

**Ergänzung bzw. Präzisierung der für die Nachweisführung zur Stand- und Tragsicherheit sowie Gebrauchstauglichkeit von Holzkonstruktionen in der Altbausubstanz maßgebenden Abschnitte der DIN 1052: August 2004**

**T 3068**

**T 3068**

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2005, ISBN 3-8167-6734-6

Vervielfältigung, auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.IRBbuch.de](http://www.IRBbuch.de)

---

# **Forschungsbericht**

**Ergänzung bzw. Präzisierung der für die Nachweisführung zur  
Stand- und Tragsicherheit sowie Gebrauchstauglichkeit von  
Holzkonstruktionen in der Altbausubstanz maßgebenden Ab-  
schnitte der DIN 1052: August 2004**

**von**

**Karin Lißner und Wolfgang Rug**

**Diese Arbeit wurde gefördert durch die  
Deutschen Gesellschaft für Holzforschung e. V. mit Mitteln des  
Deutschen Institut für Bautechnik, Berlin**

**Ingenieurbüro Dr. Lißner, Dresden  
Ingenieurbüro Dr. Rug & Partner, Wittenberge  
September 2004**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2. Die Berechnung historischer Holzkonstruktionen in der Altbausubstanz auf der Grundlage der geltenden bauaufsichtlichen Bestimmungen</b>	<b>3</b>
<b>3. Zum Stand der Entwicklung – Literaturoswertung zum Thema</b>	<b>10</b>
<b>4. Der Nachweis der Stand- und Tragsicherheit sowie Gebrauchstauglichkeit von Holzbauteilen in Altbaukonstruktionen</b>	<b>15</b>
4.1 Bestimmung der Holzart und Sortierklasse	15
4.2 Ermittlung von Festigkeits- und Steifigkeitskennwerten von Holzbauteilen im Altbau	18
4.3 Bestimmung der Festigkeitsklasse	19
4.4 Bewertung des Einflusses von Schädigungen auf die Festigkeit und Tragfähigkeit von Holzbauteilen	20
4.5 Besonderheiten der Nachweisführung zur Stand- und Tragsicherheit sowie Gebrauchstauglichkeit	22
<b>5. Nachweis der Tragfähigkeit historischer Holzbauverbindungen</b>	<b>24</b>
5.1 Bestimmung der tragfähigkeitsbeeinflussenden Festigkeitseigenschaften von Verbindungen	24
5.2 Bewertung des Einflusses von Schädigungen auf die Tragfähigkeit von Verbindungen	25
5.3 Besonderheiten der Nachweisführung	27
5.3.1 Zimmermannsmäßige Verbindungen	27
5.3.2 Ingenieurmäßige Verbindungen	31
<b>6. Historische Holzbauweisen und DIN 1052</b>	<b>33</b>
6.1 Die erste Holzbauvorschrift	33
6.2 Die DIN 1052	34
<b>7. Zusammenfassung</b>	<b>38</b>
<b>8. Literaturverzeichnis</b>	<b>39</b>
<b>9. Anlagen</b>	<b>42</b>
A1: Auswertung der Literatur zum Stand der Entwicklung auf dem Gebiet der Nachweisführung zur Stand- und Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit von Holzkonstruktionen im Altbau	
A2: Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Nadelholz der Festigkeitsklassen C14 bis C50 nach DIN 1052, Anhang F.5:2004	
A3: Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Laubholz der Festigkeitsklassen D30 bis D70 nach DIN 1052, Anhang F.7:2004	
A4: Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Brettschichtholz der Festigkeitsklassen GL24 bis GL36 nach DIN 1052, Anhang F.9:2004	
A5: Kriterien zur visuellen und maschinellen Sortierung für Kanthölzer aus Nadelschnitt- und Laubschnittholz nach DIN 4074-1 und DIN 4047-5	
A6: Sortiermerkmal Schwindrisse bei Nadelschnittholz (Kantholz) in Abhängigkeit von der Sortierklasse nach DIN 4074-1:2003	
A7: Sortiermerkmal Schwindrisse bei Laubschnittholz (Kantholz) in Abhängigkeit von der Sortierklasse nach DIN 4074-5:2003	
A8: Entwicklung wichtiger Holzbauvorschriften in Deutschland seit 1920 (nach [105])	
A9: Zulässige Spannungen für Vollholz in den Bemessungsnormen seit 1926	
A10: Elastizitäts- und Schubmoduln für Vollholz in den Berechnungsnormen seit 1926	
A11: Regelung der Mindestquerschnitte in den Holzbauvorschriften seit 1926	
A12: Regelung zu den Holzwerkstoffen in den Holzbauvorschriften seit 1926	
A13: Entwicklung der Normung der Dübel besonderer Bauart in den Holzbauvorschriften seit 1926	
A14: Regelungen zur Berechnung und Konstruktion von zusammengesetzten Querschnitten in den Holzbaunormen seit 1926	
A15: Ergänzungen zu den für den Nachweis der Stand- und Tragsicherheit sowie Gebrauchstauglichkeit von Holzkonstruktionen in der Altbausubstanz notwendigen Abschnitten der DIN 1052:2004	

## 1. Einleitung

In den allgemeinen Anforderungen der Landesbauordnungen wird nicht nur für den Neubau baulicher Anlagen die Einhaltung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung gefordert, sondern die geforderte Einhaltung gilt auch für die Änderung und Instandhaltung (damit natürlich auch für die Instandsetzung) von bestehenden baulichen Anlagen.

Weiterhin wird gefordert, dass die von der obersten Bauaufsichtsbehörde eingeführten Technischen Baubestimmungen zu beachten sind. Die einzuhaltenden Technischen Baubestimmungen beinhalten jedoch grundsätzlich nur Regeln für die Errichtung neuer Bauten. Und das, obwohl inzwischen das Bauvolumen im Bereich der Erhaltung, Instandsetzung und Modernisierung der bestehenden Bausubstanz bei ca. 60 % des Gesamtbauvolumens liegt. In Zukunft wird das Bauen im Bestand noch weiter an Bedeutung zunehmen (*Peil [58]*).

Werden durch Umnutzung eines Gebäudes oder durch die Beseitigung von Bauschäden Eingriffe in die historische Bausubstanz notwendig, so sind die in diesem Zusammenhang stehenden statischen Nachweise nach den bauaufsichtlichen Regeln durchzuführen. Gerade bei historischen Holzkonstruktionen ergeben sich bei der Anwendung der bauaufsichtlichen Regeln Sicherheitslücken.

Ziel des Vorhabens ist die Erarbeitung von ergänzenden Hinweisen und Richtlinien zur neuen DIN 1052, die quasi ergänzend zu den Regeln der Norm die Belange der Erhaltung, Instandsetzung und Modernisierung älterer Holzkonstruktionen berücksichtigen. Damit soll ein Beitrag zur realistischen Beurteilung der Standsicherheit alter Holzbausubstanz geleistet werden.

## 2. Die Berechnung historischer Holzkonstruktionen in der Altbausubstanz auf der Grundlage der geltenden bauaufsichtlichen Bestimmungen

Ausgangspunkt der Arbeit des Tragwerksplaners bei der Bewertung der Bausubstanz, ihrer Erhaltungswürdigkeit und Prüfung auf Instandsetzungsnotwendigkeiten ist die allgemeine Überprüfung der statisch-konstruktiven Funktionsfähigkeit der eingebauten Bauteile. Prinzipiell erfolgt dies nach dem in Bild 2.1 dargestelltem Ablaufschema.

Die neue Berechnungsnorm für den Holzbau, DIN 1052:2004 (s. Tabelle 2.2) gilt nach Abschnitt 1 sinngemäß auch für Bauten im Bestand, soweit in den speziellen Normen nichts anderes bestimmt ist.

Will man die Beanspruchbarkeit von Holzbauteilen und -verbindungen in Altbauten beurteilen, so sind nach den Regeln der Berechnungsnorm DIN 1052:2004 die für die Nachweisführung notwendigen Eingangsgrößen wie charakteristische Festigkeits- und Steifigkeitskennwerte festzulegen. Es ist also zunächst festzustellen, in welche Sortier- oder Festigkeitsklasse das verbaute Holz eingeordnet werden kann. Grundlage hierfür ist die in der Liste der Technischen Baubestimmungen enthaltene DIN 4074 (s. Bild 2.2 und Tabelle 2.1). Mit der Aufnahme der Sortiervorschrift DIN 4074 als Produktnorm in die Bauregelliste A gilt das nach den in der DIN 4047-1 und DIN 4074-5 festgelegten Kriterien sortierte Nadel- und Laubholz als geregeltes Bauprodukt.

Die Übereinstimmung der Sortierung nach den bauaufsichtlichen Regeln der DIN 4074 ist durch ein Übereinstimmungskennzeichen, entweder auf dem Holz selbst (Prägestempel) oder mindestens auf dem Lieferschein zu bestätigen. Visuell sortiertes Holz ist mit dem Ü- Zeichen des Herstellers (ÜH- Zeichen) und maschinell sortiertes Holz mit dem Ü- Zeichen des Herstellers unter Angabe der fremdüberwachenden Stelle (ÜZ- Zeichen) zu kennzeichnen. Wer nicht gekennzeichnetes Holz in Umlauf bringt, verhindert die Nachvollziehbarkeit der Einhaltung der Regeln der Technischen Baubestimmungen. Es kann dann nicht mehr zweifelsfrei festgestellt werden, ob es sich bei dem für statische Zwecke verwendeten Holz um ein nach den bauaufsichtlichen Regeln klassifiziertes Holz handelt. Hierfür haftet derjenige, der nicht gekennzeichnetes Holz in Verkehr bringt.

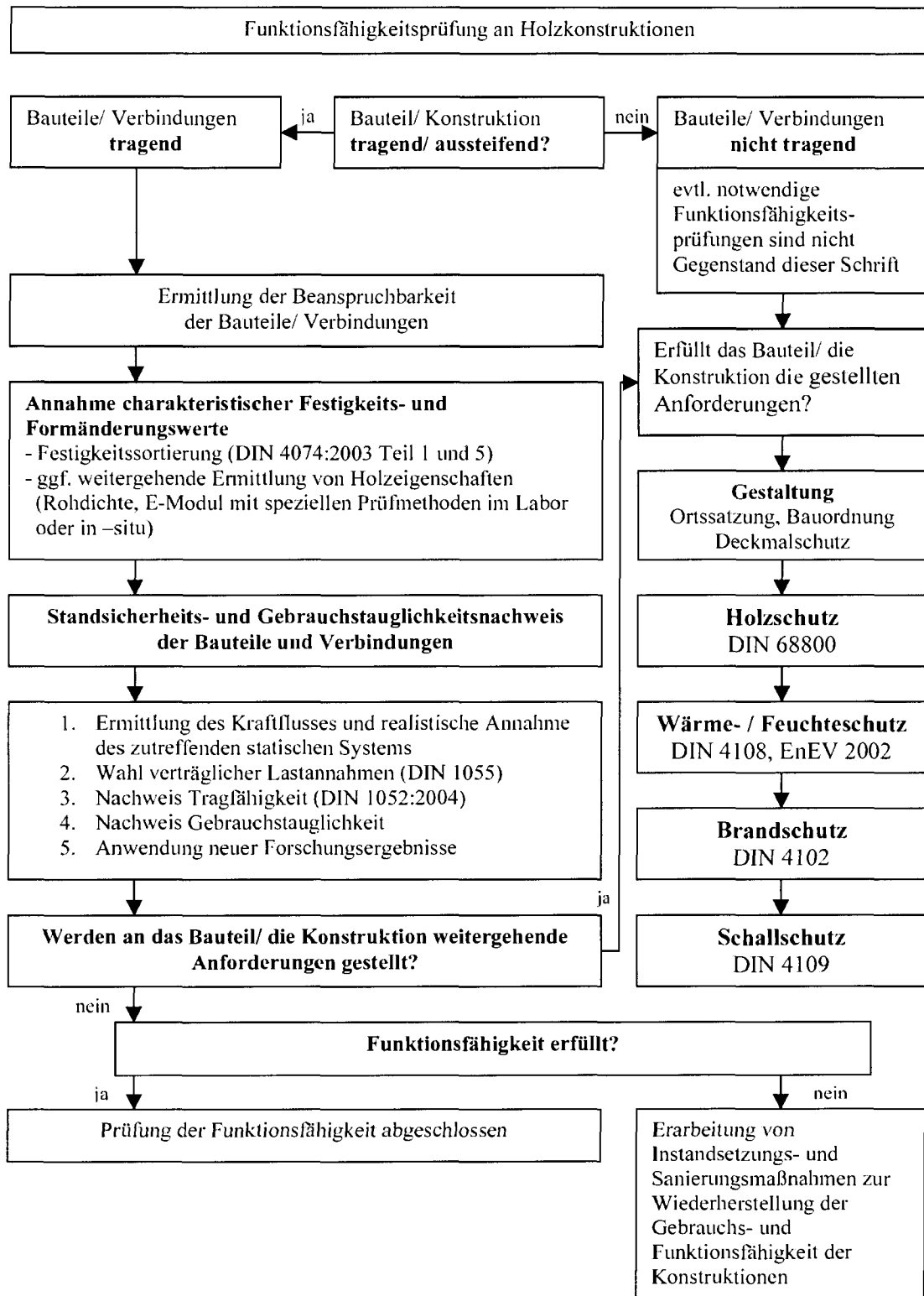


Bild 2.1: Ablaufschema zur Prüfung der Funktionsfähigkeit an Holzkonstruktionen in Altbauten (nach [Becker, Tichelmann [113]], [Lißner, Rug [1]])

Tabelle 2.1: Bauaufsichtlich eingeführte Regeln für die Sortierung von Bauholz (Vollholz) nach der Tragfähigkeit als Voraussetzung für die Nachweisführung zur Stand- und Tragsicherheit sowie Gebrauchstauglichkeit von Holzkonstruktionen in Altbauten nach DIN 1052:2004

<sup>1)</sup> Sortierung bezogen auf eine Messbezugsfeuchte von 20%

Norm	Anwendungsbereiche der Norm	Sortiermerkmale <sup>1)</sup>	
4074-1 Ausgabe Juni 2003 Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit Teil 1: Nadelschnittholz	Norm gilt für <b>Nadelschnitthölzer</b> für Bauteile, die nach der Tragfähigkeit zu bemessen sind. Festlegung von Sortiermerkmalen und –klassen als Voraussetzung für die Festlegung und Anwendung von Rechenwerten für die Nachweise der Grenzzustände der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit.	Äste Faserneigung Markröhre Jahrringbreite Risse Baumkante Krümmung Verfärbungen, Fäule Druckholz Insektenfraß durch Frischholzinsekten Sonstige Merkmale	
	Sortierverfahren		
	visuelle Sortierung		maschinelle Sortierung
	in Sortierklassen S7, S10 und S13		In Festigkeitsklassen bis C 24, C 24 bis C 35, über C 35
4074-5 Ausgabe Juni 2003 Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit Teil 5: Laubschnittholz	Norm gilt für <b>Laubschnitthölzer</b> für Bauteile, die nach der Tragfähigkeit zu bemessen sind. Festlegung von Sortiermerkmalen und –klassen als Voraussetzung für die Festlegung und Anwendung von Rechenwerten für die Nachweise der Grenzzustände der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit.	Äste Faserneigung Markröhre Jahrringbreite Risse Baumkante Krümmung Verfärbungen, Fäule Druckholz Insektenfraß durch Frischholzinsekten Sonstige Merkmale	
	Sortierverfahren		
	visuelle Sortierung		maschinelle Sortierung
	in Sortierklassen S7, S10 und S13		in die Festigkeitsklassen bis D 30, D 35 bis D 40, über D 40

Nach den Sortiernormen DIN 4074-1 und DIN 4074-5 ist es möglich, das Schnittholz visuell oder maschinell zu sortieren. Die Gruppen der Nadel- und Laubhölzer werden nach genormten Kriterien visuell (d. h. durch Inaugenscheinnahme) sortiert. Bei visueller Sortierung kann das Holz aber bei der Sortierung unterschiedlicher Holzarten (z. B. bei Nadelholz aus Fichte, Tanne, Lärche oder Douglasie) nicht nach einheitlichen Festigkeitseigenschaften klassifiziert werden. Die Sortiermethode korreliert nicht direkt und auf relativ niedrigem Niveau mit den Festigkeitseigenschaften (Korrelationskoeffizienten  $r < 0,5$ ). Das Ergebnis der visuellen Sortierung entsprechend DIN 4074-1 und 4074-5 sind Sortierklassen. Ihre Zuordnung zu den Festigkeitsklassen der DIN 1052:2004 erfolgt über Zuordnungstabellen in DIN 1052 (gemäß Tabelle F.6 für Nadelholz und F.8 für Laubholz).

Bei Anwendung der maschinellen Sortierung mit einer zertifizierten Sortiermaschine, die auf direktem Wege Festigkeitswerte des Holzes ermittelt, erhält man Holz, welches direkt den in Anhang F.5 und F.7 angegebenen Festigkeitsklassen zugeordnet werden kann.

Bei der Sortierung des Holzes nach der Tragfähigkeit gemäß DIN 4074-1 für Nadelschnittholz und gemäß DIN 4074-5 für Laubschnittholz im Altbau stößt man auf eine Reihe von Schwierigkeiten und Problemen, die eine Einhaltung der Regeln nicht gewährleisten. Folgende Punkte sind in diesem Zusammenhang zu nennen:

1. Die Sortiernormen sind ausschließlich ausgerichtet auf Schnittholz. Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts wurden aber häufig die Decken- und Dachkonstruktionen der historischen Bauten aus handbehauenen Balken und Kanthölzern gefertigt.

2. Eine Festigkeitssortierung wird in der Praxis in vielen Fällen nicht durchgeführt. Ein Grund ist die verdeckte Lage der verbauten Holzbauteile (z. B. der Deckenbalken). Ein anderer Grund ist die fehlende Kenntnis über die Bedeutung der Festigkeitssortierung im Holzbau. Der Tragwerksplaner nimmt dann in seiner statischen Berechnung für verbautes Nadelholz die Sortierklasse S10 (Holz normaler Tragfähigkeit) nach DIN 4074-1 an. Damit wird überhaupt nicht untersucht, ob höhere Tragfähigkeiten genutzt werden können, oder eventuell anzutreffende niedrige Tragfähigkeiten bei der Tragwerksplanung unbedingt zu berücksichtigen sind.
3. Eine visuelle Sortierung darf nur von geschulten Fachkräften durchgeführt werden. Die Schulung ist auf Nachfrage gegenüber der Bauaufsichtsbehörde nachzuweisen. Diese Voraussetzung wird, wenn eine visuelle Sortierung von Holz in Altbauten durchgeführt wird, nicht erfüllt. Es gibt bisher keine speziellen Qualifizierungen für die visuelle Sortierung von Holz im Altbau.
4. Ist das Holzbauteil nicht vollständig einsehbar, so unterbleibt in der Regel eine exakte visuelle Überprüfung der Mindestanforderungen an die Ästigkeit, Faserneigung, Markröhre, Jahrringbreite, Risse, Baumkante, Krümmung u. s. w. (s. Tabelle A5).
5. Eine maschinelle Sortierung in Festigkeitsklassen darf nur von geeigneten Betrieben und nur mit einer Sortiermaschine sortiert werden, die von einer dafür anerkannten Stelle nach DIN 4074-3 geprüft worden ist. Eine maschinelle Sortierung von verbaulichem Holz im Altbau ist deshalb nicht möglich. Zertifizierte Verfahren für die maschinelle Sortierung von Holz im Altbau gibt es gegenwärtig nicht.
6. Das nach Tragfähigkeit sortierte Holz muss nach DIN 4074 Teil 1 oder DIN 4074 Teil 5 vom Hersteller mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü- Zeichen) nach der Übereinstimmungszeichenverordnung der Länder gekennzeichnet werden. Diese wichtige Regel ist eine wesentliche Voraussetzung für die Aufnahme von Vollholz als geregeltes Bauprodukt in die Bauregelliste A. Eine Umsetzung dieser Regel bei der Sortierung von Hölzern im Altbau wird zurzeit nicht praktiziert!
7. Die Sortierkriterien sind nach DIN 4074 auf eine mittlere Holzfeuchte von 20 % bezogen. Bei Altbauten wird dieser Wert in vielen Fällen unterschritten, d. h. eine Verminderung der Querschnittsflächen wird bei normaler weiterer Nutzung des Gebäudes nicht auftreten. In wie weit das den in der DIN 1052 festgelegten Materialfaktor beeinflusst und u. U. zur Erschließung von Sicherheitsreserven führt, wurde bisher nicht untersucht.

Die neue DIN 1052 enthält jetzt für Nadelholz statt 5 Festigkeitsklassen 12 Festigkeitsklassen und für Laubhölzer nicht mehr 3 Festigkeitsklassen, sondern 6 Festigkeitsklassen. Grundsätzlich kann mittels maschineller Sortierung das Holz in jede gewünschte Festigkeitsklasse sortiert werden. Wird mit der entsprechenden Fachkunde das Holz visuell sortiert, so ist bei Nadelholz eine Sortierung in die bekannten Sortierklassen S7, S10 und S13 möglich. Bei Laubholz erhält man dann die Klassen LS7, LS10, und LS13 (s. Tabelle A2 und A3 und DIN 1052, Anhang F.5 und Anhang F.7).

