig geschlossene Gebäude und beheizte Bauwerke
2	$u \leq 20\%$ (10...20 %)	20°C und 85% rel. Luftfeuchte, die nur für einige Wochen pro Jahr überschritten wird	überdachte offene Bauwerke ³⁾
3	$u > 20\%$ (12...24 %)	Klimabedingungen, die zu höheren Holzfeuchten führen als in Nutzungsklasse 2	frei der Witterung ausgesetzte Bauteile

1) mittlere Gleichgewichtsfeuchte, die n. DIN 1052:2004, Tabelle F.3 in den meisten Nadelhölzern nicht überschritten wird
 2) für Holz und holzhaltige Werkstoffe enthält DIN 1052:2004, Tabelle F.3 Bereichsangaben – (von bis)-Werte
 3) in Ausnahmefällen auch Nutzungsklasse 3 möglich

Einfluss der Lasteinwirkungsdauer:

Für die Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit werden je nach Einwirkungsdauer 5 Klassen der **Lasteinwirkungsdauer** unterschieden (s. Tabelle 3). Dies steht im Zusammenhang mit den Eigenschaften des Baustoffes Holz. Die Festigkeit von Holz ist von der Einwirkungsdauer der Beanspruchung abhängig (s. auch [1]).

Tabelle 3: Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED) nach DIN 1052:2008, Abschnitt 7.1.2

Klasse KLED	akkumulierte Dauer der charakteristischen Lasteinwirkung	Beispiele für Lasten gemäß DIN 1052, Tab. 4
<i>ständig</i> ²⁾	länger als 10 Jahre	Eigenlasten von Tragwerken, Ausrüstungen, festen Einbauten und haustechnischen Anlagen
<i>lang</i>	6 Monate bis 10 Jahre	Nutzlasten in Lagerhäusern, Fabriken, Werkstätten
<i>mittel</i> ¹⁾	1 Woche bis 6 Monate	Verkehrslasten auf Decken, Schnee für Gebäude über NN > 1000 m
<i>kurz</i>	kürzer als 1 Woche	Wind, Schnee für Gebäude über NN. ≤ 1000 m
<i>sehr kurz</i>	kürzer als eine Minute	außergewöhnliche Einwirkungen wie Explosion, Anprall von Fahrzeugen

¹⁾ Indirekte Einwirkungen aus Temperatur- und Feuchteänderungen sind der KLED „mittel“ zuzuordnen.
²⁾ Indirekte Einwirkungen aus ungleichmäßigen Setzungen sind der KLED „ständig“ zuzuordnen.

Modifikationsbeiwerte k_{mod}

Das Bild 1 zeigt die Modifikationsbeiwerte k_{mod} am Beispiel der in der DIN 1052:2008 geregelten Holzbaustoffe Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz, Furnierschichtholz, Brettsperrholz und Baufurniersperrholz in Abhängigkeit von der Nutzungsklasse (d.h. der zu erwartenden Feuchtebeanspruchung) und der Lasteinwirkungsdauer. Die Werte für die in der

Praxis häufig zu verwendende Lastwirkungsdauer „mittel“ wurden in der grafischen Darstellung besonders hervorgehoben. Der Einfluß der Holzfeuchte auf die Materialfestigkeit wird in der Nutzungsklasse 3 berücksichtigt. Weitere Modifikationsbeiwerte k_{mod} sind Tabelle F.1 der DIN 1052:2008 zu entnehmen.