In DIN 1052 werden erstmals auch die charakteristischen Rohdichtewerte für jede Festigkeitsklasse geregelt. Da die Rohdichte sich relativ einfach am verbauten Holz ermitteln lässt, bietet dies nun die Möglichkeit einer Festigkeitssortierung an Holzbauteilen im Altbau.

Weit gefächert ist in der neuen DIN 1052 auch die Klassifizierung von homogenem oder kombiniertem Brettschichtholz aus mit Kunstharzen verklebten festigkeitssortierten Brettlagen (s. Tabelle A4). Eine Zuordnung von historischen Brettschichthölzern ist nicht möglich. Die heutigen Qualitätsanforderungen an die Brettlagen, die Klebstoffe und an die Nachweise zur Eignung des Herstellers zum Verkleben von Brettschichtholz sind auf die Bedingungen



früherer Produktion von Brettschichtholz nicht übertragbar. Für Holzkonstruktionen aus historischem Brettschichtholz (z. B. Bauteile der Hetzer AG., Weimar, der Fa. Christoph & Unmack AG., Niesky oder der Kübler AG., Stuttgart) sind dann in jedem Einzelfall spezielle Untersuchungen zur Festigkeit und Tragfähigkeit der Bauteile erforderlich.

Gelingt bei den Bauzustandsuntersuchungen an verbauten Hölzern mit ausreichender Sicherheit eine visuelle Sortierung nach DIN 4074 und werden die konstruktiven Forderungen der DIN 1052:2004 (s. Tabelle 2.2) erfüllt, so kann der Nachweis der Stand- und Tragsicherheit sowie der Gebrauchstauglichkeit für Holzbauteile und -verbindungen in Altbauten erbracht werden. Voraussetzung ist, dass keine festigkeits- oder tragfähigkeitsmindernden Schädigungen vorliegen.

Tabelle 2.2: Bauaufsichtlich eingeführte Regeln für die Nachweisführung zur Stand- und Tragsicherheit sowie Gebrauchstauglichkeit von Holzkonstruktionen in der Altbausubstanz nach DIN 1052:2004

Norm	Anwendungsbereich der Norm	Regeln
DIN 1052 Ausgabe August 2004 Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauteilen – Allgemeine Bemessungsregeln für den Holzbau	Norm gilt für die Berechnung von Bauwerken und von tragenden und aussteifenden Bauteilen aus Holz und Holzwerkstoffen. <b>Auch gültig für Fliegende Bauten, Bau- und Lehrgerüste sowie sinngemäß für Bauten im Bestand.</b>	Charakteristische Werte für Nadelschichtholz, Laubschichtholz, Brettschichtholz aus Nadelschichtholz, OSB – Platten und Sperrholz Nachweise für den Grenzzustand der Tragfähigkeit, wie zum Beispiel Querschnittstragfähigkeit unter Zug-, Druck-, Querdruck-, Querdzug- und Torsionsbeanspruchung, Stäbe nach dem Ersatzstabverfahren, Pultdach, Satteldach und gekrümmter Träger, geklebte Verbundbauteile, zusammengesetzte Stäbe mit nachgiebigem Verbund, Scheibenbeanspruchung von Tafeln, Stabilitätsnachweis n. Th. II. Ordnung. Verbindungen, Ausklinkungen, Durchbrüche und Verstärkungen, Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln (Stabdübel, Passbolzen, Bolzen, Gewindestangen, Nägel, Holzschrauben, Klammern), Sonstige mechanische Verbindungsmittel (Nagelplatten, Dübel besonderer Bauart), Klebungen (Schraubenpressklebungen, eingeklebte Holzstäbe, Tafelelemente, Keilzinkungen), Zimmermannmäßige Verbindungen (Versatz, Zapfen, Holznägel), Nachweis für die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit
DIN 1074 Ausgabe Mai 1991 Holzbrücken	Norm gilt für hölzerne Brücken unter Straßen, Rad- und Gehwegen. <b>Diese Norm gilt nur in Verbindung mit DIN 1052, T 1-3: 1988/ 1996.</b>	Baustoffe, Durchbiegungen und Überhöhungen, Bemessungsregeln/ Lastannahmen, Mindestquerschnitte, Bemessung, Mechanische Verbindungen, Holzschutz

Mit der Festlegung der Festigkeitsklasse lassen sich auch Aussagen zur Tragfähigkeit der in DIN 1052 geregelten zimmermannmäßigen Verbindungen treffen. Hier regelt die DIN 1052 jetzt die Nachweise für Versätze, Zapfen und Holznägel bis 30 mm Nageldurchmesser. Bei stiftförmigen Verbindungsmitteln lässt sich für die festgestellte Sortierklasse die charakteristische Lochleibungsfestigkeit bestimmen. Außerdem wird für den Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel die Festigkeit des Stahles benötigt. Für die Bestimmung der Verbindungsmittelfestigkeit ist jedoch die Kenntnis der Stahlgüte wichtig. Seit Einführung des Flusstahles für rohe Schrauben im Jahre 1934 (DIN 1050) kann hierfür die Stahlgüte S235 angenommen werden. Die Bewertung von Stahlgüten von Verbindungsmitteln aus der frühen Entwicklung des Stahlbaues ist schwierig, da die technischen Kennwerte starken Schwankun-

gen unterliegen. Hilfreich sind hier spezielle Untersuchungen für jeden Einzelfall. Die neuen vereinheitlichten Grundlagen für die Bemessung von stiftförmigen Verbindungsmitteln, aber auch für Dübel besonderer Bauart sind für Verbindungen von Holzkonstruktionen im Altbau durchaus von Vorteil, da sie die Berücksichtigung differenzierter Baustoffwerte erlauben. Voraussetzung ist die zuverlässige Bestimmung der maßgebenden Baustoffwerte im eingebauten Zustand.

Konstruktionen in Altbauten unterliegen über ihre teilweise sehr lange Nutzungszeit den unterschiedlichsten Beanspruchungen. Langandauernde Belastungen führten zu Kriechverformungen, Überlastungen verursachten Brüche, langandauernde Feuchte förderte tierischen oder pflanzlichen Befall der Holzsubstanz, Eingriffe der Nutzer in das Tragwerk veränderten das ursprüngliche statische System, langzeitige Temperatureinwirkung oder aggressive Medien veränderten die Holzstruktur, Brände und Bombenabwürfe schädigten die Konstruktion, Baumängel aus der Entstehungszeit führten zu Überbeanspruchungen, frühere unsachgemäße Instandsetzungen schädigten die Konstruktionen u.s.w. Daraus ergibt sich, dass Altbaukonstruktionen in den seltensten Fällen den Regeln der Norm entsprechen und in jedem Einzelfall zusätzliche Untersuchungen zum Bauzustand, der Art und dem Umfang der Baumängel und Bauschäden sowie den Schadensursachen notwendig werden. Ohne diese zusätzlichen Untersuchungen kann keine fachkundige Entscheidung zu der Erhaltungsfähigkeit der Konstruktionen und der Instandsetzungsstrategie gefällt werden.

Je nach Bedeutung des einzelnen Bauteils für das Tragverhalten der gesamten Konstruktion und zusätzlicher denkmalschutzrechtlicher Anforderungen ergeben sich differenzierte Fragen, die im Rahmen der Beurteilung der Standsicherheit, Trag- und Nutzungsfähigkeit bzw. Gebrauchstauglichkeit von Holzbauteilen in Altbauten zu klären sind.

Bei Konstruktionen im Altbau geht es deshalb nicht um den freien Entwurf von Bauteilen, sondern in erster Linie um die Bewertung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit von verbauten Bauteilen im Hinblick auf ihre weitere Nutzung. Bedingt durch die Nutzungsgeschichte einer bestehenden Konstruktion sind zusätzliche Prüfungen und Untersuchungen notwendig. Es gilt in jedem Fall sorgfältig zu prüfen, ob die Eingangsgrößen in die Berechnung (wie z.B. Lastannahmen, Festigkeitsklasse, Festigkeit, Tragfähigkeit der Verbindung, vorhandene Querschnittsmaße, Einhaltung von Randabständen und Mindestquerschnitten, notwendige Abminderungen oder Erhöhungen der Tragfähigkeit) im vorliegenden Fall zutreffend sind. Der Nachweis der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit schließt deshalb zusätzliche Untersuchungen zum tatsächlichen Kraftfluss und dem real vorliegenden statischen System sowie aus der zukünftigen Nutzung resultierenden statischen Anforderungen ein.

Das Bild 2.2 gibt einen Überblick über die Komplexität des Untersuchungsspektrums. So müssen die vom Tragwerksplaner getroffenen Annahmen vor Ort genau analysiert werden. Der Tragwerksplaner hat in jedem Fall eine genaue geometrische Erfassung der wesentlichen Bauteile und Verbindungen selbst vorzunehmen und diese zeichnerisch exakt zu dokumentieren. Liegen Bestandsunterlagen vor, so muss er diese sorgfältig prüfen und gegebenenfalls ergänzen. Unerlässlich ist hierbei die exakte Feststellung der Struktur des Lastabtrages mit den maßgebenden Verbindungen und Aussteifungen sowie der einflussgebenden Verformungen. Besonders wichtig ist dabei auch die Festlegung der in realistischer Näherung anzunehmenden statischen Systeme und der maßgebenden Beanspruchungen bzw. Belastungen.

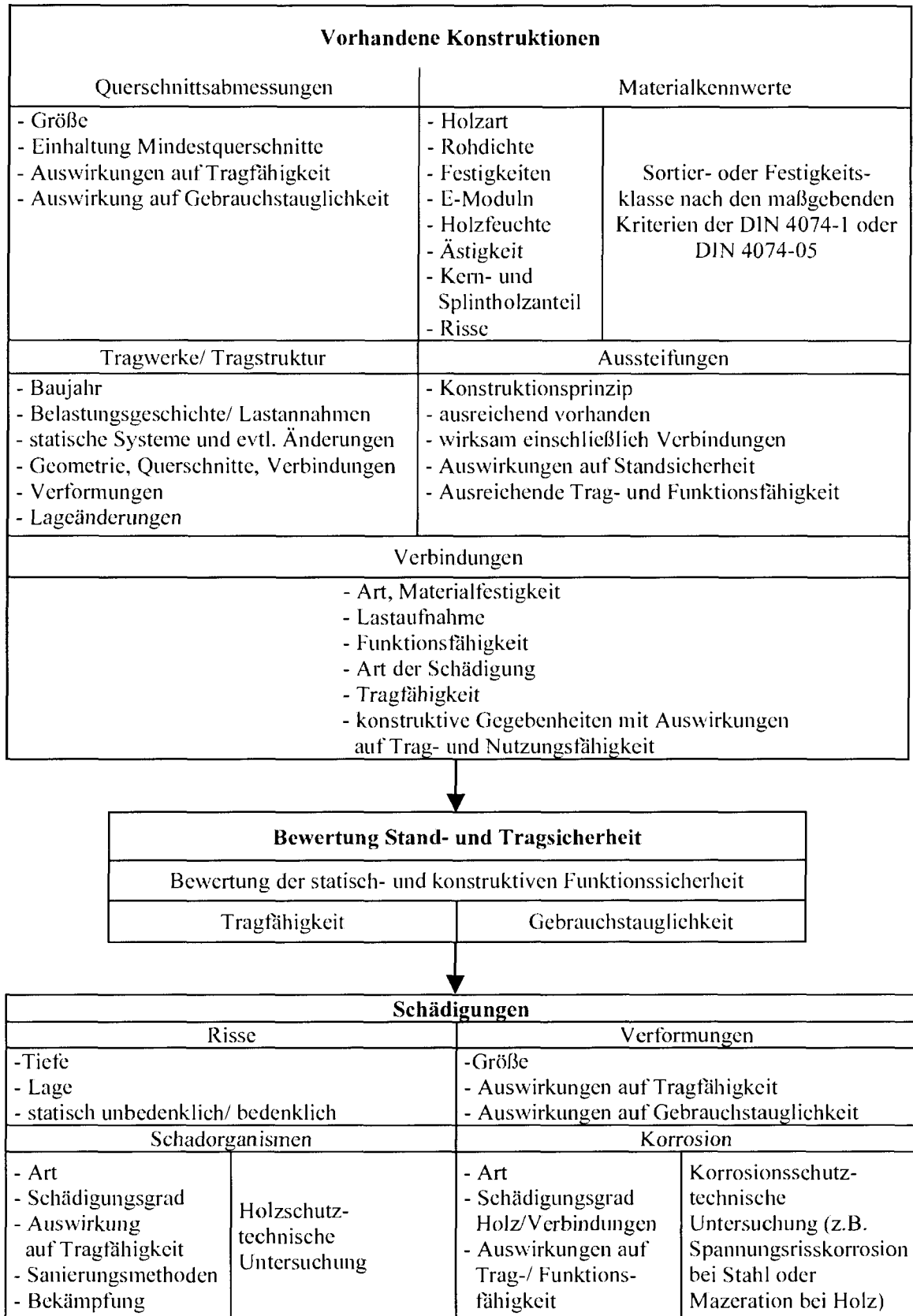


Bild 2.2: Einzelaspekte für die Beurteilung der Stand- und Tragsicherheit sowie Gebrauchstauglichkeit von Holzkonstruktionen in Altbauten

Erst nach einer genaueren in-situ-Prüfung der verbauten Holzqualitäten und einflussgebenden Baumängel/ Bauschäden kann die Trag- und Funktionsfähigkeit der Altholzbauteile mit den vordringlich auf Neubauten ausgerichteten Technischen Baubestimmungen rechnerisch nachgewiesen werden.

Grundsätzlich muss ebenfalls geprüft werden, welche Anforderungen aus den Normen nicht eingehalten werden können. Dies erfordert eine Standsicherheitsuntersuchung zum Zeitpunkt vor einer notwendigen Sanierung und Instandsetzung sowie eine Untersuchung unter Berücksichtigung künftiger Nutzeranforderungen. Danach kann ein fundiertes Standsicherheitskonzept entwickelt werden, welches Vorschläge für Instandsetzungen, Entlastungen, Verstärkungen, Veränderung der vorhandenen Tragstrukturen oder auch die begründete Abweichung von Neubausicherheiten und -grenzverformungen enthält.

Die statische Untersuchung wird im allgemeinen stufenweise durchgeführt. Über erste grobe Näherungen wird ein erstes Gefühl über die Hauptbeanspruchungen am Tragwerk entwickelt und im Folgenden wird der Tragwerksplaner die Berechnung verfeinern, um ein immer realistischeres Bild vom Tragvermögen und der Standsicherheit der Konstruktion zu erhalten. Dabei verführt die schnelle Verfügbarkeit von Rechenprogrammen zu vorschnellen Schlüssen. Glaubt man den Zahlenwerten, so wird man in vielen Fällen feststellen, dass die Konstruktion nicht mehr standsicher ist und manchmal auch schon eingestürzt sein müsste. Bei näherer Betrachtung fällt auf, dass die rechnerische Modellbildung nicht mit dem realen Zustand der Konstruktion übereinstimmt, denn die historische Konstruktion hat trotz Schädigungen Jahrhunderte überlebt - ein Hinweis, dass die durchgeführte Modellbildung falsch ist, weil die Annahmen zur Tragstruktur, zur Wirkung der Nachgiebigkeit der Verbindungen, des Lastabtrages der Verbindungen, zur Veränderung der historischen Tragstruktur infolge von Eingriffen, von Lastumlagerungen und von den Schädigungen nicht gründlich genug getroffen wurden.

### 3. Zum Stand der Entwicklung – Literaturobwertung zum Thema

Seit Mitte der achtziger Jahre sind in Deutschland verschiedene Aspekte der Beurteilung und Bewertung von Holzbauteilen im Altbau untersucht worden. Eine Übersicht über die wichtigste Literatur auf den betreffenden Gebieten gibt die Tabelle A1. Nachfolgend werden einige wichtige Ergebnisse kurz vorgestellt.

#### **Festigkeit von Altholz:**

Zu Beginn der Forschung auf dem Gebiet der statischen Bewertung von Altholz stand die Frage, in wie weit die Festigkeit von Altholz, ausgesetzt langjähriger Beanspruchung, von der Festigkeit von Neuholz abweicht, bzw. ob die damalige Praxis einer altersbedingten Verminderung der zulässigen Spannungen bei Altholz gerechtfertigt ist. *Rug/Seemann [33], [52], [80], Ehlbeck/Görlacher [21], [22], [35] und Nier [115]* zeigten in ihren Untersuchungen an fehlerfreien Proben und durch Prüfungen an Proben in Bauholzabmessungen, dass keine Festigkeitsunterschiede zwischen ungeschädigtem Altholz und Neuholz gleicher Holzart feststellbar sind. Zwischen den Werkstoffkenngrößen des Altholzes besteht ähnlich wie bei Neuholz im Allgemeinen eine lineare Beziehung.

#### **Möglichkeiten zur Festigkeitssortierung von Altholz:**

Eine Festigkeitssortierung des Altholzes ist somit unter Anwendung der Sortierkriterien für neues Holz möglich.

Pilz- oder Insektenbefall schädigt allerdings die Holzstruktur wesentlich und die Holzfestigkeit verringert sich je nach Art und Umfang der Schädigung.

Wegen der Bedeutung der Festigkeitssortierung bzw. -bestimmung für die Nachweisführung zur Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit nahmen die Untersuchungen zur Eignung verschiedener zerstörungsfreier oder zerstörungsarmer in-situ-Verfahren zur Bestimmung von Festigkeitseigenschaften, verdeckten Schädigungen und zur Eingrenzung des Schadensumfanges einen breiten Raum ein.

### Geeignete zerstörungsfreie Verfahren zur Ermittlung von Festigkeitskenngrößen:

Aus der Laufzeit einer Schallwelle in Längsrichtung eines Bauteiles lassen sich Rückschlüsse auf den Elastizitätsmodul des Holzes gewinnen. Erzeugt werden kann die Welle über ein Ultraschallgerät (*Tichelmann/Grimmiger [68]*) oder durch einen äußeren Impuls (*Görlacher [38]*), wie zum Beispiel durch Anschlagen des Bauteiles. Wie Untersuchungen von *Görlacher* an Altholzbalken belegen (*Görlacher [38]*), korreliert der aus Laufzeitmessungen gemessene dynamische E-Modul sehr gut mit dem statischen E-Modul des untersuchten Bauteiles (s. Bild 3.1).

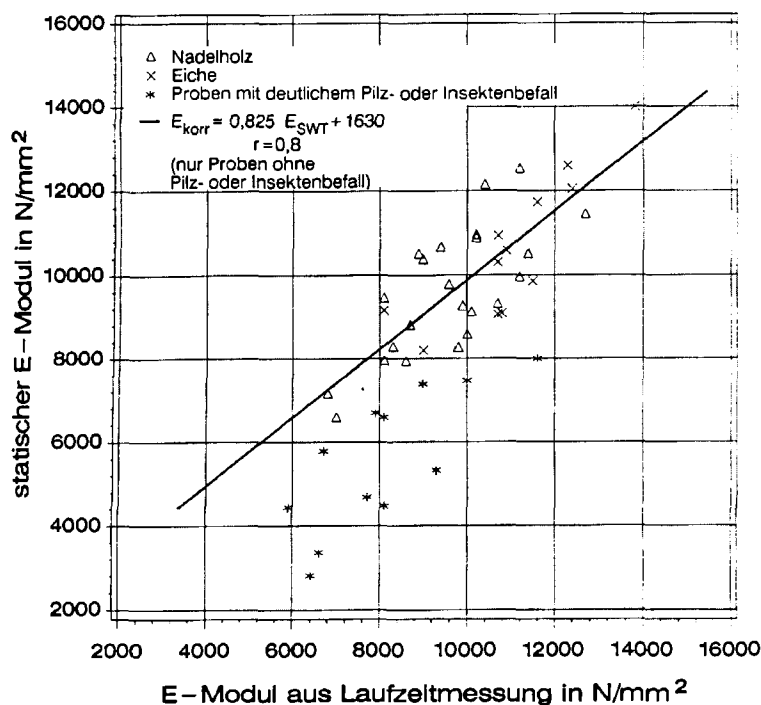


Bild 3.1: Zusammenhang zwischen dem statischen und dem aus einer Laufzeitmessung ermittelten E-Modul nach *Görlacher [38]*

Generell ist bei Anwendung der Laufzeitmessungen in Längsrichtung eines Bauteiles zu beachten, dass der Schall immer durch die hochfesten ungestörten Holzbereiche geht und damit immer den Zustand der ungestörten und tragfähigen Querschnittsteile abbildet. Zu Querschnittsbereichen mit Pilz- bzw. Insektenbefall oder Fäule liefert er keine Informationen (*Görlacher [10]; Winter/Held [61]*). Beachtet man diesen Zusammenhang und kombiniert man die Sortierung nach den visuellen Kriterien mit den Ergebnissen der Laufzeitmessung, so ist für ungeschädigte Bauteile eine zuverlässige Festigkeitssortierung über den E-Modul mit einer zum Teil hohen Ausbeute an Holz hoher Tragfähigkeit möglich (s. *Tichelmann/Grimmiger [68]* und *Görlacher [38]*).

Man kann die Messung auch in Querrichtung durchführen (Durchschallung senkrecht zur Faser). Dann bekommt man je nach Schädigung des Balkens unterschiedliche Laufzeiten, wenn man die Messungen entlang des Balkens durchführt. Es lässt sich somit ein Schädigungsprofil

über die Balkenlänge darstellen (Kothe [75]). Auch die Feststellung von Innenfäule ist möglich (Hasenstab/Krause [82]).

Eine weitere Möglichkeit zur Festigkeitsortierung von Altholzbauteilen besteht darin, den statischen E-Modul im Biegeversuch im Einbauzustand zu ermitteln (Görlacher [38]). Dazu wird an das Bauteil eine Messschiene angebracht, die während der Belastung des Bauteils den Einfluss von Formänderungen im Auflagerbereich ausschaltet. Durch eine Belastung des Bauteils mittels Probelastungen (zum Beispiel durch eine mittig aufgebrachte Einzellast) kann dann die Durchbiegung des Bauteils sehr genau ermittelt werden. Aus den gemessenen Durchbiegungen lässt sich der tatsächlich vorhandene statische E-Modul ermitteln. Auch ist die Korrelation des statischen E-Modules zur Biegefestigkeit relativ hoch (Bild 3.2).

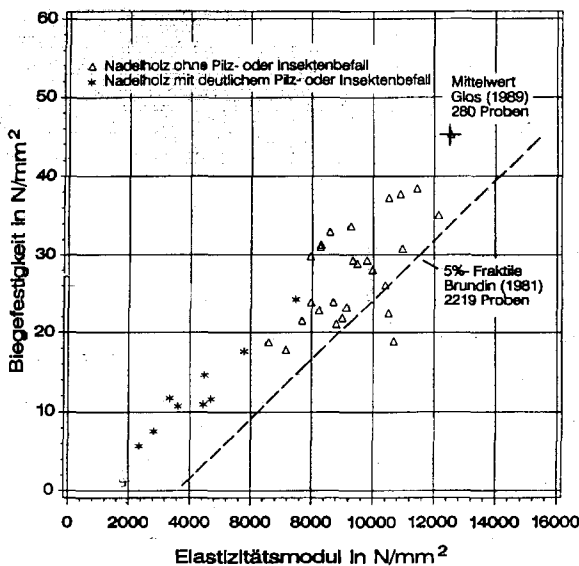


Bild 3.2a): Zusammenhang zwischen Biegefestigkeit und dem Elastizitätsmodul (**Nadelholz**) nach Görlacher [38]

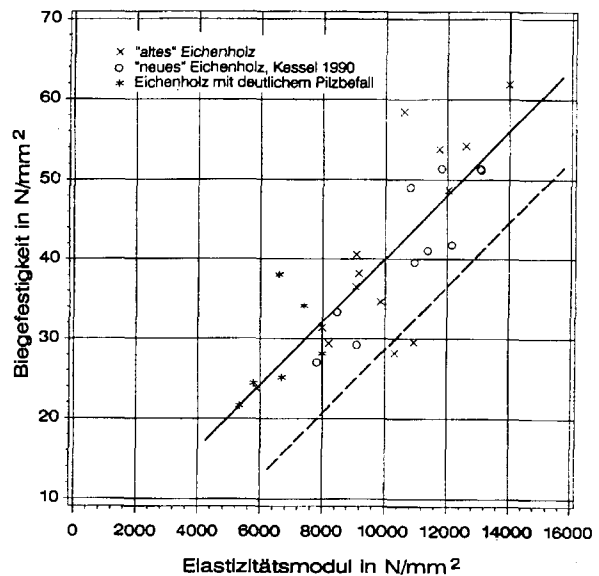


Bild 3.2b): Zusammenhang zwischen Biegefestigkeit und dem Elastizitätsmodul (**Laubholz**) nach Görlacher [38]

Zu den zerstörungsfreien Verfahren kann man die Bohrwiderstandsmessung zählen. Über die Messung des Bohrwiderstandes wird das Dichteprofil eines Holzquerschnittes relativ genau gemessen und grafisch aufgezeichnet. Zur Zeit gibt es Messgeräte, die das Dichteprofil von Bauteilen mit einer maximalen Dicke von 420 mm erfassen (Rinn [84]). Aus dem Dichteprofil lässt sich qualitativ sofort erkennen, ob Schädigungen der Randzonen, z. B. durch Insekten, und dadurch verursachte geringere Festigkeiten vorhanden sind. Das gilt auch für andere Schädigungen im Randbereich, z. B. infolge korrosiver Vorgänge aus langjährigen aggressiven Beanspruchungen (s. Lißner/Rug [1]). Dieses Verfahren ist außerdem sehr gut geeignet zur Feststellung von verdeckt liegenden Schädigungen (z. B. Innenfäule) oder zur Ermittlung der Geometrie von historischen Verbindungen (Rinn [84], Görlacher [10]).

Gleichzeitig kann aber auch ein quantifizierbarer Wert für die Rohdichte des Holzes ermittelt werden. Festgestellt wurde eine sehr hohe Korrelation zwischen der Normalrohichte und dem effektiven Bohrwiderstand (Görlacher [37] und Bild 3.3). Allerdings wurden die auf dem Markt befindlichen Geräte hinsichtlich ihrer Korrelation zwischen Normalrohichte und effektivem Bohrwiderstand noch nicht umfassend untersucht.

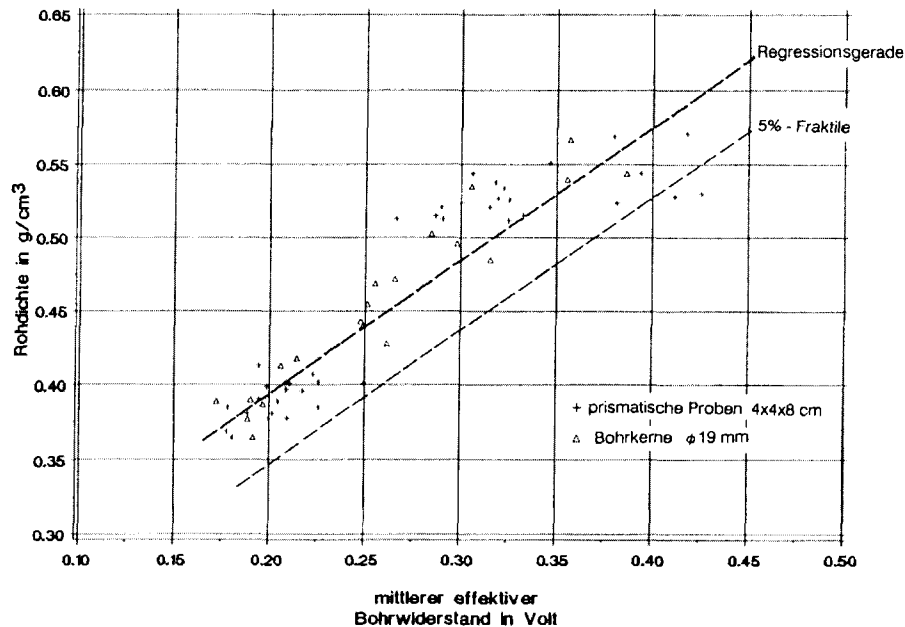


Bild 3.3: Zusammenhang zwischen der Normalrohddichte und dem mittleren effektiven Bohr widerstand (Bohrlänge 40 mm) nach Görlacher/Hättich [37]

Ein anderes Verfahren, welches eine relativ genaue Bestimmung der Rohddichte erlaubt, ist die Messung des Eindringwiderstandes in die Holzoberfläche. Das hierfür zur Verfügung stehende Holzprüfgerät Pilodyn besitzt einen Schlagstift, der mit einer definierten Energie in die Holzoberfläche eintritt. Über eine Skala wird die Eindringtiefe gemessen. Diese gibt über eine Korrelationsbeziehung Auskunft über die Rohddichte (Görlacher [83] und [10]). Mit diesem Gerät kann die Rohddichte im Randbereich des Holzquerschnittes von maximal 40 mm Tiefe bestimmt werden.

#### **Geeignete zerstörungsarme Verfahren zur direkten Bestimmung von Festigkeitskennwerten:**

Durch die Entnahme von Bohrkernen können gezielte Festigkeitsprüfungen, die Bestimmung der Rohddichte oder Holzfeuchte und eventuell notwendige Untersuchungen zum Festigkeitsverlauf am Querschnittsrand (z. B. bei jahrzehntelang durch aggressive Salze beanspruchten Holzbauteilen) mittels Dynstatprüfungen durchgeführt werden (Rug/Seemann [80], Rug/Held [59], Lißner/Rug [1]). Außerdem werden an Bohrkernen dendrochronologische Untersuchungen durchgeführt.

Beim Bohrkernverfahren werden mit Hilfe einer Zylinderfräse zylindrische Proben zwischen 15 und 25 mm Durchmesser entnommen. Die Bohrlöcher können sofort mit eingeklebten Bohrkernen aus Neuholz wieder verschlossen werden. Im Rahmen der Untersuchungen von Rug/Seemann [33] wurde an Bohrkernen mit einem Durchmesser von 15 mm festgestellt, dass bei Bohrkernen unter einer Druckbeanspruchung parallel zur Faser ein Bruchbild entsteht, welches dem von Normproben gleicht. Der Korrekturfaktor für die Umrechnung der an Bohrkernen ermittelten Druckfestigkeit zu der Druckfestigkeit an fehlerfreien Druckprüfkörpern (nach DIN 52185) kann mit 1,0 angenommen werden. Gleichzeitig kann an Bohrkernen die Rohddichte (nach DIN 52182) und die Holzfeuchte (nach DIN 52183) genau ermittelt werden. Der Korrekturfaktor zur Umrechnung der Rohddichte, ermittelt an Bohrkernen, zur Rohddichte, ermittelt an Normprüfkörpern, beträgt 0,9.

### **Bauaufsichtliche Zulassung von in-situ-Verfahren zur Festigkeitssortierung:**

Die vorgenannten Verfahren wurden in den letzten 15 Jahren an Altholzbauteilen im Labor und im Rahmen von Bauzustandbewertungen erprobt. Bisher führten die durchaus positiven Ergebnisse nicht zu einer bauaufsichtlichen Zulassung für die Festigkeitssortierung von Altholzbauteilen. Das hat auch damit zu tun, dass es bisher keine bauaufsichtlichen Regeln zur Bewertung von statisch beanspruchten Bauteilen in Altbauten mit Bezug zur DIN 1052 gibt. Im Hinblick auf die Stand- und Tragsicherheit wurden von erfahrenen Tragwerksplanern pauschale Abminderungen bei den zulässigen Spannungen (zum Beispiel Faktoren zwischen 0,4 bis 0,9) eingeführt, die teilweise willkürlich gewählt wurden und keinesfalls das tatsächliche Tragvermögen der historischen Konstruktion widerspiegeln. Erst die konsequente Festigkeitssortierung unter Berücksichtigung der einflussgebenden Schäden ergibt ein zuverlässiges Bild über das noch vorhandene Tragvermögen.

Werden die vorgenannten in-situ-Verfahren zur Festigkeitssortierung von Altholz eingesetzt, so ist das gegenwärtig ohne Zustimmung der zuständigen Bauaufsicht (Zustimmung im Einzelfall) nicht möglich.

### **Realistische statische Modelle bei historischen Konstruktionen:**

Bei statischen Berechnungen von historischen Holzkonstruktionen erhält der Tragwerksplaner als Ergebnis häufig Überbeanspruchungen, denen er dadurch begegnet, dass er hierfür umfangreiche und teilweise aufwendige Verstärkungen oder Zusatzkonstruktionen vorschlägt. Dass das von ihm vereinfacht angenommene statische Modell nicht den realen Verhältnissen entspricht, wird oft aus Gründen einer unzureichenden Erfahrung nicht weiter untersucht. Besonders das Tragverhalten der zimmermannsmäßigen Verbindungen wird bei den rechnergestützten Berechnungen unter Anwendung ebener und zunehmend auch unter Anwendung räumlicher Stabwerksprogramme nicht richtig angenommen. Zimmermannsmäßige Holzbaueverbindungen haben unter bestimmten Beanspruchungen eine hohe Verformungsfähigkeit (Nachgiebigkeit), die zu wesentlichen Lastumlagerungen im Gesamttragwerk beiträgt. Grundlegende Untersuchungen an historischen Dachstühlen aus dem 16. bis 18. Jahrhundert haben deutlich gezeigt, dass sich bei wirklichkeitsnäherer Berücksichtigung des Trag- und Verformungsverhaltens Lastzustände einstellen, die gegenüber vereinfachten Betrachtungen (zum Beispiel der im Allgemeinen getroffenen Annahme, alle Knotenpunkte sind Gelenke oder alle Auflager des Tragwerkes sind unnachgiebig) zu sehr viel geringeren Überbeanspruchungen führen. In den meisten der untersuchten Fälle war nach genauerer Untersuchung bei Annahme eines realistischeren Trag- und Verformungsverhaltens die Beanspruchbarkeit der Gesamtkonstruktion ohne notwendige Verstärkungen gegeben (s. Görlacher/Kromer/Ehlbeck [34], Kraft [25]; Gerold [27]; Hauer/Seim/Wenzel [28], Blaß/Falk/Görlacher [26] und Görlacher [10]).

Auch bei Deckenkonstruktionen, die zum Beispiel durch Unterzüge gestützt sind, führt die statische Berechnung mit starrer Lagerung zu unrealistischen Ergebnissen. Berücksichtigt man stattdessen die Nachgiebigkeit der Auflagerung bei der Berechnung der durch Unterzüge gestützten Träger, vermindern sich die Beanspruchungen wesentlich (s. Görlacher/Kromer [74], [76]; Hoffmann [90] und Benninghoven [93]).

### **Tragverhalten von zimmermannsmäßigen Verbindungen:**

Die Bewertung der statischen Funktionsfähigkeit der am Lastabtrag beteiligten Verbindungen ist eine wichtige Voraussetzung für die Beurteilung der Stand- und Tragsicherheit der Gesamtkonstruktion. Die Beanspruchbarkeit der Verbindungen lässt sich nicht immer rechnerisch ermitteln, da die Berechnungsnormen nur ausgewählte historische Verbindungen enthalten.

Die neue DIN 1052:2004 enthält jetzt die Möglichkeit der Nachweisführung für Versätze, Zapfen und Holznägel. Auch Hakenblätter können nachgewiesen werden. Aus Versuchen zur



Tragfähigkeit von Blattverbindungen wurden Berechnungsansätze für die Tragfähigkeit von schrägen Schwalbenschwanzblattverbindungen und von Hakenblattverbindungen entwickelt (s. *Heimeshoff/Schelling/Reyer [89]*, *Reyer/Schmidt [91]*, *Görlacher/Kromer/Ehlbeck [34]*, *Görlacher/Kromer [36]* und *Görlacher/Hättich/Kromer/Ehlbeck [86]*). Die Berechnungsansätze basieren auf der Methode der zulässigen Spannungen.

### **Tragverhalten von Verbindungen des Ingenieurholzbaues:**

In den letzten einhundert Jahren wurden die vielfältigsten ingenieurmäßigen Verbindungen entwickelt und erprobt. Nur ein ausgewählter Teil wurde in früheren Normfassungen der DIN 1052 geregelt. Prinzipiell ist ein Nachweis im Rahmen der dort angegebenen Regeln möglich, wenn vorgefundene tragfähigkeitsmindernde Einflüsse berücksichtigt werden. Eine exakte Übersicht über die einzelnen früheren Regeln wurde bisher nicht erarbeitet. Die Nachweise können nur auf der Grundlage der Methode der zulässigen Spannungen durchgeführt werden. Dabei ist das „Mischungsverbot“ mit Berechnungen nach DIN 1052:2004 zu beachten.

### **Nachweise zur Stand- und Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit von Holzbauteilen in Altbauten:**

Bisher gibt es keine bauaufsichtlichen Regeln zum Nachweis der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit bei historischen Holzkonstruktionen. Erste grundsätzliche Überlegungen auf der Grundlage der Methode der zulässigen Spannungen gibt Görlacher (s. *Görlacher [10]*).

## **4. Der Nachweis der Stand- und Tragsicherheit sowie Gebrauchstauglichkeit von Holzbauteilen in Altbaukonstruktionen**

### **4.1 Bestimmung der Holzart und Sortierklasse**

Der Baustoff Holz ist ein geregeltes Bauprodukt, d. h. die genormten Festigkeitskennwerte sind auch für Altholz anwendbar. Streng genommen aber nur, wenn das Holz nach den für unverbautes Holz geltenden bauaufsichtlichen Regeln nach DIN 4074 festigkeitssortiert wurde.

Die Bedingungen für eine visuelle oder sogar eine maschinelle Festigkeitssortierung sind aber beim verbauten Holz häufig nicht gegeben. Eine Festigkeitssortierung findet in der Praxis im Allgemeinen gar nicht statt, da die Praktiker die Bedeutung einer Festigkeitssortierung als eine wesentliche Voraussetzung für den Nachweis der Tragfähigkeit gar nicht kennen oder gar unterschätzen. Zusätzlich ist das Holz in den meisten Fällen durch biotischen Befall geschädigt. Weitere Schädigungen mit Auswirkungen auf die Stand- und Tragsicherheit können hinzukommen.

Im Zusammenhang mit einer fachkundigen Bauzustandsuntersuchung sind Altholzbauteile nach den Kriterien der DIN 4074 visuell zu sortieren und es ist festzulegen, welcher Holzart und Sortierklasse das Holzbauteil entspricht. Die Sortierkriterien stellen Mindestforderungen dar, die bezogen auf die jeweilige Festigkeitsklasse nicht überschritten werden dürfen. Sie gelten als Klassengrenzen für die jeweilige Sortierklasse. Und ihre Einhaltung sichert die Zuverlässigkeit der in der DIN 1052:2004 für die jeweilige Sortierklasse geregelten Festigkeitseigenschaften. Grundsätzlich ist dabei jedoch zu beachten, dass die einzelnen Sortiermerkmale einen unterschiedlichen Einfluss auf die Tragfähigkeit des Bauteiles je nach Beanspruchung haben (z. B. Druck- Biege- oder Zugbeanspruchung bzw. Stabilitätsversagen durch Knicken). Zum Beispiel beeinflussen Äste und Faserabweichungen die Zugfestigkeit wesentlich, weshalb bisher die Sortierklasse S7 für Zugstäbe nicht verwendet werden durfte.

Die Biegefestigkeit wird wesentlich von Ästen im Zugbereich in Zonen der maximalen Biegespannung beeinflusst, während Äste im Auflagerbereich oder im Druckbereich bei Holzbalken die Festigkeit nur unwesentlich beeinflussen. Dies kann im Einzelfall, bei genauer Feststellung der Lage der Äste, berücksichtigt werden. Bild 4.1 zeigt den Einfluss der Ästigkeit auf die Druckfestigkeit bei unterschiedlicher Holzfeuchte.

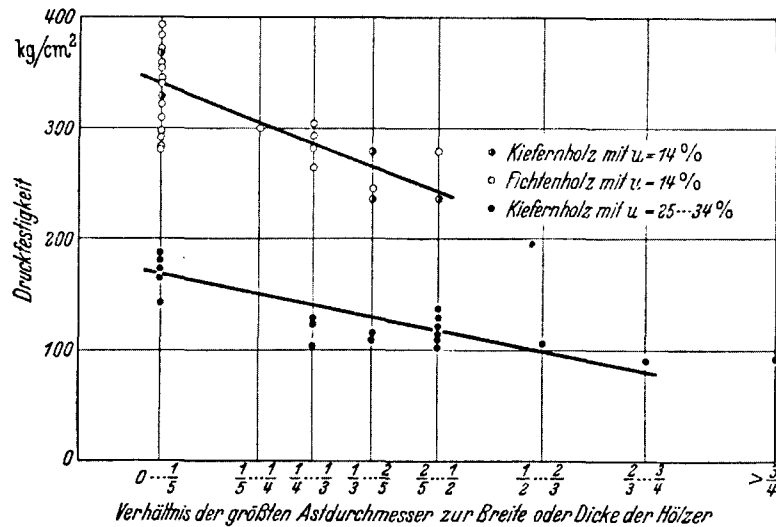


Bild 4.1: Einfluss der Ästigkeit auf die Druckfestigkeit bei Fichten- und Kiefernholz unterschiedlicher Holzfeuchte nach Stoy [114]

Nachfolgend werden die einzelnen Sortierkriterien im Einzelnen kurz genannt.

**Äste:** Maßgebend ist bei Kanthölzern der jeweils kleinste sichtbare Durchmesser des größten Astes auf einer der Querschnittsseiten. Die Ästigkeit  $A$  ist das Verhältnis des Astdurchmessers zur Breite bzw. Höhe der Querschnittsfläche, in der er sich befindet. Die maximal ermittelbare Ästigkeit ist maßgebend.