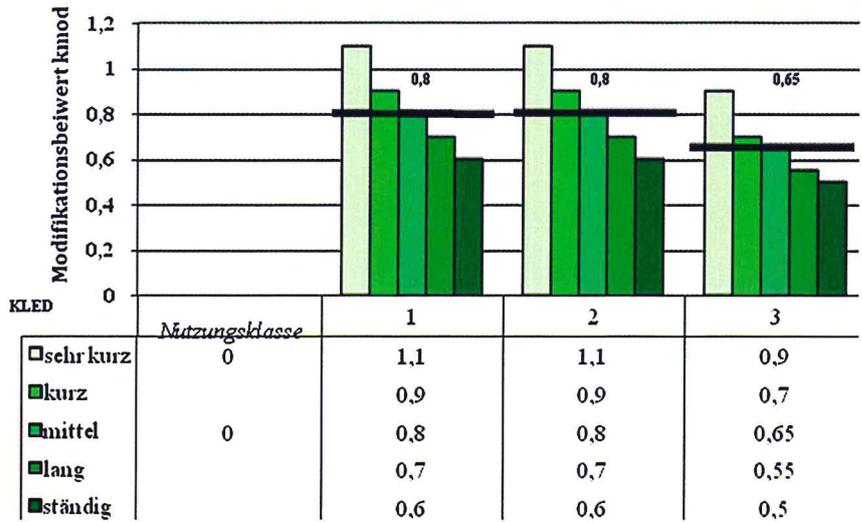


Bild 1: Modifikationsbeiwerte k_{mod} in Abhängigkeit von Nutzungsklasse und Klasse der Lasteinwirkungsdauer nach DIN 1052, Anlage F, Tabelle 1 für Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz, Furnierschichtholz, Brettsperrholz und Baufurniersperrholz

Charakteristische Werte für die Baustoffeigenschaften:

Die neue Norm bietet dem Praktiker eine sehr viel größere Auswahl an Holzbaustoffen. Bauaufsichtlich geregelt werden sie in der Norm durch die Angaben Ihrer Materialeigenschaften in Form von **charakteristischen Werten** (5%- Quantilwerten).

Die genormten charakteristischen Baustoffkennwerte für Vollholz, Brettschichtholz, Sperrholz, Spanplatten, OSB – Platten, Faserplatten und Gipskartonplatten sind mit den Begleitvorschriften im Anhang F zur DIN 1052:2008 geregelt. Tabelle 4 zeigt die Zuordnung der nach den Regeln der DIN 4074-1:2003 sortierten Klassen zu den Festigkeitsklassen der DIN 1052:2008. Auch für Laubhölzer enthält die DIN 1052:2008 jetzt eine klare Klassifizierung nach Festigkeitsklassen (s. Tabelle 5).

Für andere in der Norm nicht enthaltene Baustoffe, wie zum Beispiel für Balkenschichtholz oder Brettsperrholz bedarf es einer bauaufsichtlichen Zulassung.

Tabelle 4: Festigkeitsklassen für Nadel- Vollholz und Zuordnung der Sortierklassen zu den Festigkeitsklassen der DIN 1052:2008

Sortierung nach DIN 4074-1:2003		Festigkeitsklassen nach DIN 1052:2008, Tabelle F. 5 und F. 6
visuell	maschinell	
S7	C16M	C16
S10	C24M	C24
S13	C30M	C30
	C35M	C35
	C40M	C40

Tabelle 5: Festigkeitsklassen für einheimisches Laubholz und Zuordnung der Sortierklassen zu den Festigkeitsklassen der DIN 1052:2008 (im Vergleich dazu Bongossi)

Sortierung nach DIN 4074-5:2003 visuell	Festigkeitsklassen nach DIN 1052:2008, Tabelle F. 7 und F. 8
LS10 (Eiche)	D30
LS10(Buche)	D35
LS13(Buche)	D40
LS10 (Bongossi)M	D60

Die **Bauschnitthölzer aus Nadel- oder Laubholz** werden heute trockensortiert bzw getrocknet angeboten (s. [12]).

Balkenschichthölzer sind geklebte Holzbauteile, die entweder aus zwei (Duo- Balken) oder drei (Trio- Balken) miteinander verklebten Bohlen- oder Kanthölzern mit einer Holzfeuchte unter 15% bestehen.



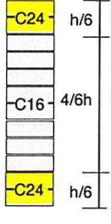
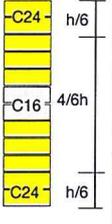
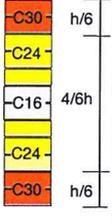
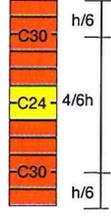
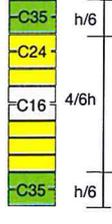
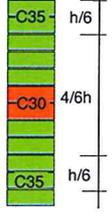
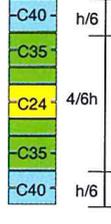
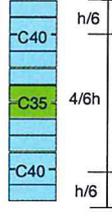
Bild 2: Trägerrostkonstruktion 9x9/12x12 m aus Duobalken nach Z.9.1-440

Ihre Herstellung und Anwendung ist in der bauaufsichtlichen Zulassung Z.9.1-440 geregelt (s. [12]).

Brettschichtholz besteht aus mindestens drei miteinander verklebten Brettlagen aus Nadelholz (s. [12]). Je nach Pressentechnologie können unterschiedlich große Querschnitte hergestellt werden. Hinsichtlich des Querschnittsaufbaues unterscheidet man nach DIN 1052:2008 kombinierten Aufbau und homogenen Aufbau (s. Tabelle 6). Insgesamt stehen jetzt 8 Brettschichtholzklassen zur Verfügung.

In Zukunft wird man auch Brettschichtholz aus Laubschnittholz mit Festigkeiten bis GL48 herstellen (siehe [9]) können.

Tabelle 6: Festigkeitsklassen GL24 bis GL36 nach DIN 1052:2008, Anhang F.9 und Aufbau des Brettschichtholzes (weitere Informationen: www.brettschichtholz.de)

Bezeichnung nach DIN1052	GL 24		GL 28		GL 32		GL 36	
	c ²	h ³⁾	c ¹⁾	h ²⁾	c ¹⁾	h ²⁾	c ¹⁾	h ²⁾
äußere Lamellen	C 24	C 24	C 30	C 30	C 35	C 35	C 40	C 40
innere Lamellen	C 16	C 24	C 24	C 30	C 24	C 35	C 35	C 40
innere 10 % ¹⁾	-keine	C 16	C 16	C 24	C 16	C 30	C 24	C 35
Querschnitts-aufbau								
Festigkeitsklasse	GL 24 c	GL 24 h	GL 28 c	GL 28 h	GL 32 c	GL 32 h	GL 36 c	GL 36 h

¹⁾ Bei überwiegend Flachkant- Biegebeanspruchung besteht die Möglichkeit niedrigere Festigkeitsklassen anzuordnen

²⁾ Kombiniertes Brettschichtholz unter Verwendung von Brettlagen aus unterschiedlichen Festigkeitsklassen

³⁾ Homogenes Brettschichtholz

Die Anwendung der Holzbaustoffe ist nach DIN 1052:2008, Abschnitt 7.2 bis 7.12 von den Nutzungsbedingungen abhängig (s. Tabelle 7).

Tabelle 7: Verwendung von Holzbaustoffen nach den Regeln der DIN 1052:2008, Abschnitt 7.2 bis 7.12

Holzbaustoff		Nutzungsklasse		
		1	2	3
 (anwendbar in den Nutzungsklassen)				
Vollholz	Visuell oder maschinell sortiert			
Keilgezinktes Vollholz	Visuell oder maschinell sortiert			-
Brettschichtholz	DIN 1052:2008, Anhang H			
Balkenschichtholz	Bauaufsichtliche Zulassung			-
Furnierschichtholz	Bauaufsichtliche Zulassung			
Brettsperrholz	Bauaufsichtliche Zulassung			-
OSB-Platten	OSB/2 n. DIN EN 13986		-	-
	OSB/3 n. DIN EN 13986			-
	OSB/4 n. DIN EN 13986			-
Kunstharzgebundene	Spanplatten Klasse P4 und P6 n. DIN EN 13986		-	-