Erlaubt sind:

Nadelholz/Laubholz - visuell sortiert: S7/LS7: bis  $\frac{3}{5}$ ; S10/LS10: bis  $\frac{2}{5}$ ; S13/LS13: bis  $\frac{1}{5}$   
 Nadelholz/Laubholz - maschinell sortiert: bis C24/D30: bis  $\frac{1}{2}$ ; C24 bis C35: bis  $\frac{2}{5}$ ; über C35/D40: bis  $\frac{1}{5}$ .

**Faserneigung:** Dieses Sortierkriterium ist nur bei der visuellen Sortierung maßgebend. Gemessen wird hier die Abweichung der Faserrichtung von der Längsachse. Derartige Abweichungen treten bei drehwüchsigem Holz auf. Sie wird in % aus dem Tangens des Winkels der Abweichung errechnet.

Erlaubt sind:

Nadelholz/Laubholz - visuell sortiert: S7/LS7: bis 16 %; S10/LS10: bis 12 %; S13/LS13: bis 7 %.

**Markröhre:** Eine Markröhre ist generell bei Kantholz zugelassen. Sie ist somit kein Sortierkriterium, außer bei S13 unter einer Breite von 120 mm. Für die Sortierung von Holz im Altbau muss dieses Kriterium nicht beachtet werden.

**Jahringbreite:** Die Jahringbreite ist nur bei der visuellen Sortierung von Nadelholz wichtig. Ermittelt wird die Jahringbreite nach einem genormten Messverfahren in DIN EN 1310. Sie ergibt sich als Mittelwert aus einer gemessenen Strecke an der Stirnfläche des Holzes dividiert durch die Anzahl der auf dieser Strecke befindlichen Jahrringe. Damit soll schnell-

wüchsiges Holz mit geringer Rohdichte und damit auch geringer Festigkeit ausgesondert werden.

Erlaubt sind:

Nadelholz - visuell sortiert: S7+S10: bis 6 mm; S13: bis 4 mm.

Die Grenzwerte sind relativ groß und dürften bei Altholzbalken selten anzutreffen sein. Kann die Jahrringbreite nicht gemessen werden, so kann sie exakt aus Bohrwiderstandsmessungen abgelesen werden.

**Risse:** Blitzrisse sind generell nicht zulässig. Blitzrisse werden bei Altholzquerschnitten sehr selten festgestellt.

Die Regelung von maximal zulässigen Risstiefen für Trockenrisse ist neu in der DIN 4074. Damit wird auch für Altholz ein wichtiges tragfähigkeitsbeeinflussendes Sortierkriterium geregelt. Risse mit einer Länge von bis  $\frac{1}{4}$  der Bauteillänge (maximal 1 m) bleiben unberücksichtigt. Die Ermittlung der Risstiefe ist ein Mittelwert aus drei Messungen in den Viertelpunkten der Risslänge. Als Sortierkriterium wird eine bezogene Risstiefe  $R$  ermittelt, die sich aus dem Verhältnis zwischen gemittelter Risstiefe und der Holzbreite darstellt. Befinden sich auf jeder Seite Risse, so sind die ermittelten mittleren Risstiefen vorher zu addieren (s. auch Tabellen A6 und A7).

Erlaubt sind:

Nadelholz/Laubholz - visuell sortiert: S7/LS7:  $R \leq \frac{3}{5}$ ,  $R \leq 0,6 \cdot b(h)$ ; S10/LS10:  $R \leq \frac{1}{2}$ ,  $R \leq 0,5 \cdot b(h)$ ; S13/LS13:  $R \leq \frac{2}{5}$ ,  $R \leq 0,4 \cdot b(h)$ .

Nadelholz/Laubholz - maschinell sortiert: bis C30/D30:  $R \leq \frac{1}{2}$ ,  $R \leq 0,5 \cdot b(h)$ ; C24 bis C35/D35 bis D40:  $R \leq \frac{2}{5}$ ,  $R \leq 0,4 \cdot b(h)$ ; über C35/D40:  $R \leq \frac{1}{5}$ ,  $R \leq 0,2 \cdot b(h)$ .

**Baumkante:** Baumkante beeinflusst die Tragfähigkeit nur unwesentlich. Ermittelt wird sie nach genormten Regeln in DIN EN 1310 als Projektion auf die jeweilige Querschnittsseite. Der maximale Wert ist maßgebend. Werden bei der Sortierung von Altholz die in der Norm festgelegten Maximalwerte überschritten, so sollte das Bauteil nicht in eine niedrigere Sortierklasse eingeordnet werden. Stattdessen kann dieser Umstand durch Reduzierung des statisch vorhandenen Querschnittes berücksichtigt werden.

**Krümmung:** Krümmungen (Längskrümmung, Verdrehung, Querkrümmung) entstehen hauptsächlich beim Trocknen des Holzes, insbesondere bei drehwüchsigem Holz. Sie haben keinen wesentlichen Einfluss auf die Tragfähigkeit. Als Sortierkriterium für Altholz können Krümmungen entfallen.

**Verfärbung/Fäule:** Verfärbungen auf frisch geschnittenen Hölzern sind zumeist Hinweise auf Pilzbefall. Dabei ist es wichtig festzustellen, welche Pilzart das Holz befallen hat. Bläupilze haben keinen tragfähigkeitsmindernden Einfluss. Zu Pilzbefall mit Auswirkung auf die Tragfähigkeit siehe Abschnitt 4.4.

**Insektenfraß:** Insektenfraß mit Fraßgängen bis 2 mm Durchmesser ist bei Nadelholz visuell und maschinell sortiert zulässig. Bei Laubholz ist dies generell nicht zulässig. Bei diesem Kriterium handelt es sich um Holzinsekten, welche das Frischholz befallen können.

Altholz wird von den unterschiedlichsten Insekten befallen. Zu ihrem Einfluss auf die Tragfähigkeit siehe Abschnitt 4.4.

#### **Bestimmung der Holzfeuchte:**

Die Holzfeuchte hat einen wesentlichen Einfluss auf die Festigkeitseigenschaften des Holzes. Mit zunehmender Holzfeuchte vermindern sich die Festigkeiten, aber auch die Elastizitäts- und Schubmoduln. In DIN 1052 wird dieser Zusammenhang über den  $k_{\text{mod}}$ -Wert berücksich-

tigt. Bild 4.2 macht dies für den Zusammenhang zwischen Rohdichte und Druckfestigkeit von Fichten- und Kiefernholz deutlich.

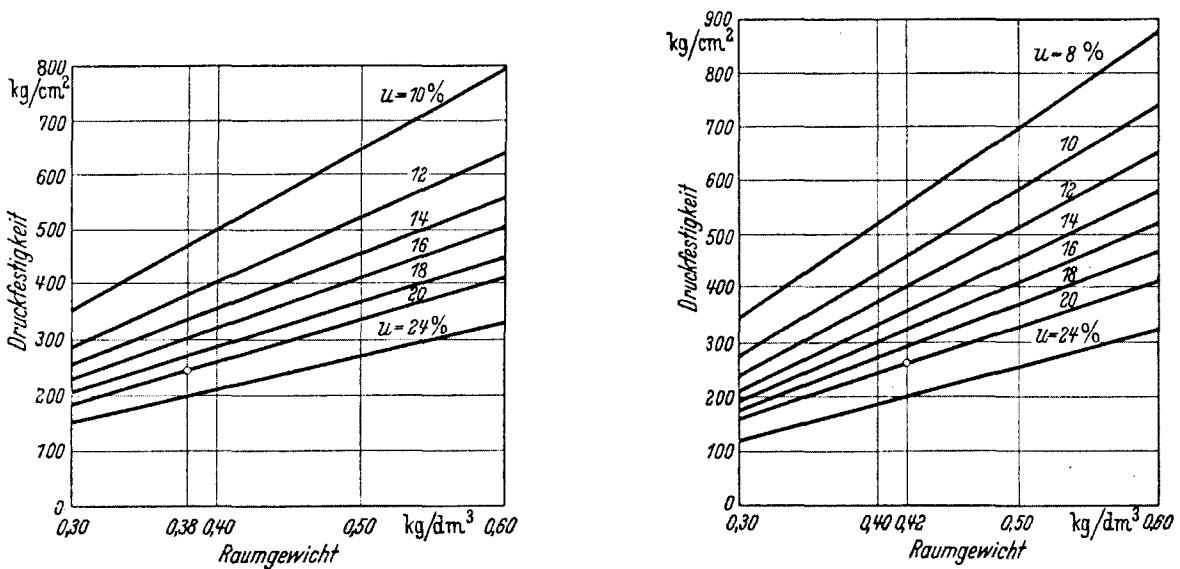


Bild 4.2: Zusammenhang zwischen Rohdichte und Druckfestigkeit in Abhängigkeit von der Rohdichte nach Stoy [114] (linkes Bild Fichtenholz; rechtes Bild Kiefernholz)

Gleichzeitig ist die Holzfeuchte ein wichtiger Indikator für Feuchtequellen im Gebäude. Die Ursachen für Feuchtequellen sind unbedingt zu beseitigen, da eine langandauernde Befeuchtung des Holzes zur Zerstörung durch biotische Schädlinge führt.

Bei jeder Untersuchung an verbauten Holzbauteilen ist die Holzfeuchte zu bestimmen. Die Bestimmung kann über eine Ermittlung mittels Darmmethode nach DIN 52182 an entnommenen Bohrkernen erfolgen. Die entnommenen Bohrkern sind bis zur Prüfung im Labor in einem luftdicht verschlossenen Behältnis zu lagern. Eine weitere Möglichkeit der Messung besteht in der Messung am verbauten Holz mittels Feuchtemeßgeräten. Die Holzfeuchte wird über die Messung des elektrischen Widerstandes ermittelt. Die Geräte sind sehr handlich und gestatten eine schnelle Messung vor Ort.

**Zusammenfassend lässt sich feststellen**, dass bei der visuellen Sortierung als wesentliche festigkeitsbestimmende Sortierkriterien zu beachten sind: die Ästigkeit, Schwindrisse und die Jahrringbreite bei Nadelholz. Bei Einhaltung der Kriterien erhält man Holz niedriger Tragfähigkeit (S7/LS7), Holz normaler Tragfähigkeit (S10/LS10) und Holz hoher Tragfähigkeit (S13/LS13). Auch bei der maschinellen Sortierung sind diese Kriterien zusätzlich zur Erfassung eines Festigkeitsparameters zu erfüllen.

Weiterhin ist in jedem Fall die Holzfeuchte zu bestimmen.

#### 4.2 Ermittlung von Festigkeits- und Steifigkeitskennwerten von Holzbauteilen im Altbau

Eine zuverlässige Ermittlung von Festigkeits- und Steifigkeitskennwerten bietet in Kombination mit der Einhaltung von visuellen Sortierkriterien nach DIN 4047-1, Tabelle 5 und DIN 4074-5, Tabelle 4 die Möglichkeit das verbaute Altholz „maschinell“ zu sortieren. Gerade bei Nadelhölzern lassen sich vor allem bei den Hölzern mit höherer Rohdichte, wie zum Beispiel der Kiefer höhere Tragfähigkeiten erschließen (Glos/Schulz [100]).

Direkt messbare Festigkeitskenngrößen (z. B. Biege-E-Modul und Rohdichte) korrelieren in aller Regel sehr gut mit anderen Festigkeitskenngrößen (Korrelationskoeffizient  $r > 0,7$  bis  $0,8$ ). So besteht eine sehr gute Korrelation des Biege-E-Moduls mit der Druck-, Biege- und Zugfestigkeit.

Alle Festigkeitseigenschaften des Holzes werden direkt von der Rohdichte des Holzes beeinflusst. Je höher die Rohdichte des Holzes, desto höher die Festigkeit (Bild 4.2 und 4.3). Bild 4.3 zeigt die nach *Glos/Gamm* [112] an 280 Fichtenholzbalken gefundene Abhängigkeit zwischen Biegefestigkeit, Biege-E-Modul und Rohdichte unter Berücksichtigung der Ästigkeit. Mit steigender Rohdichte steigen sowohl der Biege-E-Modul, als auch die Biegefestigkeit. Dieser Trend wird wesentlich von der Ästigkeit beeinflusst. Der Anstieg der Biegefestigkeit ist bei hoher Ästigkeit ( $A = 0,5$  und  $0,4$ ; d. h. Festigkeitsklassen C24 und C35) im Vergleich zu Holzbalken geringer Ästigkeit ( $A \leq 0,2$ , d. h. Festigkeitsklasse  $> C35$ ) deutlich geringer. Daraus wird die Bedeutung einer genauen Feststellung des visuellen Kriteriums Ästigkeit deutlich.

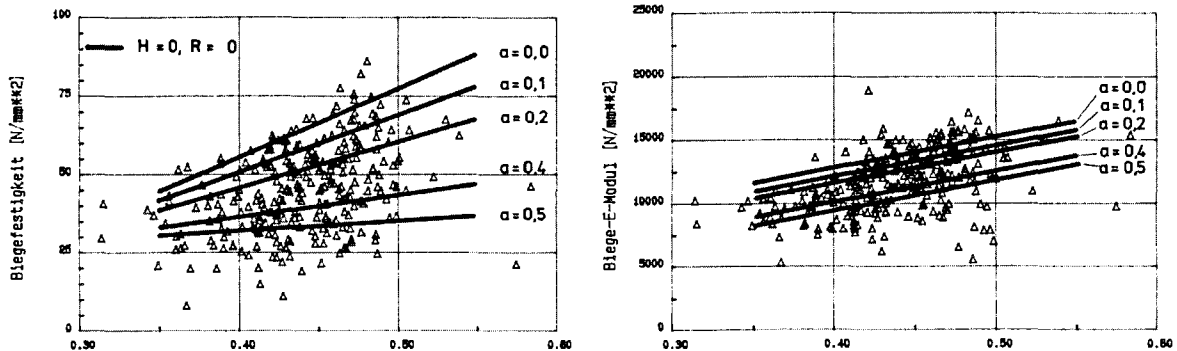


Bild 4.3: Zusammenhang zwischen Rohdichte und Biegefestigkeit und Biege-E-Modul in Abhängigkeit von der Ästigkeit, ermittelt von *Glos/Gamm* [112] an 280 Balken aus Fichtenholz

Kombiniert man nun die Ermittlung der Rohdichte am Objekt mit den in DIN 4074-1, Tabelle 5 und DIN 4074-5, Tabelle 4 festgelegten zusätzlichen visuellen Kriterien, so führt man quasi eine „maschinelle“ Sortierung durch. Deren Ergebnis ist dann eine direkte Einordnung des verbauten Holzes in eine Festigkeitsklasse. Der Aufwand lohnt sich, weil durch die Festigkeitssortierung Holzbauteile mit besonders hoher Tragfähigkeit herausortiert werden können. Verstärkungen sind dann vielleicht nicht mehr notwendig. Würde zum Beispiel Nadelholz der Festigkeitsklasse C40 oder Laubholz der Festigkeitsklasse D40 festgestellt, so kann der Tragwerksplaner gegenüber Holz normaler Festigkeit bei Nadelholz eine um 66 % und bei Laubholz eine um 33 % höhere Biegefestigkeit nutzen (s. Tabellen A2 und A3). Bei verbautem Kiefernholz ist durchaus die Klasse C40 möglich, wenn das Holz ungeschädigt ist, eine Ästigkeit von  $A < 0,2$  vorliegt und die festgestellte charakteristische Rohdichte  $\rho_k \geq 420 \text{ kg/m}^3$  beträgt. Auch für Eichenholz ist eine Einordnung in Klasse D40 denkbar.

Wie schon gezeigt, ist es möglich, die Rohdichte an Bohrkernen, den statischen Biege-E-Modul direkt durch Probelastungen oder indirekt über die Messung des dynamischen E-Modules über Laufzeitmessungen zu bestimmen. Nachfolgend sollen zur Anwendung der Verfahren einige Hinweise gegeben werden.

### 4.3 Bestimmung der Festigkeitsklasse

#### Bohrkernverfahren:

Die Entnahme von Bohrkernen ist in der Praxis einfach durchführbar. An Bohrkernen kann die Rohdichte in Anlehnung an die DIN 51182 sehr genau ermittelt werden. Nach *Rug/Seemann* [33] besteht zwischen der Rohdichtebestimmung an Bohrkernen von 15 mm Durchmesser und der Ermittlung der Rohdichte an Prüfkörpern nach DIN 51182 die Beziehung:

$$\rho_{\text{NP,DIN51182}} = 0,9 \cdot \rho_{\text{BK}}$$

Bezogen auf die Streuung dieser Materialeigenschaft sind nach DIN 52180 (Prüfung von Holz, Probennahme, Grundlagen, Abschnitt 4.2) für orientierende Versuche an einem Bauteil mindestens 10 Proben zu entnehmen. Diese Anzahl wird nicht immer möglich sein. Es sollten mindestens 6 Proben pro Bauteil entnommen werden. Bei der Prüfung von Holzeigenschaften an fehlerfreien Proben kann davon ausgegangen werden, dass die Rohdichte statistisch durch eine Normalverteilung beschrieben werden kann. Der charakteristische Wert der Rohdichte (5%-Fraktile) ergibt sich dann nach folgender Formel:

$$\rho_{k(5\%)} = \rho_{\text{mean}} \cdot (1 - 1,645 \cdot v_{\rho})$$

mit  $v_{\rho}$  = Variationskoeffizient

Beispielsweise wurden aus der Dachkonstruktion eines Fachwerkgebäudes (Holzart: Kiefer und Baualter ca. 200 Jahre) 25 Bohrkerne entnommen. Die Prüfung der Rohdichte ergab folgende Werte:  $\rho_{\text{mean}} = 530 \text{ kg/m}^3$ ;  $v_{\rho} = 10,97\%$

Das ergibt nach Umrechnung auf Werte für Normprüfkörper einen charakteristischen Wert von  $\rho_{k(0,05)} = 391 \text{ kg/m}^3$ . Dieser Wert gestattet eine Einordnung in Festigkeitsklasse C30 (das entspricht der Klasse C30 - Holz hoher Tragfähigkeit, s. Tabelle A2) nach DIN 1052, Anhang Tabelle F.5. Dies ist aber nur gerechtfertigt, wenn die Sortierkriterien Ästigkeit, Risse und Jahringbreite der zusätzlich festgelegten visuellen Sortierung nach DIN 4074-1, Tabelle 5 erfüllt sind.

Für die Durchführung der Rohdichteprüfung werden Bohrkerne mit 15 mm empfohlen. Die Proben sind aus ungeschädigten Querschnittsbereichen zu entnehmen. Dabei ist die statische Beanspruchung am Entnahmeort zu beachten. Die Probenentnahme darf den Querschnitt, besonders bei Zug- oder Biegezugbeanspruchung, nicht schwächen.

#### **E-Modulbestimmung von Altholz:**

Aufgrund der hohen Korrelation des Elastizitätsmoduls mit den Festigkeitseigenschaften Biege-, Druck- und Zugfestigkeit ist der E-Modul hervorragend geeignet zur „maschinellen“ Festigkeitssortierung von Holz. Wie Untersuchungen gezeigt haben gilt dies auch für Altholzkonstruktionen (*Görlacher [38]*). Allerdings ist die Bestimmung in-situ mit einem höheren gerätetechnischen Aufwand verbunden. Die Untersuchungen erfordern eine entsprechende Erfahrung im Umgang mit der einzusetzenden Technik und können deshalb nur von Spezialisten durchgeführt werden. Hat man den E-Modul ermittelt, so kann unter Berücksichtigung der zusätzlichen Sortierkriterien für maschinell sortiertes Holz in DIN 4074-1, Tabelle 5 und DIN 4074-5, Tabelle 4 das Holz direkt einer Festigkeitsklasse gemäß der DIN 1052, Anhang F.5 und F.6 zugeordnet werden (s. Tabellen A2 und A3). Die Zuordnung erfolgt über den mittleren E-Modul, ermittelt aus Prüfungen an mehreren Bauteilen.

#### **4.4 Bewertung des Einflusses von Schädigungen auf die Festigkeit und Tragfähigkeit von Holzbauteilen**

##### **Biotische Schädigungen**

Biotische Schädigungen werden durch holzerstörende Insekten und holzerstörende Pilze verursacht. Je nach Art und Umfang der Schädigung führt das zu einer Auflösung der Holzstruktur und damit zur Verminderung der Festigkeit bis zum vollständigen Verlust der Festigkeit bzw. Tragfähigkeit. Genauere Untersuchungen zum Abfall der Festigkeit in Abhängigkeit vom Schädigungsgrad bei Altholzkonstruktionen wurden bisher nicht durchgeführt. Allerdings fand *Glos [94]* einen deutlichen Einfluss von Insektenbefall an Neuholz (Holzwespen-

und Fichtenbockbefall) auf die Biegefestigkeit und den Biege-E-Modul. Ein derartiger Befall wirkt wie ein additiver Holzfehler, der je nach Befallsumfang eine Verminderung der Eigenschaften um bis zu 20 % bewirkt. Bekämpfende Maßnahmen bei biotischem Befall regelt die DIN 68800, Blatt 4. Dieses Blatt der DIN 68800 wurde nicht bauaufsichtlich eingeführt.

### **Holzerstörende Insekten:**

Die Larven holzerstörender Insekten verursachen durch ihre Fraßtätigkeit eine Zerlegung der Holzsubstanz. Dabei verliert das Holz seine Festigkeit. Zu den wichtigsten Holzerstörern gehören der Hausbock und der Gewöhnliche Nagekäfer. Häufig sind sie beide im Altbau anzutreffen. Larven des Hausbocks zernagen bevorzugt das Splintholz. Beim Hausbock bleibt die äußere Holzschicht stehen und erst durch Untersuchungen mit dem Stechbeitel oder Zimmermannshammer wird die Schädigung sichtbar.

Im Allgemeinen ist bei biegebeanspruchten Holzbauteilen die Einhaltung einer Grenzdurchbiegung für die Dimensionierung des Bauteiles maßgebend. Dadurch ist der Balken spannungsmäßig nicht voll ausgelastet. Eine Schädigung infolge Insekten, selbst wenn sie in Balkenmitte auftritt, führt damit nicht sofort zum Einsturz. Eine vollständige Zerstörung des Splintholzbereiches durch die Larven des Hausbockes verursacht eine wesentliche Verminderung des Widerstandsmomentes auf einen Wert von 20 bis 30 % des Ausgangswertes. Die Folge ist eine wesentliche Spannungsüberschreitung im Bauteil bzw. das völlige Versagen (Kothe [79]).

Nach Bebeilen des geschädigten Holzquerschnittes bleibt der Kernquerschnitt erhalten. Dieser ist noch tragfähig. Reicht er statisch nicht aus, muss er verstärkt werden.

Der Gewöhnliche Nagekäfer bevorzugt zwar auch das Splintholz, er kann aber auch den gesamten Querschnitt schädigen.

Hinsichtlich einer schädigenden Wirkung sind noch der Troitzkopf und der Splintholzkäfer von Bedeutung (s. *Lißner/Rug [1]*).

### **Holzerstörende Pilze:**

Pilze bauen die Zellwandsubstanz (Zellulose bzw. Lignin) des Holzes ab. Dadurch verliert das Holz an Festigkeit und die Dichte des Holzes vermindert sich. Die verbleibende Holzsubstanz färbt sich braun oder weiß und bricht würfelartig bzw. fasrig auseinander. Eine derartige Schädigung wird z. B. durch den Echten Hausschwamm, Braunen Keller- oder Warzenschwamm und Weißen Porenschwamm hervorgerufen. Auch wenn noch keine Schädigung durch Braun- bzw. Weißfäule visuell erkennbar ist, kann die Festigkeit schon wesentlich vermindert sein.

Eine sehr gefährliche Schädigung verursachen Blättlinge. Sie sind vor allem für Innenfäule verantwortlich. Nicht entdeckte Innenfäuleschäden haben schon zu Einstürzen ganzer Deckenkonstruktionen geführt. Die Innenfäule kann man in Einbaulage mittels Bohrwiderstandsmessung feststellen.

Die besondere Gefährlichkeit der holzerstörenden Pilze ergibt sich auch daraus, dass sie bei idealen Entwicklungsbedingungen (ca. 20 bis 70 % Holzfeuchte und Temperaturen zwischen 20 und 35 °C) nur wenige Monate benötigen, um die Holzsubstanz vollständig zu zerstören. Da die Sporen dieser Schädlinge sich überall in der Umgebung ausbreiten, besteht eine besondere Gefahr des Wiederbefalls bei idealen Wachstumsbedingungen. Deshalb ist nach jeder Sanierung eine dauerhaft trockene Einbaulage des verbauten Holzes sicherzustellen.

**Korrosion von Holz:** Aggressive Stoffe in Form von Säuren, Basen und Salzen können die Holzsubstanz an der Querschnittsoberfläche angreifen und auflösen. Die Auflösung der Holzstruktur führt zur Verminderung der Festigkeit. Trotz einer relativ sehr hohen Widerstandsfähigkeit des Holzes gegenüber aggressiven Stoffen kann es in Abhängigkeit von der Dauer der

Einwirkung, der Aggressivität der angreifenden Stoffe, der Querschnittsgröße und den klimatischen Bedingungen zu korrosiven Schädigungen kommen.

Bei den meisten Chemikalien in fester, flüssiger oder gasförmiger Form nimmt die Korrosionswirkung mit der Zeit ab und es erfolgt nur eine Zerstörung im oberflächennahen Bereich. Die Zerstörung führt zu einem Festigkeitsverlust, der im Vergleich zu den ungeschädigten Querschnittsbereichen erheblich sein kann (*Lißner/Rug [1]*).

Beim Angriff bestimmter Salze, z. B. durch eine sehr intensive Behandlung des Holzes mit Holzschutz- und Feuerschutzmitteln, kann es zu einer typischen Auffaserung der äußeren Holzstruktur (wollige Struktur) kommen. Diese wird auch als Mazeration bezeichnet. Von *Schwar [96], [97]* wurden Schädigungstiefen bis 6 mm festgestellt. Untersuchungen von *Erler* ergaben, dass es sich in aller Regel um eine Schädigung am Querschnittsrand bis 10 mm Tiefe handelt. In bestimmten Ausnahmefällen geht die Schädigung bis maximal 20 mm tief (*s. Erler [102], Mönck/Erler [3]*).

Es wird empfohlen, den geschädigten Randbereich exakt zu ermitteln und vom statisch nutzbaren Querschnitt abzuziehen.

Die Schädigungstiefe lässt sich feststellen mittels Herausnahme von Bohrkernen und anschließenden Dynstatprüfungen nach DIN 53435, durch Feststellung des pH-Wertes und der Ionenkonzentration. Für Dynstatprüfungen sind Bohrkern mit einem Durchmesser von 25 mm erforderlich.

Auch durch Bohrwiderstandsmessungen kann die Schädigung festgestellt werden. Allerdings ist zu beachten, dass sich insbesondere bei salzbelasteten Konstruktionen die Rohdichte wesentlich erhöht, da sich die Salze als wässrige Lösung in die Holzzellen einlagern und dort rekristallisieren.

#### **Temperatureinflüsse auf Holz:**

Wirkt auf eine Holzkonstruktion eine ständige Erwärmung von über 60 °C, so führt das zu einem Abbau der Zellulose. Dieser Vorgang ist mit einer Verminderung der Holzfestigkeit, aber auch des Elastizitätsmoduls verbunden. Bei sehr langer Dauer und hoher Intensität (z. B. in Eisengießereien und Glashütten) kann es sogar zur vollständigen Auflösung der Holzstruktur kommen. Kommen dann noch schweflige Gase hinzu, greift das die Holzsubstanz zusätzlich an (*Rug [62]*).

#### **Mechanische Schädigungen des Holzes:**

Eine mechanische Schädigung des Holzes verursachen statische Überbeanspruchungen (Überlastungen), dynamische Überbeanspruchungen (Schwingungen, Erschütterungen, Explosionen) und unvorhergesehene Beanspruchungen aus der Nutzung (Anprall, Brand, Explosion). Es kann zu Festigkeitsbrüchen, Rissen, Formänderungen, Verbindungsmittelbrüchen, unzulässigen Querschnittsschwächungen und Materialermüdungen kommen.

Die Folge sind Verminderungen in der Trag- und Funktionsfähigkeit der Bauteile und Verbindungen.

### **4.5 Besonderheiten der Nachweisführung zur Stand- und Tragsicherheit sowie Gebrauchstauglichkeit**

Eine historische Holzkonstruktion muss unter Beachtung der geplanten Restnutzungsdauer und ihrer Instandsetzungskosten mit kalkulierbarer (annehmbarer) Wahrscheinlichkeit die geforderten Gebrauchseigenschaften gewährleisten. Sie hat mit angemessener Zuverlässigkeit den möglichen Einwirkungen und Einflüssen, die während ihrer Restnutzungsdauer auftreten können, standzuhalten. Daraus ergibt sich die Forderung, dass generell die Beanspruchbarkeit der tragenden Konstruktionsteile und ihrer Verbindungen größer als die maximal mögliche Beanspruchung sein muss (Grenzzustand der Tragfähigkeit). Außerdem darf während der



gesamten Nutzung kein Zustand entstehen, bei dem die festgelegten Bedingungen für die Gebrauchstauglichkeit nicht mehr erfüllt sind (Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit).

### **Grenzzustand der Tragfähigkeit:**

Prinzipiell unterscheidet sich das Vorgehen beim Nachweis der Tragfähigkeit nicht von dem bei neuen Konstruktionen. Allerdings werden die Eingangsgrößen (wie zum Beispiel Lastannahmen, mögliche Lastreduzierungen, Sortier- und Festigkeitsklasse, tatsächliche Festigkeit und Tragfähigkeit des Bauteiles und der Verbindungen, Randabstände, Querschnittsreduzierungen, notwendige Abminderungen oder mögliche Erhöhungen der Tragfähigkeit) nicht frei gewählt, sondern sie sind durch den Bauzustand des Bauwerkes vorgegeben. Der Vorteil dabei ist, dass die Eigenschaften der Konstruktion durch genaue Untersuchungen zuverlässig bestimmt werden können. Andererseits ergibt sich die Notwendigkeit einer umfassenden und fachkundigen Untersuchung aus der Forderung nach Einhaltung der Technischen Baubestimmungen. Auf die Schließung der Sicherheitslücken ist dabei besonderes Augenmerk zu legen (s. Abschnitt 2).

Die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit sind unbedingt einzuhalten. Überschreitungen der Beanspruchungsfähigkeit der Bauteile und Verbindungen (wie zum Beispiel in Höhe von 25 % in [104] empfohlen) sind nicht zu tolerieren. Auch der pauschale Hinweis auf Sicherheitsreserven, weil historische Holzkonstruktionen in aller Regel überdimensioniert sind, ist dabei nicht stichhaltig. Ob zusätzliche Sicherheiten genutzt werden können, kann nur für jeden Einzelfall fachkundig festgestellt werden. Bisher gibt es hierzu aber keine grundlegenden Untersuchungen und auch keine entsprechenden Richtlinien.

### **Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit:**

Werden über die gesamte Nutzungszeit bestimmte Grenzwerte der Verformungen oder Schwingungen eingehalten, so ist die Gebrauchstauglichkeit nach DIN 1052, Abschnitt 9 gewährleistet. Der Nachweis der Einhaltung von Grenzwerten für die Durchbiegung ist nicht mehr zwingend vorgeschrieben. In der früheren Norm mussten die Grenzwerte unbedingt eingehalten werden. Dies erforderte bei Holzbalkendecken, bei denen etwa ab einer Schlankheit ( $l/h$ ) von 20 die Einhaltung der Durchbiegungsgrenzwerte für die Bemessung maßgebend wurde, sehr oft teure Verstärkungsmaßnahmen. Ob die in früheren Zeiten festgelegten Grenzwerte überhaupt sinnvoll sind, ist unter Fachleuten umstritten (*Scheer/Pasternak/Hofmeister* [99]). Neue Vorschläge gibt es hier noch nicht.

Schon Anfang der neunziger Jahre wurde durch einzelne Bauaufsichtsbehörden per Erlass (z. B. in Berlin [98]) die zulässige Grenzverformung unter Gesamtlast für Balken ohne Überhöhung von  $L/300$  auf  $L/200$  erhöht, eine wesentliche Erleichterung zur Einsparung von Verstärkungen.

Da nun in der neuen DIN 1052 die festgelegten Grenzwerte nicht mehr zwingend einzuhalten sind, können sie mit dem Bauherren vereinbart werden. Hierüber sollte eine zivilrechtliche Vereinbarung geschlossen werden, um späteren Streitigkeiten vorzubeugen. Für den Altbau und die Denkmalpflege ergibt sich daraus ein Vorteil. Jetzt ist es möglich, zwischen den am Bau Beteiligten denkmalgerechte Lösungen ohne notwendige Verstärkungen auszuhandeln.

## 5. Nachweis der Tragfähigkeit historischer Holzbauverbindungen

### 5.1 Bestimmung der tragfähigkeitsbeeinflussenden Festigkeitseigenschaften von Verbindungen

Für den Nachweis der Tragfähigkeit von zimmermannsmäßigen Verbindungen ist es ebenfalls erforderlich, das Altholz einer Sortierklasse nach DIN 4047-1:2003 bzw. DIN 4047-5:2003 zuzuordnen. Wird der Nachweis der Tragfähigkeit für die zugeordnete Sortierklasse (im Allgemeinen S10/LS10) nicht erfüllt, sollte durch genauere Untersuchungen geklärt werden, ob das verbaute Holz eine höhere Festigkeit aufweist.

Hat das verbaute Holz eine höhere Rohdichte und ist es frei von festigkeitsbeeinflussenden Holzfehlern, wie zum Beispiel Rissen oder großen Ästen, so kann in aller Regel eine höhere Festigkeit attestiert werden.

Für Versatzverbindungen aus Nadelholz mit Stirnversätzen schlägt Görlacher (*Görlacher/Kromer [36]*, *Görlacher [10]*) höhere charakteristische Druckfestigkeiten als bei den einzelnen Sortierklassen festgelegt vor. Tabelle 5.1 zeigt den Vorschlag (*Görlacher [10]*), unter Berücksichtigung der neuen DIN 1052.

Tabelle 5.1: Rechenwerte für die maßgebenden Festigkeiten für den Nachweis der Tragfähigkeit von bestehenden Versatzverbindungen aus Nadelholz nach *Görlacher [10]*

Sortieranforderungen der DIN 4074-1 werden im Anschlussbereich <b>nachweislich</b> erfüllt	Charakteristische Festigkeiten in $\text{N/mm}^2$		
	Druck in Faserrichtung $F_{c,0,k}$	Druck senkrecht zur Faserrichtung $f_{c,90,k}$	Schubfestigkeit $f_{v,k}$
S7 DIN 4074-1	17	2,2	2,7
S10 DIN 4074-1	21	2,5	2,7
S13 DIN 4074-1	23	2,7	2,7
Keine Äste und $\rho_k > 0,45 \text{ g/cm}^3$	26	2,9	2,7

Dieser Vorschlag basiert auf den Ergebnissen von Versuchen an Versätzen, bei denen relativ hohe Druckfestigkeiten festgestellt wurden. Das Bild 5.1 gibt das Ergebnis als Korrelationsbeziehung zwischen Rohdichte und Druckfestigkeit wieder.

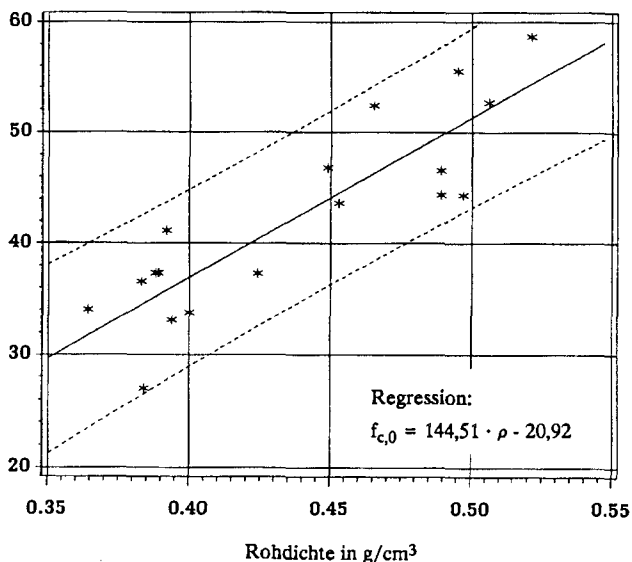


Bild 5.1: Zusammenhang zwischen der Druckfestigkeit  $f_{c,0}$  (parallel zur Faser) berechnet als fiktive Festigkeit aus Versuchen an Versätzen und der Rohdichte nach *Görlacher/Kromer [36]*

Für den Fall, dass keine Äste im Anschlussbereich sind und eine charakteristische Rohdichte  $\rho_k > 0,45 \text{ g/cm}^3$  nachweisbar ist, darf eine charakteristische Druckfestigkeit parallel zur Faser von  $26 \text{ N/mm}^2$  angenommen werden. Dies entspricht einem Wert der Festigkeitsklasse C40. Für Druck senkrecht zur Faser werden ebenfalls die Werte für C40M/C40 angenommen. Für den Nachweis des Vorholzes bei Versätzen kann bei Rissfreiheit im Bereich des Vorholzes mit einer charakteristischen Schubfestigkeit von  $4,8 \text{ N/mm}^2$  gerechnet werden. Die in [88] empfohlene Bedingung nach Einhaltung einer Vorholzlänge bei Versätzen von mindestens 200 mm muss bei trockenem und rissfreiem Holz nicht eingehalten werden.

### **Stahlfestigkeit:**

Stahlverbindungsmittel und Stahlbauteile aus der Zeit ab 1925 lassen sich den einschlägigen Stahlbau-Materialnormen zuordnen. Die Stahlgüte entspricht im wesentlichen der heutigen Güte S235 nach DIN EN 100025. Bei älteren Verbindungsmitteln aus der frühen Zeit des Stahlbaues bestehen die Eisenteile häufig aus Puddelstahl. Dieser streut sehr stark in seinen Eigenschaften, da die chemische Zusammensetzung des Eisens nicht einheitlich ist. Eisenteile aus Puddelstahl haben eine weitaus niedrigere Festigkeit (*Baehre/Mang [111]*). Im Einzelnen kann man Rückschlüsse auf die Festigkeit ziehen, indem eine chemische Analyse des Eisens an Mikroproben erfolgt. Derartige Untersuchungen können nur von Speziallabors durchgeführt werden. Besser wäre die Entnahme von Mini-Zugproben (*s. Frey [107], Käpplein/Wilgosch-Frey [109]*) und eine direkte Messung der Zugfestigkeit. Dies ist aber bei den Eisenverbindungen im Holzbau selten möglich.

## **5.2 Bewertung des Einflusses von Schädigungen auf die Tragfähigkeit von Verbindungen**

Für die Bewertung der statischen Funktionsfähigkeit von Verbindungen ist es wesentlich, den baulichen Zustand der Verbindung zu erfassen. D. h., es ist für jede Verbindung zu untersuchen, in wie weit die Trag- und Funktionsfähigkeit durch Schädigungen und Mängel beeinträchtigt wird. Hier sind vor allem zu nennen: biotische Schädigungen, Risse, Feuchtebeanspruchungen, Korrosionserscheinungen, nicht ausreichende Randabstände und Vorholzlängen, ungenügende Kraftschlüssigkeit und Querschnittsverminderungen.

Der bewertende Tragwerksplaner muss in jedem Fall ausreichende Kenntnis über die prinzipielle Wirkungsweise der Kraftübertragung in historischen Holzbau-Verbindungen und den jeweils vorgefundenen Verbindungsmitteln besitzen.

### **Zimmermannsmäßige Verbindungen**

In zimmermannsmäßigen Holzverbindungen werden die Kräfte häufig über Druck- und Scherbeanspruchung weitergeleitet. Risse können hier die Tragfähigkeit vermindern, z. B. im Vorholz von Versätzen oder bei Hakenblättern. Holznagelverbindungen sind nur trag- und funktionsfähig, wenn keine biotischen Schäden sowohl am Zapfen als auch am Holznagel vorliegen. Das trifft generell auch auf die anderen zimmermannsmäßigen Verbindungen zu. Wie schon festgestellt, beeinflussen korrosive Vorgänge die Tragfähigkeit einer Konstruktion. Das hat ebenfalls Einfluss auf die Verbindungen. So vermindert sich zum Beispiel die Tragfähigkeit eines Stirnversatzes bei einer umlaufenden Schädigung von nur 10 mm durch Mazeration um 33 % (*Schwar [97]*).

Befinden sich in den Verbindungen Stahlverbindungsmittel, so sind diese in der Regel korrosionsgeschützt in den Bereichen, wo sie vom Holz umschlossen werden. Dagegen ist mit Stahlkorrosion für die dem unmittelbaren Angriff korrosionsfördernder Medien ausgesetzten Teile - sichtbare Schraubenenden, Unterlegscheiben u. a. - zu rechnen. Besondere Aufmerksamkeit verdient die Spannungsrissskorrosion, die bei bestimmten aggressiven Stoffen auftritt und die zur interkristallinen Zerstörung des Stahlgefüges führt. Mit der Folge, dass statisch

beanspruchte Stahlteile schon bei geringer Beanspruchung plötzlich versagen (*Lißner/Rug [1]*).

### Ingenieurmäßige Verbindungen

Die Trag- und Funktionsfähigkeit von Nagel-, Bolzen-, Stabdübel- und Dübelverbindungen wird wesentlich von Schwindrissen beeinträchtigt. Die größte Beeinträchtigung entsteht, wenn Risse unmittelbar im Bereich der Lastübertragung vorhanden sind. Gleiches gilt auch, wenn biotische Schäden vorhanden sind.