Holzspanplatten	Spanplatten Klasse P5 und P7 n. DIN EN 13986			-
Zementgebundene Holzspanplatten	n. DIN EN 13986			
Holzfaserverplatten	MBH.LA2 n. DIN EN 13986		-	-
	HB.HLA2 n. DIN 13986			-
Gipskartonplatten	GKB n. DIN 18180		-	-
	GKBI n. DIN 18180			-
	GKF n. DIN 18180		-	-
	GKFI n. DIN 18180			-
Sperrholz	Klasse „Trocken“ n. DIN EN 13986		-	-
	Klasse „Feucht“ n. DIN EN 13986			-
	Klasse „Außen“ n. DIN EN 13986			

6. Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Werden über die gesamte Nutzungszeit bestimmte Grenzwerte der Verformungen oder Schwingungen eingehalten, so ist die Gebrauchstauglichkeit gewährleistet.

Durchbiegungsgrenzwerte:

Der Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte ist nicht mehr zwingend vorgeschrieben. Der Tragwerksplaner kann ihn dort führen, wo er ihn für notwendig hält. Definiert werden nach Bild 3 drei Durchbiegungsanteile.

Gesamt-Enddurchbiegung = $w_{fin} - w_0$

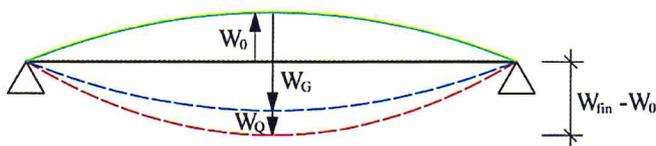


Bild 3: Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (Durchbiegungen) nach DIN 1052:2008, Abschnitt 8.3 und 9.2 (w_0 = Überhöhung, w_G = Durchbiegung aus Eigenlast, w_Q = Durchbiegung aus veränderlichen Lasten)

Verformungsnachweis:

Die Enddurchbiegung w_{fin} eines Holzbauteiles wird unter Berücksichtigung des Kriechens nach DIN 1052:2008, Abschnitt 8.3 Gl. (6) bis Gl. (9) berechnet. Das Materialkriechen wird bei ständigen Lastenwirkungen in Abhängigkeit von der Holzfeuchte und der Lastwirkungsdauer rechnerisch durch einen k_{def} -Wert berücksichtigt (siehe DIN 1052:2008, Tabelle F 2). Bei veränderlichen Lasten wird das Kriechen für den quasi-ständigen Anteil der Lasten berücksichtigt (siehe DIN 1052:2008, Abschnitt 9).

Schwingungen:

Schwingungen können die Funktionsfähigkeit eines Bauwerkes oder Bauteiles beeinflussen. Nach DIN 1052:2004 ist festgelegt, dass, wenn kein genauere Nachweis geführt wird, die Durchbiegung bei Decken in Wohngebäuden für

$$w_{G,inst} + \psi_2 \cdot w_{Q,inst} \leq 6 \text{ mm}$$

zu begrenzen ist (s. DIN 1052:2004, Abschnitt 9.3. (2)). Zur Durchführung genauer Nachweise enthält [4] ausführliche Darlegungen.

7. Neue Regeln für Verbindungsmittel

Tragverhalten und konstruktive Regeln

Seitdem man Holz für konstruktive Zwecke verwendet, bestehen Aufgabe und Schwierigkeit darin, die durch das natürliche Wachstum begrenzten Holzlängen und Holzquerschnitte zu einer tragfähigen Konstruktion zu verbinden.

Hinsichtlich des Verformungsverhaltens unterscheidet man im Holzbau nach „starren“ und „nachgiebigen“ Verbindungsmitteln. Klebstoffe als Verbindungsmittel weisen ein „starres“ Verformungsverhalten auf (s. Bild 4).

Alle anderen Verbindungsmittel zeigen mehr oder weniger große Verformungen bei der Lastübertragung. Sie werden auch als „nachgiebige“ Verbindungsmittel bezeichnet (s. Bild 4).