Ein schlechter Passsitz einer Verbindung mit zusätzlichen Verformungen und Verschiebungen der Verbindungsteile, klaffende Fugen, verformte Spannschrauben und örtliche Brüche deuten auf Einbaumängel hin. Weitere mögliche Mängel, die beim Einbau entstanden sein können, zeigt Tabelle 5.2.

Zeigen Verbindungen mit Bolzen oder Dübeln besonderer Bauart verformte Schraubenköpfe mit Eindrückungen im Bereich der Unterlegscheiben, so ist das ein Indiz für eine Überbeanspruchung der Verbindungsmittel (*Lißner/Rug [1]*).

Die Arten der Verbindungsmittel haben sich mit der technischen Entwicklung der Holzbauweise gewandelt, d. h. für die Bewertung der Tragfähigkeit und die konstruktive Durchbildung gibt das Studium der früheren Fassungen der DIN 1052 und der einschlägigen Fachliteratur wichtige Aufschlüsse. Einige wesentliche Entwicklungsetappen enthält Abschnitt 6.

Tabelle 5.2: Häufige Mängel bei der Ausführung ingenieurmäßiger Verbindungsmittel im Holzbau

Verbindungsmittel	Mängel
Nägel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nichteinhaltung der vorgeschriebenen Mindestabstände,</li> <li>- Verwendung zu kurzer Nägel, zu geringe Eindringtiefe,</li> <li>- Nichtbeachtung der Vorschrift, dass Nagellöcher in Laubholz und für Nageldurchmesser <math>d \geq 4,2</math> mm vorzubohren sind,</li> <li>- Nageln von gefrorenen Hölzern, was zu Rissbildung führt</li> </ul>
Bolzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verwendung von Schraubenbolzen für Dauerbauten und Hauptanschlüsse,</li> <li>- Verwendung von Bolzen anstelle von Dübelverbindungen,</li> <li>- Nichteinhalten der in DIN 1052 festgelegten Abmessungen für Unterlegscheiben</li> </ul>
Stabdübel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nichteinhalten des geforderten Passsitzes</li> <li>- Verwendung von Stabdübeln aus warmgewalztem Rundstahl mit zu großen Toleranzen,</li> <li>- Nichteinhalten der Randabstände und vorgeschriebenen Mindestabstände</li> </ul>
Dübel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ungenaue Passsitze von eingestemmtten oder eingefrästen Dübeln,</li> <li>- Nichtbeachtung des zulässigen Höchstwertes der Holzfeuchte (18 % bei Spezialdübel, 15 % bei Flachdübel) beim Zusammenbau der Spezialdübelverbindungen</li> <li>- Unterlassung des Nachspannes der Spannschrauben bis zum Eintritt der Ausgleichfeuchte</li> <li>- Ungenauer Passsitze bei Dübeln besonderer Bauart</li> <li>- Nichteinhaltung, der Randabstände und Mindestabstände</li> </ul>

## 5.3 Besonderheiten der Nachweisführung

### 5.3.1 Zimmermannsmäßige Verbindungen

#### Holznagelverbindungen

Über Jahrhunderte sicherte man zimmermannsmäßige Holzverbindungen, vor allem Zapfen- und Blattverbindungen, mit Holznägeln aus Eichen-, Eschen-, Kiefern- oder Fichtenholz. Maßgebend für das Tragvermögen eines Holznagels ist der Biege widerstand des Nagels. Die Lochleibungsfestigkeit des Holzes wird im Allgemeinen nicht ausgenutzt.

Nach DIN 1052, A. 15.3 ergibt sich der in Bild 5.2 angegebene Bemessungsansatz, gültig für eine Scherfuge, für ein- und zweischnittig beanspruchte Holznägel aus Eichenholz. Die Berechnung gilt nur für die in der DIN genannten Voraussetzungen.

Die Anwendung der Bemessungsformeln ist nur bei gutem Passsitz der Verbindung und des Verbindungsmittels (keine klaffende Fuge) und ungeschädigtem Holz mindestens der Sortierklasse LS10 nach DIN 4074-5 anwendbar.

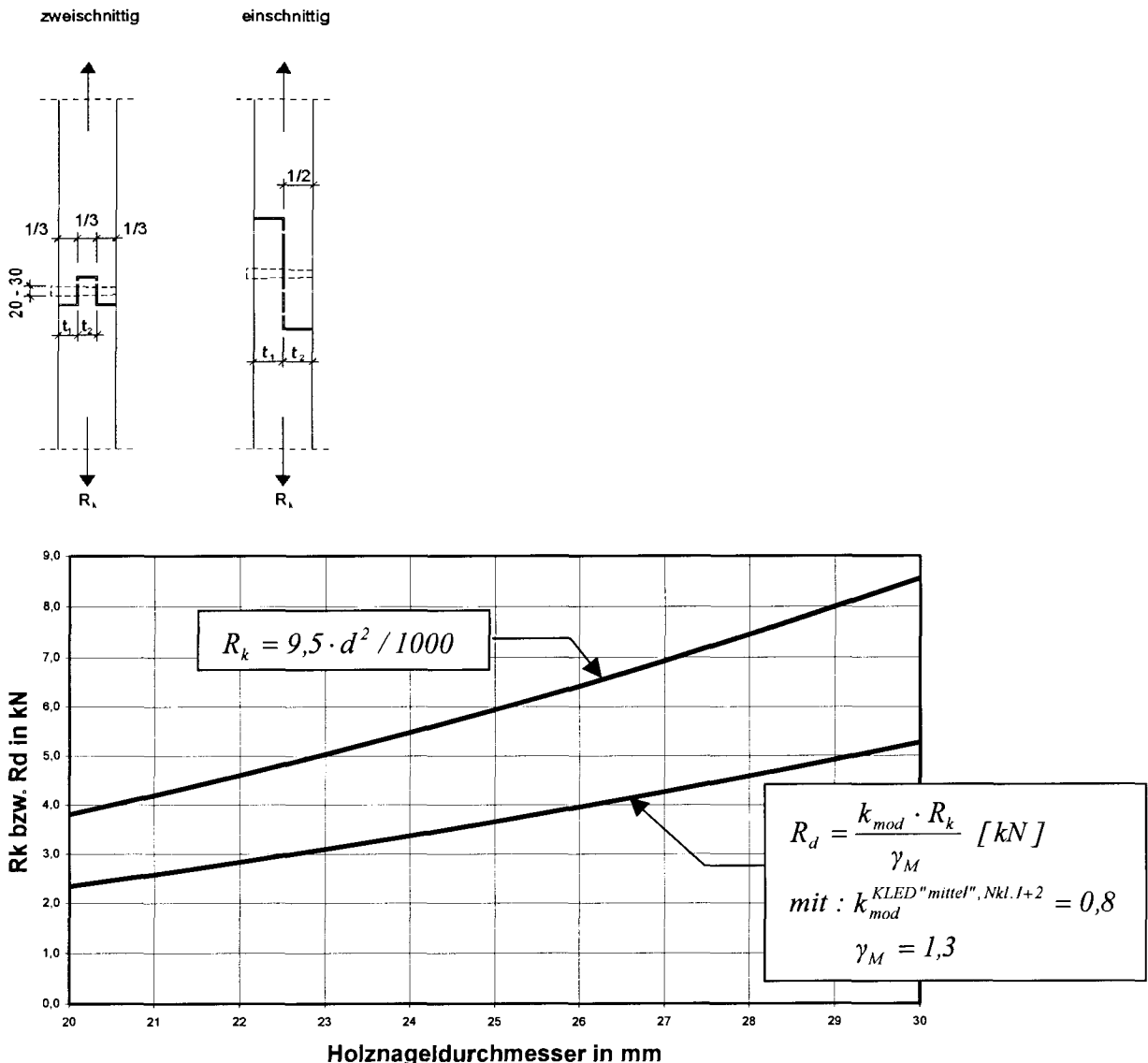


Bild 5. 2: Charakteristischer Wert der Tragfähigkeit und Bemessungswert (KLED „mittel“, Nutzungsklasse 1 und 2) für Eichenholznägel in Abhängigkeit vom Durchmesser, (Mindestholzdicken:  $t_{req} \geq 2 \cdot d$  und Nageldurchmesser:  $20 \text{ mm} \leq d \leq 30 \text{ mm}$  und  $\rho_k \geq 380 \text{ kg/m}^3$ ; ist  $t_{req} < 2 \cdot d$  gilt eine Abminderung von  $R_k$  mit  $k_t = t_1/t_{req}$  oder  $k_t = t_2/t_{req}$ )

## Zapfenverbindungen

Für querkraftbeanspruchte Zapfenverbindungen kann die Tragfähigkeit nach E DIN 1052, A. 15.2 berechnet werden (s. Bild 5.3). Die Tragfähigkeit mittig angeordneter Zapfen ist im Wesentlichen von der Querzug- und Schubfestigkeit des Holzes im Kerbbereich abhängig.

Berechnung der charakteristischen Tragfähigkeit des Zapfens:

$$R_k = \frac{2}{3} \cdot b \cdot h_e \cdot k_z \cdot k_v \cdot f_{V,k} \quad \text{mit} \quad R_d = \frac{k_{\text{mod}} \cdot R_k}{\gamma_M}$$

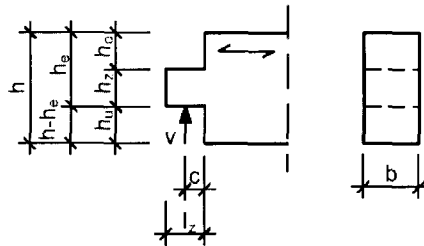


Bild 5.3: Charakteristische Tragfähigkeit des mittigen Zapfens nach DIN 1052:2004

Die Bemessungsformeln gelten auch für Konstruktionen in Altbauten. Voraussetzung ist, dass ein kraftschlüssiger Passsitz der Verbindung (keine klaffende Fuge) vorhanden und das Bauholz nicht geschädigt ist. Die Festigkeitseigenschaften des Holzes sind durch eine Festigkeitsortierung entsprechend den Bedingungen der DIN 4074-1 oder DIN 4074-5 zweifelsfrei festzustellen.

## Blattverbindungen

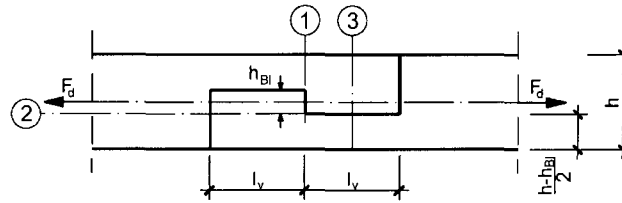
Blattverbindungen sind im begrenzten Maße in der Lage, Zugkräfte aufzunehmen.

Das gerade Blatt kann dies nur tun, wenn zusätzlich tragfähige Verbindungsmittel über die Blattlänge angeordnet werden, die für die zu übertragenden Kräfte eine ausreichende Tragfähigkeit haben müssen.

Das schräge Hakenblatt kann nur bei genügender Auflast nennenswerte Zugkräfte übertragen. Deshalb ist bei Umbauten oder auch Instandsetzungen unbedingt darauf zu achten, dass vorhandene Konstruktionen, die Auflasten eintragen, nicht entfernt werden. Das schräge Hakenblatt hat im Allgemeinen eine geringere Tragfähigkeit als das gerade Hakenblatt.

In historischen Holzkonstruktionen wurden auftretende Zugkräfte (z. B. bei einem Dachgeschossbalkenstoß) häufig mit dem geraden Hakenblatt übertragen.

Beim geraden Hakenblatt wird die Zugkraft über Druck parallel zur Faser (Schnitt 1 in Bild 5.4), Abscheren (über Länge  $l_v$  in Bild 5.4) und aufgrund eines aus der Geometrie der Verbindung sich ergebenden Versatzmomentes über Biegung (Schnitt 3 in Bild 5.4) übertragen. Daraus resultieren drei Nachweise für die Tragfähigkeit. Häufig wird für die Tragfähigkeit des Hakenblattes der Nachweis der Biegespannung im geschwächten Querschnitt maßgebend (s. Bild 5.4 und [103]).



Tragfähigkeit im Schnitt 1:

$$F_d \leq \frac{k_{\text{mod}} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot h_{\text{BI}} \cdot b$$

Tragfähigkeit im Schnitt 2:

$$F_d \leq \frac{k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot l_v \cdot b$$

Tragfähigkeit im Schnitt 3:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

Bild 5.4: Nachweis der Tragfähigkeit des geraden Hakenblattes nach [103]

Die Bemessungsformeln gelten auch für Konstruktionen in Altbauten. Voraussetzung ist, dass ein kraftschlüssiger Passsitz der Verbindung (keine klaffende Fuge) vorhanden und das Bauholz nicht geschädigt ist. Die Festigkeitseigenschaften des Holzes sind durch eine Festigkeitsortierung entsprechend den Bedingungen der DIN 4074- 1 oder DIN 4074- 5 zweifelsfrei festzustellen.

### Schräge Schwalbenschwanzblätter

Schwalbenschwanzblätter gehören zu den frühmittelalterlichen Holzverbindungen, ausgeführt bei Kopfband- und Strebenanschlüssen, insbesondere bei historischen Holzkonstruktionen des 11. bis 16. Jahrhunderts. Bei gutem Passsitz können kurzzeitig wirkende Zugkräfte (zum Beispiel aus Windbeanspruchung) aufgenommen werden. Die Aufnahme von Zugkräften ist möglich, wenn sich in den gegenläufig geneigten Flanken Druckkräfte aufbauen können. Sie beanspruchen das Holz in der Blattsasse im Winkel zur Faser (Bild 5.5).

Die von Görlacher [10] auf der Grundlage von Versuchen (Görlacher/Hättich/Kromer/Ehlbeck [86]) aufgestellten Bemessungsgrundlagen sind nur für kurzzeitig wirkende Zugkräfte und nur für das Konzept nach zulässigen Spannungen (DIN 1052, alt) gültig.

Der Nachweis lässt sich in diesem Fall führen zu

$$\frac{F_d}{1,425} \leq \begin{cases} \text{zul} F_1 \\ \text{zul} F_2 \end{cases}; \quad \text{zul} F_1 = 0,06 \cdot \frac{a}{\sin \alpha} \cdot \frac{1}{1-k}; \quad \text{zul} F_2 = 0,06 \cdot \frac{a}{\sin \alpha} \cdot \frac{1}{k}$$

mit  $\text{zul} F_1$  und  $\text{zul} F_2$  nach Gleichungen (16) bis (17) und  $k$  als Einflussfaktor Geometrie nach Gl (18) in [10].

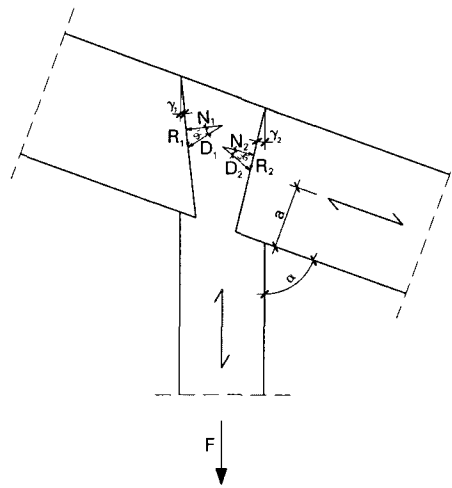


Bild 5.5: Reaktionskräfte innerhalb der Blattverbindung bei Zugbeanspruchung nach Görlacher [10]

Die Anwendung der Bemessungsformeln ist nur bei gutem Passsitz der Verbindung (keine klaffende Fuge) und ungeschädigtem Bauholz mindestens der Sortierklasse S10/LS10 nach DIN 4074 anwendbar.

### Versatzverbindungen

Über Jahrhunderte wurden geneigte Druckstreben über Versätze mit liegenden oder stehenden Bauteilen verbunden. Bei der Instandsetzung von Dachkonstruktionen werden sie überdies häufig im Bereich des Sparrenfußes angewendet. Ihre Tragfähigkeit kann nach der DIN 1052, A 15.1 nachgewiesen werden. Die Kraftübertragung erfolgt über Druck im Winkel zur Faser (Bild 5.6a) und das Vorholz des Versatzes wird auf Abscheren beansprucht. D. h., es sind analoge Nachweise wie in der alten DIN 1052 durchzuführen. Allerdings gilt jetzt für die Berechnung der Festigkeit bei Lastübertragung im Winkel zur Faser eine neue Formel (s. Bild 5.6b). Nach dieser Formel ist die Beanspruchbarkeit des Holzes bei Beanspruchung im Winkel zur Faser zwischen einem Winkel von  $10^\circ$  und  $50^\circ$  geringer und zwischen  $50^\circ$  und  $90^\circ$  etwas größer, als gegenüber der bisherigen Formel.

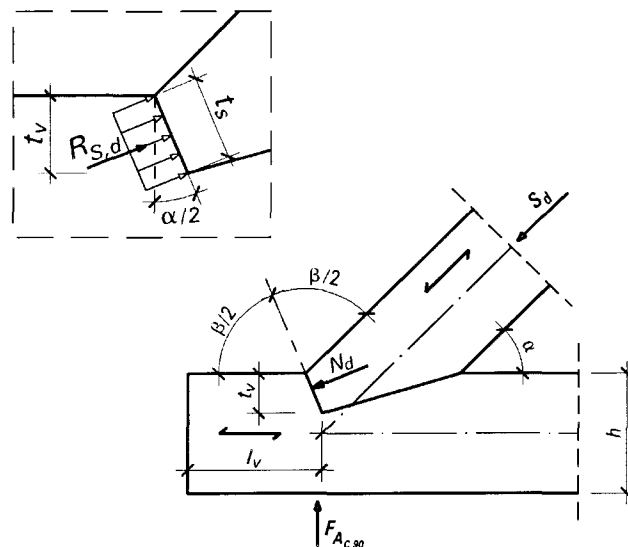


Bild 5.6a: Druck im Winkel zur Faserrichtung beim Stirnversatz ( $\beta=180^\circ-\alpha$ )



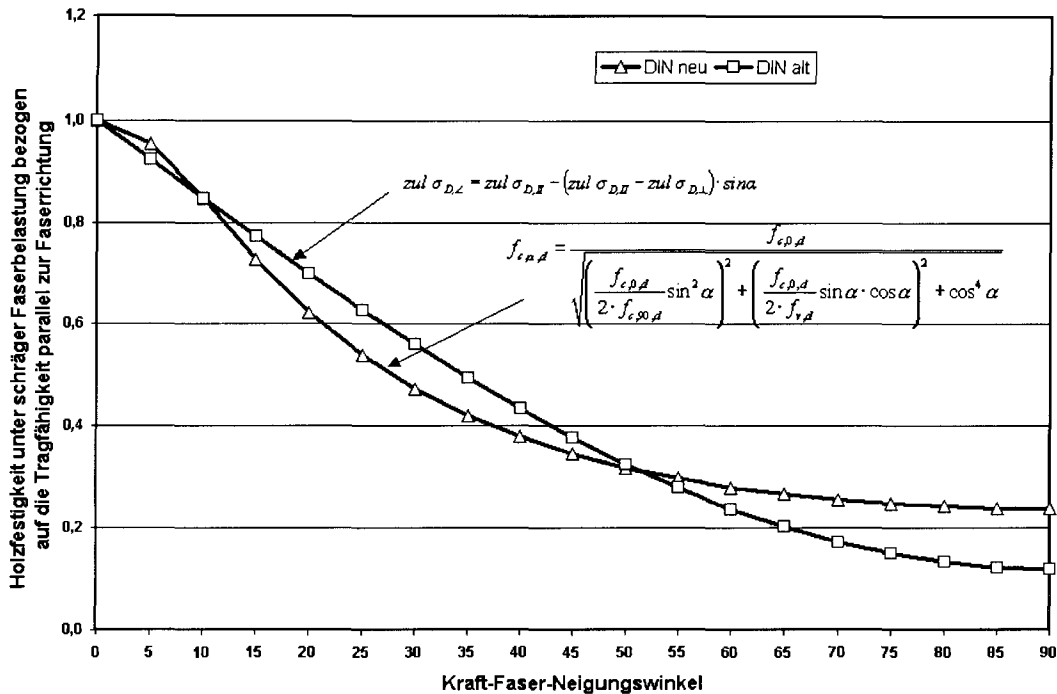


Bild 5.6b: Berechnung der Beanspruchbarkeit von Holz bei Beanspruchung im Winkel zur Faser nach DIN 1052:1988/1996 und DIN 1052:2004

Die Bemessungsformeln gelten auch für Konstruktionen in Altbauten. Voraussetzung ist, dass ein kraftschlüssiger Passsitz der Verbindung (keine klaffende Fuge) vorhanden und das Bauholz nicht geschädigt ist. Die Festigkeitseigenschaften des Holzes sind durch eine Festigkeitsortierung entsprechend den Bedingungen der DIN 4074-1 oder DIN 4074-5 zweifelsfrei festzustellen.

Kann im Bereich der ungeschädigten Verbindung eine höhere Holzfestigkeit nachgewiesen werden, so kann mit den in Abschnitt 5.1 empfohlenen Festigkeiten gerechnet werden.

### 5.3.2 Ingenieurmäßige Verbindungen

In den letzten einhundert Jahren wurden die vielfältigsten ingenieurmäßigen Verbindungen entwickelt und erprobt [105]. Nur ein ausgewählter Teil der erfundenen Systeme wurde in frühere Normfassungen der DIN 1052 übernommen. Man muss aber davon ausgehen, dass die bauaufsichtlich geregelten Verbindungsmittel in den allermeisten Fällen angewendet wurden. Vor der Einführung der DIN 1052 waren die Firmen bzw. Patentinhaber verantwortlich für die Bestimmung der Tragfähigkeiten. Findet man solche Verbindungsmittel vor, ist die Fachliteratur zu Rate zu ziehen. Nachfolgend wird ausschließlich auf die bauaufsichtlich geregelten Verbindungen früherer Normfassungen eingegangen.

#### Dübel besonderer Bauart

Für die in den alten DIN-Fassungen enthaltenen Dübel besonderer Bauart finden wir auch in der neuen Normfassung Bemessungsregeln, jetzt in DIN 1052:2004, A 13. Neu ist, dass die charakteristische Tragfähigkeit jetzt berechnet wird. Welche der früheren Dübel auch in der neuen DIN 1052 enthalten sind zeigt Tabelle A13. Entspricht der Typ des Dübels, das Material des Dübels und die geometrischen Bedingungen den Forderungen der neuen Norm, so können diese nach den neuen Berechnungsgrundlagen berechnet werden. Voraussetzung ist allerdings, dass die Festigkeitseigenschaften des Holzes durch eine Sortierung nach DIN 4074-1 oder DIN 4074-5 eindeutig festgestellt wurden, keine Schädigungen vorliegen und die Verbindung noch kraftschlüssig und funktionsfähig ist. Bei der Stahlgüte des Bolzens kann man

von der Stahlgüte ST 37 (S235) ausgehen. Vorgefundene Korrosion ist hinsichtlich ihres Einflusses auf die Trag- und Funktionsfähigkeit gesondert zu untersuchen.

Für andere in der Vergangenheit verwendete Dübel (s. Tabelle A8) kann der Nachweis nach der alten Norm geführt werden. Die zulässigen Tragfähigkeiten waren in Tabellen angegeben und können ohne große Berechnung entnommen werden. Der Nachweis lautet dann:

$$\frac{F_d}{1,425} \leq \text{zul } N_{\text{Dübel}}$$

Das Altholz muss dann mindestens der Sortierklasse S10/LS10 entsprechen und das Verbindungsmittel bzw. das Holz sollen keine Schädigungen aufweisen. Die Mindestabstände müssen den Forderungen der früheren Norm entsprechen.

### **Nägel, Bolzen / Stabdübel, Holzschrauben**

Nach der Regelung in der neuen DIN 1052 gehören Nägel, Bolzen / Stabdübel und Holzschrauben jetzt zu den stiftförmigen Verbindungsmitteln. Stiftförmige Verbindungsmittel werden jetzt einheitlich bei Beanspruchung auf Abscheren nach dem Johansen-Verfahren berechnet. Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass die Festigkeitseigenschaften wie die charakteristische Rohdichte und die Zugfestigkeit des Stahles direkt in die Berechnung eingehen. Gleichzeitig kann die Verbindung aus unterschiedlichen Holzbaustoffen mit verschiedenen Festigkeitskennwerten bestehen. Auch wenn noch keine Erfahrungen in der statischen Bewertung von Konstruktionen im Altbau bestehen, lassen sich doch die Vorteile erkennen. Bei gründlicher Festigkeitssortierung des Holzes können die Festigkeitseigenschaften zuverlässig ermittelt werden und es stehen genaue Berechnungsverfahren für die Ermittlung der Tragfähigkeit zur Verfügung. Auch bei der Beanspruchung auf Herausziehen werden jetzt die Festigkeitskennwerte des Holzes und des Verbindungsmittels genauer in der Berechnung berücksichtigt.

Die Nägel, Bolzen und Holzschrauben wurden schon vor dem Zweiten Weltkrieg genormt, so dass, soweit genormte Verbindungsmittel vorgefunden werden, die Festigkeitskennwerte für die Stähle bekannt sind. Das gilt auch für die erst 1968 eingeführten Stabdübel. Voraussetzung ist, dass festgestellt wurde, welches genormte Verbindungsmittel eingebaut wurde. Bei zuverlässiger Sortierung können historische stiftförmige Verbindungsmittel mit den neuen Berechnungsgrundlagen berechnet werden. Bedingung ist, dass die Verbindung noch kraftschlüssig und funktionsfähig ist und keine die Tragfähigkeit beeinflussenden Schäden vorliegen.

Allerdings können die geforderten Mindestholzdicken nach den neuen Rechengrundlagen höher sein als in früheren Normfassungen. Das Bild 5.7 zeigt das am Beispiel der Nagelverbindung. Deutlich erkennbar ist, dass in der neuen Norm sehr viel größere Dicken, sowohl für nicht vorgebohrte, als auch für vorgebohrte Nagelverbindungen verlangt werden. Eine Konstruktion aus der Zeit der geringeren Mindestholzdicken ist deshalb nicht weniger standsicher. Nur für Kiefernholz werden bei nicht vorgebohrten Nagelverbindungen annähernd gleiche Mindestdicken gefordert. Bei der Nachrechnung einer früheren Konstruktion muss dies beachtet werden. Auch bei den Mindestabständen kann es sein, dass die heutigen Mindestanforderungen höher liegen als in den alten Normfassungen. Für diesen Fall können bei gutem Bauzustand der Verbindung die früheren Werte herangezogen werden.

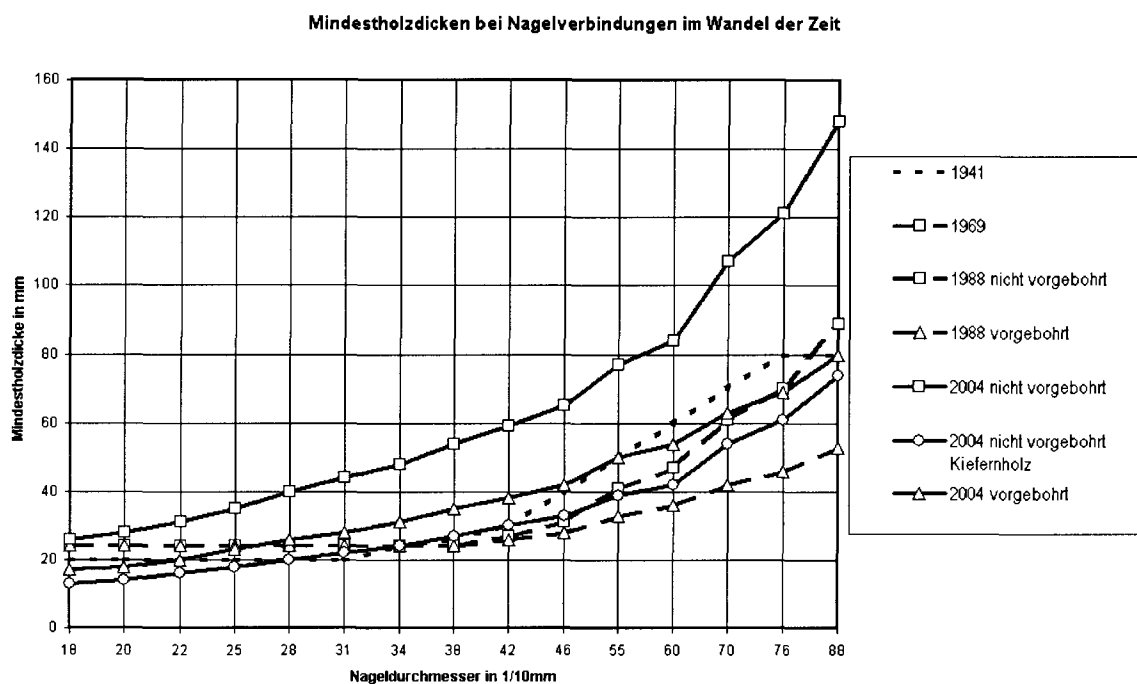


Bild 5.7: Genormte Regelungen zu den Mindestholzdicken bei Nagelverbindungen für Nadelholz zwischen 1941 und 2004

## 6. Historische Holzbauweisen und DIN 1052

In den letzten einhundert Jahren hat sich der zimmermannsmäßige Holzbau zu einer leistungsfähigen Ingenieurbauweise entwickelt. Dazu gehörte auch die Schaffung moderner Berechnungs- und Konstruktionsvorschriften. Bauaufsichtlich geregelte Vorschriften gab es erst seit 1925. Bis zur Herausgabe der ersten Holzbauvorschriften behalf man sich damit, dass die Erfinder neuer Verbindungstechniken die Tragfähigkeit bestimmen lassen mussten, indem sie damit geeignete Materialprüfanstalten beauftragten. Dem freien Wettbewerb der innovativen Systeme diene das jedoch nicht. Erst mit der Regelung in einer Norm wurde die Wettbewerbsfähigkeit hergestellt.

Die Entwicklung kann im Rahmen dieser Arbeit nicht vollständig dargestellt werden. Eine umfassendere Darstellung enthält die Festschrift zum einhundertjährigen Jubiläum des Bundes Deutscher Zimmermeister (s. [105]). Nachfolgend wird ein kurzgefasster Überblick über die Entwicklung der Holzbauvorschriften gegeben.

### 6.1 Die erste Holzbauvorschrift

Die Initiative der **Deutschen Reichsbahngesellschaft** zur Herausgabe einer eigenen Reichsbahnvorschrift für Holzkonstruktionen hatte zunächst das Ziel, die sehr unterschiedlichen Vorschriften in den einzelnen Reichsbahndirektionen zu vereinheitlichen. Auf der Grundlage der Arbeit des vom Reichsverkehrsminister 1921 gegründeten Fachausschusses für Holzfragen konnte die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahngesellschaft die von *K. Schaechterle* erarbeiteten neuen „**Vorläufigen Bestimmungen für Holztragwerke**“ per Erlass am 12.12.1926 in ihren Verantwortungsbereich einführen. Zur Fundierung der Vorschrift hatte die Deutsche Reichsbahn bei *Otto Graf* in Stuttgart umfangreiche Versuche zu den Festigkeiten der Hölzer und zu den wesentlichen Einflussfaktoren bzw. zum Tragverhalten einiger Verbindungen in Auftrag gegeben. Das in den „Vorläufigen Bestimmungen für Holztragwerke“ für den Nachweis des Knickens eingeführte  $\omega$ -Verfahren wurde ohne Änderungen in die

DIN 1052, Ausgabe 1933 übernommen und von Möhler in der Fassung der DIN im Jahre 1969 modifiziert, indem die Traglastspannungen eingeführt wurden.

Von den Baufachleuten wurde die Reichsbahnvorschrift allgemein begrüßt. Die erreichten Fortschritte im ingenieurmäßigen Holzbau in den ersten 25 Jahren des 20. Jahrhunderts erforderten dringend allgemein gültige Berechnungsgrundlagen. Bezogen auf die zulässigen Spannungen brachte die Vorschrift einige Fortschritte. Sie regelte die zulässige Biegespannung einheitlich für Nadelholz (s. Tabelle A9).

## 6.2 Die DIN 1052

Mit Wirkung vom 1. September 1933 setzte der Preußische Finanzminister dann die schon lange erwartete DIN 1052 „Bestimmungen über die Ausführung von Bauwerken aus Holz im Hochbau“ für Preußen förmlich in Kraft. Damit wurde sie als Richtlinie für die Baupolizei amtlich eingeführt.

Das galt auch für die später erlassenen Begleitvorschriften, wie zum Beispiel die DIN 4074 „Gütebedingungen für Bauholz“, die durch den Reichsarbeitsminister per Erlass als Richtlinie für die Baupolizei im Jahr 1939 eingeführt wurde. Dieser Norm waren umfangreiche Untersuchungen über den Einfluss der aus dem Wachstum der Bäume resultierenden Fehlstellungen des Holzes und deren Einfluss auf die Festigkeitseigenschaften der Hölzer (zum Beispiel Faserverlauf und Ästigkeit) vorausgegangen. Aber auch der Einfluss der Feuchte und der Rohdichte wurde untersucht.

Bis 1947 erschienen in relativ kurzen Zeiträumen allein fünf neue Ausgaben der DIN 1052, in denen neue wissenschaftliche Erkenntnisse eingearbeitet wurden. 1938 erschien die zweite Ausgabe, 1941 die dritte Ausgabe, 1943 die vierte Ausgabe und 1947 die fünfte Ausgabe. Dies ist ohne Zweifel auch ein Beleg für die neue Qualität der Holzbauforschung zwischen 1925 und 1945. Einen wesentlichen Fortschritt brachte die dritte Ausgabe der DIN 1052. Die 1939 mit der Herausgabe der DIN 4074 erlassenen „Gütebedingungen für Bauholz“ gestatteten nun eine Abstufung der zulässigen Spannungen nach Güteklassen (Bild 6.1 und Tabelle A9).

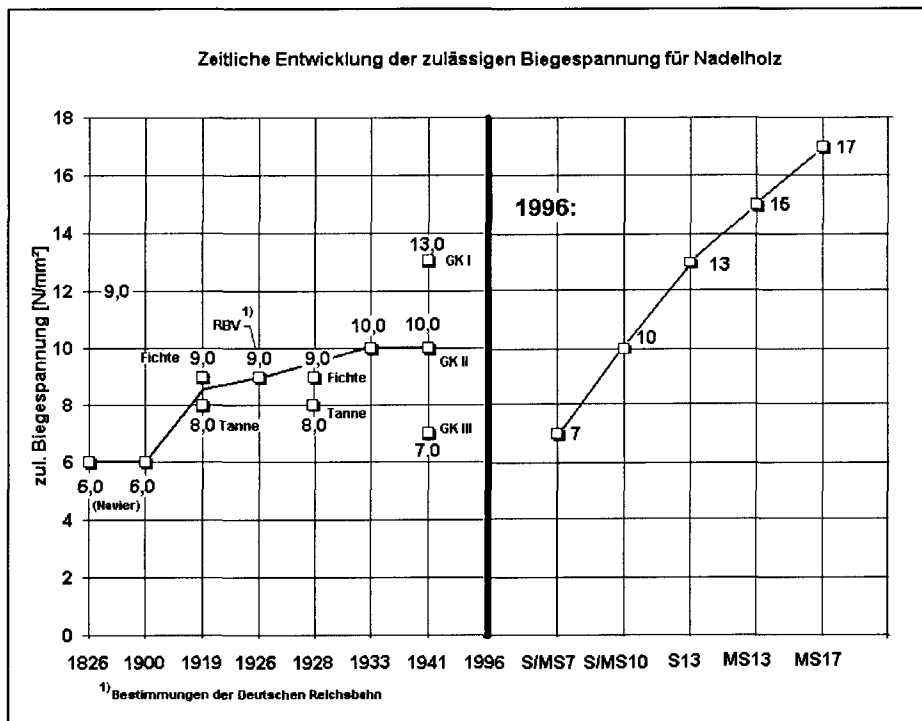


Bild 6.1: Zeitliche Entwicklung der zulässigen Biegespannung von Nadelholz seit 1826

Über sechzig Jahre erhielt sich diese Praxis, bis 1996 mit der 3. Ausgabe der DIN 4074 (Ausgabe 1989) die Einführung der maschinellen Sortierung des Holzes eine weitere Differenzierung der zulässigen Spannungen zuließ (s. auch Tabelle A9).

### **Brettschichtholz in der DIN 1052**

Seit der ersten Fassung der DIN 1052 waren die Leimverbindungen im Holzbau geregelt. Art und Umfang der Regelungen entsprachen dem jeweiligen Forschungsstand. Leimverbindungen waren zugelassen, wenn die Verbindung gegen Feuchte und Dämpfe geschützt war und die Festigkeit der Leimfuge mindestens der Holzfestigkeit entsprach.

Sehr viel weitgehender waren auf Grund des neuesten Forschungsstandes die Festlegungen der Normfassungen von 1941 und 1944 zu den Leimverbindungen. Mit dem Entwurf und der Ausführung geleimter Bauteile durften nur Betriebe betraut werden, die eine spezielle Zulassung des Reichsarbeitsministers besaßen. Diese Liste untergliederte sich in eine A-Liste (Zulassung für die Ausführung aller geleimten Bauteile) und eine B-Liste (Zulassung für die Ausführung einfacher geleimter Holzbauteile bis 12 m Spannweite). Weiterhin enthielten die Normen Festlegungen zur Anwendung von Kasein- und Karbamidleimen bzw. zur Herstellung von Leimbauteilen.

Die Verwendung von Sperrhölzern in Leimbauteilen war auf kunstharzverleimte Sperrhölzer beschränkt. Mit der Entwicklung von Kunstharzklebstoffen in Deutschland ab den 30er Jahren, zunächst primär für den Flugzeugbau, war eine wesentliche Voraussetzung für die Weiterentwicklung der im Jahre 1906 patentierten Hetzer-Bauweise gegeben, waren doch damit geklebte Bauteile mit gegenüber Feuchteeinwirkungen dauerhafterer Leimfuge möglich. Außerdem waren mit diesen Verbindungen höhere Festigkeiten erreichbar.

*Egner* von der Materialprüfanstalt der TU Stuttgart, der sich schon in den 40er Jahren um die intensive Erforschung der Klebeverbindungen im Holzbau verdient gemacht hatte, setzte diese Forschung auch nach dem Zweiten Weltkrieg fort. Seine Arbeiten haben wesentlich zur Entwicklung der Brettschichtbauweise nach dem Krieg beigetragen. Die von ihm betriebene Entwicklung der Keilzinkenverbindung gestattete das Stoßen und Verkleben der Brettlagen in technologisch einfacher Weise. Heute werden Keilzinkenverbindungen aber auch als Längsverbinding für Kanthölzer oder als Verbindung in der Ecke von Rahmen aus Brettschichtholz verwendet. Neben den Forschungsarbeiten oblag *Egner* auch die Überwachung und Zertifizierung der Brettschichtholzhersteller. In der DIN 1052 des Jahres 1969 wurden von ihm die Regeln für den §16 der Norm neu gefasst und dem fortgeschrittenen Stand angepasst. Welchen Bedingungen sich die Betriebe unterwerfen mussten, wurde in der Norm neu geregelt. Die Bestimmungen sind auch heute noch gültig. Mit dieser Norm wurde auch die Nagel-Press-Klebung eingeführt, die unter bestimmten geometrischen Voraussetzungen die Herstellung von geklebten Verbindungen mittels Presswirkung aus Nägeln gestattete.

Neu waren die zulässigen Festigkeiten für Brettschichtholz, die entsprechend der Gütesortierung nach Güteklassen (Güteklasse II und I) angegeben waren. Da durch das Verkleben von Brettern, bei denen große Äste vorher entfernt wurden, eine Vergütung des Schichtholzquerschnittes auftrat, lagen die zulässigen Spannungen für Brettschichtholz höher als für Vollholz. Brettschichtholz der Güteklasse I hatte danach bei Biegespannung eine 1,4-fach höhere zulässige Festigkeit als Vollholz der Güteklasse II. Als im Jahre 1996 mit der dritten Fassung der DIN 4074 die maschinelle Festigkeitssortierung eingeführt wurde, kamen weitere Brettschichtholzklassen hinzu. Mit der maschinellen Sortierung kann das Holz zuverlässiger nach der Festigkeit sortiert werden, wodurch weitere Anhebungen der zulässigen Festigkeiten möglich waren. Die Brettschichtholzklasse MS 18 hat heute eine 1,8-fach höhere Biegefestigkeit als ein Vollholzbalken in der Sortierklasse S 10.

Für Brettschichtholzkonstruktionen mussten in den letzten dreißig Jahren zahlreiche anwendungstechnische Fragen geklärt werden, wie zum Beispiel die rechnerischen Nachweise bzw. die Erhöhung der Querszugfestigkeit im gefährdeten Bereich bei Satteldach- und Voutenträ-

gern oder Ausklinkungen an den Trägern, die Berechnung von Keilzinkenverbindungen in hochbeanspruchten Bereichen von Rahmenecken oder der Einfluss der festigkeitsrelevanten Eigenschaften der Brett lamellen auf die Festigkeit des gesamten Trägers. In der DIN 1052, Ausgabe 1988 wurden dann diese Fragen bauaufsichtlich geregelt.

### Verbindungsmittel in der DIN 1052

Holz als stabförmiges Material benötigt bei seiner konstruktiven Verwendung zu Baukonstruktionen tragfähige und dauerhafte Verbindungen. Die bis Ende des 19. Jahrhunderts vom Zimmermann praktizierten althergebrachten Verbindungen können nur Druck- und Scherkräfte übertragen und waren daher für weitgespannte Fachwerke, wie sie der Stahlbau in zahlreicher Form und Verwendung schon in seiner frühen Entwicklung hervorbrachte, nicht geeignet. Diese Erkenntnisse veranlassten innovative Holzbauunternehmer und Ingenieure zur Entwicklung neuer Verbindungsmittel, wie zum Beispiel die Scheiben- und Krallendübel, später die Nagelverbindungen sowie die leistungsfähigen Klebetechniken.