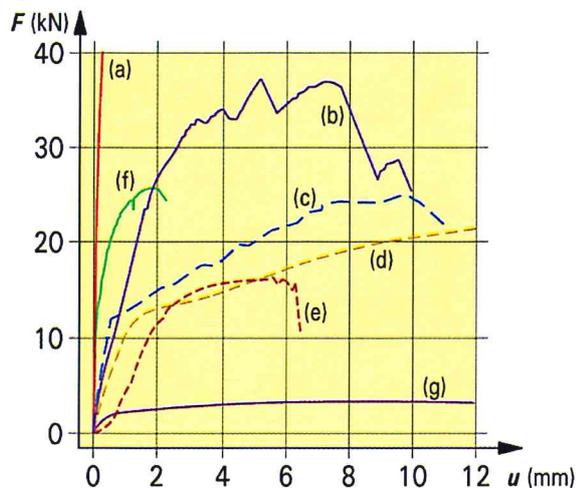


Bild 4: Last- Verformungs- Kurven für verschiedene Verbindungsmittel bei Beanspruchung auf Zug; Kurven: a) geklebte Verbindung ($12,5 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$), b) Einlassdübel ($\varnothing 100 \text{ mm}$), c) zweiseitiger Einpressdübel ($\varnothing 62 \text{ mm}$), d) Stabdübel ($\varnothing 14 \text{ mm}$), e) Bolzen ($\varnothing 14 \text{ mm}$), f) Nagelplatte (10^4 mm^2), g) Nägel ($\varnothing 4,4 \text{ mm}$), aus [10]

Holzbauverbindungen können auf zwei Arten versagen. Ein sprödes Versagen erfolgt zuerst im Holz bei niedrigen Beanspruchungen und geringen Verformungen. Ganz anders verläuft ein duktiles Versagen. Die Verbindung ist in der Lage vor dem Bruch relativ hohe Beanspruchungen bei großen Verformungen aufzunehmen. In diesem Fall versagt zuerst das Verbindungsmittel. Das Bild 5 zeigt dieses Verhalten am Beispiel einer Stabdübelverbindung.

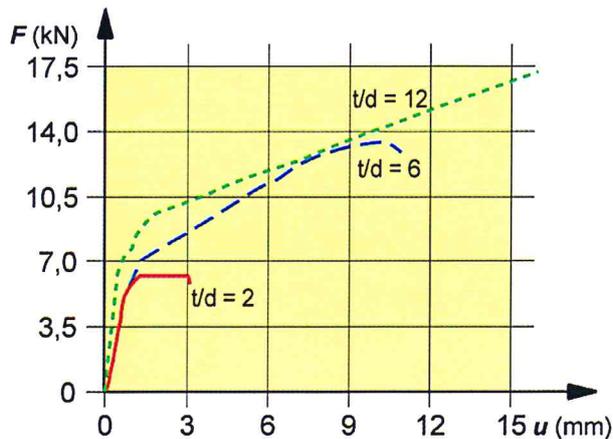


Bild 6: Einfluss der Schlankheit von Stabdübeln (t = Holzdicke des Mittelholzes; d = Stabdübeldurchmesser) auf das Tragverhalten einer Holz- Holz- Verbindung (zweischnittig) bei Zugbeanspruchung parallel zur Faser (nach [10])

Das duktile Verhalten nimmt mit größer werdender Schlankheit des Stabdübels zu. Eine duktile Verbindung ist in jedem Fall anzustreben.

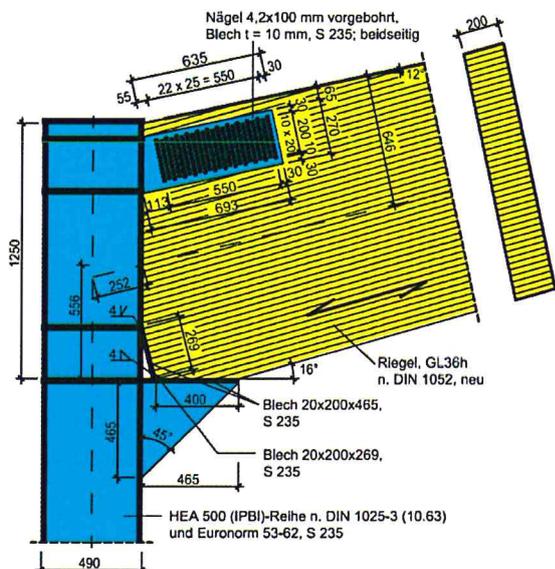


Bild 7: Rahmenecke mit vorgebohrten Nägeln für einen 28 m weit spannenden Dreigelenkrahmen (Berechnung s. [1])

Die völlig neuen Berechnungsverfahren der DIN 1052:2004 berücksichtigen stärker als bisher die maßgebenden Einflußgrößen auf die Tragfähigkeit von Verbindungen. Tabelle 8 gibt eine Übersicht über die in der DIN 1052:2004 geregelten Verbindungen und Verbindungsmittel.

Tabelle 8: Regelungen zu Verbindungen und Verbindungsmitteln in der DIN 1052:2004

Bemessung von Verbindungsmitteln nach DIN 1052:2008	
Verformungsverhalten	
„starr“	„nachgiebig“
Abschnitt in DIN 1052:2008	Abschnitt in DIN 1052:2008
14.2 Schraubenpressklebung	12. Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln (Stabdübel, Passbolzen, Bolzen,

Literatur:

- [1] Lißner, Felkel, Hemmer, Radovic, Rug, Steinmetz: DIN 1052 Praxishandbuch Holzbau (BDZ., Hrsg), Beuth- und WEKA- Verlag, Berlin/Augsburg 2005
- [2] Rug, W; Mönck, W.: Holzbau; 15. Auflage, Verlag Bauwesen, Berlin 2006; (www.holzbau-statik.de)
- [3] Werner, G; Zimmer, K.: Holzbau Teil 1 und 2; 3. Auflage, neubearbeitet von Zimmer, K. und Lißner, K. ,Springer Verlag Berlin, Heidelberg 2004/2005
- [4] Blaß, Ehlbeck, Kreuzinger, Steck: Erläuterungen zu DIN 1052:2004-08, DGfH, München 2004
- [5] Lißner, K.; Rug, W.; Steinmetz, D.: DIN 1052:2004- Neue Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken, Teil 1: Material- und Werkstoffverhalten, In: Bautechnik 84 (2007) H. 8, S. 544-58
- [6] Lißner, K.; Rug, W.; Steinmetz, D.: DIN 1052:2004- Neue Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken, Teil 2: Anwendungsbereich und holzbauspezifische Grundlagen des neuen Sicherheitskonzeptes, In: Bautechnik 84 (2008) H1, S. 1-17
- [7] Lißner, K.; Rug, W.; Steinmetz, D.: DIN 1052:2004- Neue Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken, Teil 3: Bemessung von einteiligen Holzbauteilen, In: Bautechnik 84 (2008), H 4, S. 258- 276
- [8] Lißner, K.; Rug, W.; Steinmetz, D.: Neue Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken, Teil 4(1) und Teil 4(2): Bemessung von Verbindungen und stiftförmigen und sonstigen mechanischen Verbindungsmitteln: In: Bautechnik 85(2008) H11, S752-768 und Bautechnik 85(2008) H12, S. 844-854
- [9] Blaß, H.J.; Denzler, J. u. a: Biegefestigkeit von Brettschichtholz aus Buche, In: Karlsruher Berichte zum Ingenieurholzbau, Band 1, Universität Karlsruhe 2005
- [10] Racher, P.: Mechanische Holzverbindungen-Allgemeines, In: Step 1, Düsseldorf 1995
- [11] Johansen, K. W.: Theory of timber connections. International Association of Bridge and Structural Engineering, Publication No. 9, pp. 249-262
- [12] Glos, P.; Grosser, D.; Radovic, B.; Rug, W.: Holz als konstruktiver Baustoff, In: holzbauhandbuch, Reihe 4, Teil 1, Folge 1, Holzabsatzfond, Bonn 2009 (www.informationsdienst-holz.de)