Getrieben von dem Willen, gegenüber dem Stahl- und Stahlbetonbau mithalten zu können, haben die Holzbauer in den letzten 100 Jahren immer wieder versucht, neue Anwendungsbereiche zu erschließen. Die immer größer werdenden Spannweiten waren stets auch eine Herausforderung an die Leistungsfähigkeit der Verbindungstechniken. Dabei hat man vor dem Zweiten Weltkrieg schon Beachtliches geleistet, wenn man an die Erforschung der Nagel-, Dübel- und Klebeverbindungen denkt. In den ersten 25 Jahren des 20. Jahrhunderts standen zunächst die Dübelverbindungen im Mittelpunkt der Bauforschung, vor allem vorangetrieben von den Holzbaufirmen, die ihre zumeist patentierten Dübel für immer größere Spannweiten verwendeten.

### Dübel besonderer Bauart

Die Normfassung des Jahres 1941 enthielt auch neue Erkenntnisse zu den Dübelverbindungen. Ein Fortschritt dieser Fassung war, dass sie alle bis dahin durch baupolizeiliche Zulassung bestätigten Ring- und Scheibendübel der einzelnen Holzbaufirmen mit ihren zulässigen Tragfähigkeiten und konstruktiven Mindestanforderungen als Anlage zur Norm aufnahm. Eine Berechnung der Dübel entfiel, da die zulässige Tragfähigkeit in Abhängigkeit vom Last-Faser-Winkel aus einer Tabelle entnommen werden konnte. Bis zur Normfassung im Jahre 1988 blieb diese Regelung unverändert. Bild 6.2 zeigt am Beispiel eines Appel-Dübels, dass die zulässige Tragfähigkeit sich seit der Aufnahme in die DIN 1052 im Jahre 1943 nicht veränderte. Das gilt auch für die Mindestabstände. Im Jahre 1988 wurde für mehrere Dübel hintereinander eine Formel eingeführt, die eine etwas höhere zulässige Beanspruchung zuließ.

Zulässige Dübellast im Laufe der Entwicklung der DIN 1052

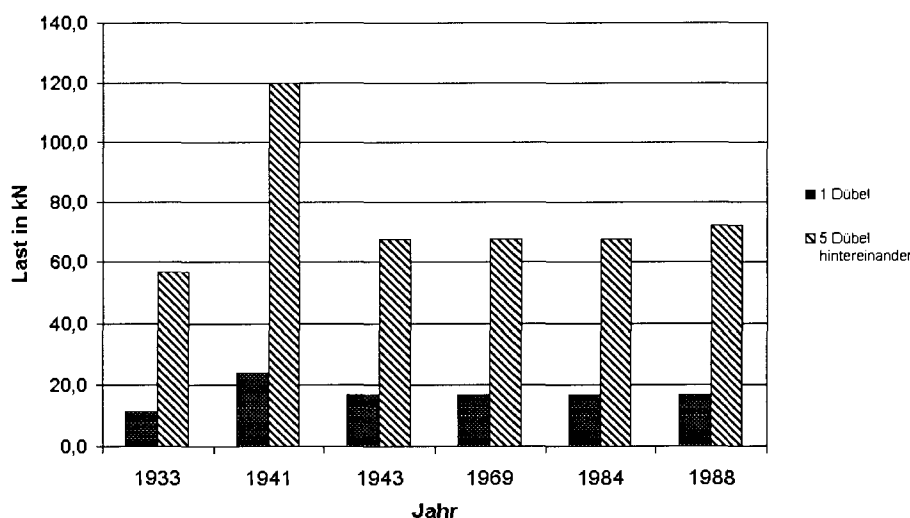


Bild 6.2: Zulässige Dübeltragfähigkeit nach DIN 1052 zwischen 1933 und 1988 am Beispiel des Ringdübels Typ Appel Durchmesser 95 mm

Nicht mehr angewendete Dübel wurden bei neuen Normfassungen aus der Norm herausgenommen. Die Tabelle A13 gibt einen Überblick über die Regelungen zu den Dübeln im Holzbau seit 1926.

### **Nägel:**

Obwohl eines der ältesten Verbindungsmittel des Zimmermanns, galt der Nagel bis in die 20er Jahre des 20. Jahrhunderts als Verbindungsmittel mit untergeordneter Bedeutung.

Auch die „Vorläufigen Bestimmungen für Holzbauwerke“ der Deutschen Reichsbahn verboten den Nagel.

Das änderte sich, als *Wilhelm Stoy* von der TH Braunschweig und *Erich Seidel* als Holzbaunternehmer in Leipzig die bautechnischen Möglichkeiten des Nagels erkannten, gemeinsam mit der Arbeitsgemeinschaft Holz in Berlin für seine Anerkennung warben und darauf drangen, dass die von *Wilhelm Stoy* aus einer Vielzahl von Versuchen wissenschaftlich begründeten Ergebnisse in die erste Fassung der DIN 1052 aufgenommen wurden.

Zunächst wurden wegen der geringen praktischen Erfahrungen relativ niedrige Anschlusswerte festgelegt. Durch weitere sehr umfangreiche Forschungen in den 40er Jahren des 20. Jahrhunderts wurden die Grundlagen vertieft und die Berechnungsvorschriften weiter verbessert. Die große Unterstützung der Grundlagenforschung ergab sich nicht nur aus der Leistungsfähigkeit der Nagelverbindung, sondern auch aus dem Umstand, dass ihre Verwendung im Gegensatz zu den bis dahin etablierten Dübeln besonderer Bauart nicht einem Patentschutz unterlag, ein großer Vorteil, als der Bedarf an materialsparenden Holzkonstruktionen besonders in Kriegszeiten sprunghaft stieg.

Dass die Nagelverbindungen in der Praxis so schnell angenommen wurden, ist wohl auch auf eine neue Qualität der Zusammenarbeit zwischen Praxis und Forschung zurückzuführen. Ab 1935 forschte *Stoy* nicht mehr alleine, sondern *Grabbe*, *Marten*, *Gaber* und *Egner* verstärkten mit ihren Arbeiten die Forschungsbemühungen.

*Gaber* an der TU Karlsruhe untersuchte die Möglichkeiten des Ersatzes von Stahl durch genagelte Holzträger im Hoch- und Brückenbau, auch für hohe Verkehrslasten, wie zum Beispiel bei Brücken mit 60 Tonnen Tragfähigkeit. Das hauptsächliche Verbindungsmittel für derartige Konstruktionen war der Nagel.

Die zwischen 1945 und 1965 durchgeführten Forschungen führten zur Ergänzung der Norm DIN 1052 im Hinblick auf Tragfähigkeitserhöhungen bei vorgebohrten Nagelverbindungen, bei Laubholzverbindungen, bei Stahlblech-Holz-nagelverbindungen und bei Holz-Sperrholz-Verbindungen.

Während nach *Stoy* und *Mlynek* höhere Festigkeiten des für Nägel verwendeten Stahles keinen Einfluss auf die Tragfähigkeit einer Nagelverbindung haben, konnte auf Grund der Versuche von *Möhler* in der Fassung der DIN 1052 des Jahres 1969 die zulässige Tragfähigkeit von Laubholz-Nagelverbindungen aus den einheimischen Laubholzarten Eiche und Buche um 50 Prozent erhöht werden. Für Stahl-Holz-Verbindungen wurde durch Versuche eine 25prozentige Erhöhung nachgewiesen. Diese Regelung wurde auch in die Fassung der DIN 1052 des Jahres 1969 aufgenommen.

Auch für genagelte Anschlüsse aus Buchenfurnier-Sperrholz mit einer bestimmten Anzahl an Furnierlagen an Vollholz ergaben Versuche eine höhere Tragfähigkeit. Dieser Umstand veranlasste Forscher, das Tragverhalten von Fachwerkträgern mit Sperrholzknotenplatten zu untersuchen. Mit solchen Tragwerken hatte man schon in den 30er Jahren einige Erfahrungen gesammelt.

Die in Fortführung der Forschungen zum Tragverhalten von Nagelverbindungen mit Holzwerkstoffplatten gewonnenen Erkenntnisse fanden dann Eingang in die Normfassung der DIN 1052 des Jahres 1988.

### **Mehrteilige Holzquerschnitte**

Besonders die von *Gaber* seit Ende der 30er Jahre angestellten Überlegungen zum Ersatz von Stahlträgern durch mehrteilige genagelte Holzträger mit T- oder Kastenquerschnitt führten unter dem Aspekt der Entwicklung von Holzbauteilen mit minimalem Holzverbrauch zu zahlreichen weiteren Forschungen. *Gaber* selbst erprobte seine Träger nicht nur im Labor, sondern auch in der Praxis bei Straßenbrücken. *Schischka* und *Fonrobert* führten ebenfalls Tragfähigkeitsprüfungen an genagelten Vollwandträgern durch, *Graf* und *Egner* wurden dadurch angeregt, derartige Träger mit geklebten Verbindungen zu entwickeln und zu erproben. Wesentliche Bedeutung hatten die Versuche von *Gaber* zur Entwicklung weitgespannter Brückenkonstruktionen. Die dabei gefundenen Ergebnisse lieferten die Erkenntnis, dass die Nachgiebigkeit der Holzbau-Verbindungen bei zusammengesetzten Druck- und Biegestäben wesentlich ist für das Tragverhalten unter Last und insbesondere unter dynamischer Beanspruchung, wie sie bei Brücken und Kranbahnen auftritt.

Der Fortführung dieser Arbeiten widmete sich der Schüler *Gabers*, *Karl Möhler*, seit 1943 und gewann zur Berechnung mehrteiliger Druck- und Biegestäbe, verbunden mit nachgiebigen Verbindungsmitteln, durch entsprechende Forschungen neue Erkenntnisse. Er entwickelte ein ausreichend genaues und für den Ingenieur verständliches Berechnungsverfahren bzw. untermauerte es durch entsprechende Versuche (heute als *Möhler-Verfahren* bezeichnet).

## **7. Zusammenfassung**

Die Stand- und Tragsicherheit sowie Gebrauchstauglichkeit von Holzkonstruktionen in der Altbausubstanz kann ohne eine zuverlässige Sortierung des verbauten Holzes nicht mit ausreichender Zuverlässigkeit nachgewiesen werden. Dies gilt auch für die Verbindungen. Die bisherige Praxis der statischen Beurteilung von historischen Holzkonstruktionen entspricht nicht den bauaufsichtlichen Anforderungen. Allgemeingültige Regelungen zum Nachweis der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit wurden bisher nicht erarbeitet. Ungeschädigtes Altholz weist gegenüber vergleichbarem Neuholz keine Festigkeitsunterschiede auf. Eine Festigkeitssortierung des Altholzes ist somit unter Anwendung der geltenden Sortierkriterien für Neuholz (DIN 4074) möglich, wenn der untersuchende Fachmann über die entsprechende Sachkunde verfügt. Unter Anwendung bestimmter erprobter in-situ-Verfahren lässt sich auch eine „maschinelle“ Festigkeitssortierung durchführen. Die Ausbeute an Holz höherer Festigkeit kann unter Umständen erheblich sein.

Zusätzlich zur Sortierung des Altholzes sind Schädigungen oder Baumängel mit wesentlichem Einfluss auf die Stand- und Tragsicherheit sowie Gebrauchstauglichkeit zu berücksichtigen.

Die sich aus der Spezifik der Altbausanie rung ergebenden Besonderheiten zur Nachweisführung der Stand- und Tragsicherheit sowie Gebrauchstauglichkeit wurden auf der Grundlage dieses Berichtes in ergänzenden Regeln zur DIN 1052 zusammengefasst. Die Ergänzungen sind in den Erläuterungen zur DIN 1052 enthalten (s. [116]).



## 8. Literaturverzeichnis

- [1] Lißner, K.; Rug, W.: Holzbausanierung – Grundlagen und Praxis der sicheren Ausführung. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York 2000
- [2] Mönck, W.: Instandsetzung von Balkenköpfen Mikado 7/8(1993), S. 24-28
- [3] Mönck, W.; Erler, K.: Schäden an Holzkonstruktionen, 4. bearbeitete Auflage, Verlag für Bauwesen, Berlin 2004
- [4] Mönck, W.; Rug, W.: Holzbau, 15. Auflage, Verlag für Bauwesen, Berlin 2005
- [5] Prehl, H.: Die genaue Berechnung der durch Stahl verstärkten Holzquerschnitte, In: Die Bautechnik 4(1966), S. 129–135
- [6] Seehausen, K.-R.: Fachwerk – Bauaufsicht - Denkmalschutz – Ein lösbarer Konflikt? Bauordnungs- und Denkmalschutzrecht bei der Fachwerksanierung. Bundesarbeitskreis Altbauerneuerung e.V., In: Kongress für Altbauerneuerung 26.–27.10.1998 in Nürnberg
- [7] SenBauWohnen, Berlin : Ausbau von Dachräumen zu Wohnzwecken. Bekanntmachung der Senatsverwaltung für Bau- und Wohnungswesen vom 02.12.1990 im Amtsblatt für Berlin, 40. Jahrgang, Nr. 59 vom 16.11.1990
- [8] Werner, G; Zimmer, K.: Holzbau, Teil 1 und Teil 2. 3. Auflage, neubearbeitet von Zimmer, K.; Lißner, K.: Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York 2004
- [9] Lißner, K.; Rug, W.; Held, H.; Winter, S.; Schmidt, D.; Holtz, F.; Hessinger, J.; Hauser, G.; Otto, F.: Modernisierung von Altbauten, Informationsdienst Holz, Holzbauhandbuch, Reihe 1, Teil 14, Folge 1, DGfH-Innovations- und Service GmbH, München 2001
- [10] Görlacher, R.: Historische Holztragwerke, Untersuchen, Berechnen, Instandsetzen, Sonderforschungsbereich 315, Universität Karlsruhe 1999
- [11] WTA Referat 8 Hrsg.: Fachwerkinstandsetzung nach WTA Band 1, Merkblätter, Fraunhofer IRB- Verlag, Stuttgart 2002 ([www.wta.de](http://www.wta.de))
- [12] WTA Referat 8 Hrsg.: Fachwerkinstandsetzung nach WTA Band 2, Aktuelle Berichte, Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart 2002 ([www.wta.de](http://www.wta.de))
- [13] Gerner, M.: Handwerkliche Holzverbindungen der Zimmerer, Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart 1992
- [14] Ostendorf, F.: Die Geschichte des Dachwerks, Leipzig/Berlin 1908
- [15] Phleps, H.: Alemannische Holzbaukunst, Wiesbaden 1967
- [16] Heimeshoff, B.; Köhler, N.: Untersuchungen über das Tragverhalten von zimmermannsmäßigen Holzverbindungen, Forschungsbericht T2189, IRB- Verlag, Stuttgart 1989
- [17] Tinius- Hüser, K.: Historische Großhäuser. In: Erhaltung historisch bedeutsamer Bauwerke, Sonderforschungsbereich 315, Universität Karlsruhe, Jahrbuch 1988, Verlag Ernst und Sohn, Berlin 1989
- [18] Abel, R.; Oswald, R.; Schnapauß, V.; Wilmes, K.: Bauschadenschwerpunkte bei Sanierungs- und Instandhaltungsmaßnahmen, Teil II, Forschungsbericht T2257, IRB-Verlag, Stuttgart 1994
- [19] Milbrandt, E.; Müller-Zimmermann, S.; Königer, S.: Verbindungsmittel, Holzbauhandbuch Reihe 2, Teil 2, Folge 1, Düsseldorf 2000
- [20] Heimeshoff, B; Schelling, W.; Reyer, E.: Zimmermannsmäßige Verbindungen, Informationsdienst Holz, Düsseldorf 1988
- [21] Ehlbeck, J.; Görlacher, R.: Erste Ergebnisse von Festigkeitsuntersuchungen an altem Konstruktionsholz, In: SFB 315, Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke, Universität Karlsruhe, Jahrbuch 1987, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1987
- [22] Ehlbeck, J.; Görlacher, R.: Zur Problematik bei der Beurteilung der Tragfähigkeit von altem Konstruktionsholz, In: bauen mit holz (1990) H 2
- [23] Erler, K.: Alte Holzbauwerke – Beurteilen und Sanieren, Verlag für Bauwesen, Berlin 1997
- [24] Borrmann, M.: Baugeschichtliche Anmerkungen zu Knotenpunkten und Verbindungsmitteln alter Holzkonstruktionen, In: SFB 315, Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke, Universität Karlsruhe, Jahrbuch 1988, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1989
- [25] Kraft, S.: Statisch-konstruktive Untersuchungen gezimmerter Dachtragwerke in Pirna, In: SFB 315, Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke, Universität Karlsruhe, Jahrbuch 1995, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1997
- [26] Blass, H.-J.; Falk, V.C.; Görlacher, R.: Statische Modellierung hölzerner Dachtragssysteme am Beispiel des Dachwerks der katholischen Kirche in Kirchdorf/Brigachtal, In: SFB 315, Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke, Universität Karlsruhe, Jahrbuch 1995, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1997
- [27] Gerold, U.: Pirna, Niedere Burgstrasse 3, Zur Tragkonstruktion des Dachwerks, In: SFB 315, Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke, Universität Karlsruhe, Jahrbuch 1993, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 1996
- [28] Hauer, M.; Seim, W.; Wenzel, F.: Wirklichkeitsnahe Simulation des Tragverhaltens alter Dachstühle, In: SFB 315, Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke, Universität Karlsruhe, Jahrbuch 1993, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 1996

- [29] Görlacher, R.: Zum Tragfähigkeitsnachweis bei alten Holzkonstruktionen, In: Holzbauwerke nach EC 5, Infodienst Holz, Step 3, Fachverlag Holz, Düsseldorf 1995
- [30] Bonamini, G.: Instandsetzung von Holzkonstruktionen - Bauzustandsanalyse, In: Holzbauwerke nach EC 5, Infodienst Holz, Step 2, Fachverlag Holz, Düsseldorf 1995
- [31] Uzielli, G.L.: Instandsetzung von Holzkonstruktionen - Reparatur und Verstärkung, In: Holzbauwerke nach EC 5, Infodienst Holz, Step 3, Fachverlag Holz, Düsseldorf 1995
- [32] Ehlbeck, J.; Hättich, R.: Über die Erforschung des Trag- und Verformungsverhaltens von Knotenpunkten und Verbindungsmitteln alter Holzkonstruktionen, In: SFB 315, Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke, Universität Karlsruhe, Jahrbuch 1986, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 1987
- [33] Rug, W.; Seemann, A.: Festigkeit von Altholz, In: bauen mit holz (1989) H 10, S. 696–699
- [34] Görlacher, R.; Kromer, M.; Ehlbeck, J.: Dachtragwerk der Klosterkirche in Kirchem /Ris, In: bauen mit holz (1995) H. 3 S. 209–213
- [35] Ehlbeck, J.; Görlacher, R.: Zur Problematik bei der Beurteilung von altem Konstruktionsvollholz, Holzbau-Statik- Aktuell, Ausgabe Juli 1992/2, Arge Holz, Düsseldorf
- [36] Görlacher, R.; Kromer, M.: Tragfähigkeit von Versatzanschlüssen in historischen Holzkonstruktionen. Holzbau- Statik- Aktuell, Ausgabe Juli 1992/2, Arge Holz Düsseldorf
- [37] Görlacher, R.; Hättich, R.: Die Bohrwiderstandsmessung, Holzbau-Statik-Aktuell, Ausgabe Juli 1992/2, Arge Holz, Düsseldorf
- [38] Görlacher, R.: Bestimmung des Elastizitätsmoduls, Holzbau-Statik-Aktuell, Ausgabe Juli 1992/2, Arge Holz, Düsseldorf
- [39] Meisel, U.: Holzbauelemente instand setzen, Landesinstitut für Bauwesen und angewandte Bauschadensforschung 3.3. – 1990, Aachen
- [40] Kessel, M.: Festigkeitsuntersuchungen von Eichenbalken, bauen mit holz (1990) S. 246–250
- [41] Böttcher, D.: Erhaltung und Umbau historischer Tragwerke, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 2000
- [42] Rug, W.; Becker, K.; Lißner, K.: Erhaltung und Sanierung von Holzkonstruktionen in historischen Wohnbauten in den neuen Bundesländern, In: Tagungsband der 3-Länder-Holzbautagung. Garmisch-Partenkirchen. 1993. S. 167–182
- [43] Kothe, E.: Moderne zerstörungssarme Prüfmethode zur Beurteilung verbauten Holzes, in: Internationale Holzbautagung, Teil 1, Bauforschung Baupraxis Heft 204, Berlin 1987
- [44] Ehlbeck, J.; Kromer, M.: Zimmermannsmäßige Holzverbindungen, In: Holzbauwerke nach EC 5, Infodienst Holz, Step 1, Fachverlag Holz, Düsseldorf 1995
- [45] Blaß, H.-J.; Ernst, M.; Werner, H.: Verbindungen mit Holzstiften, In: bauen mit holz (1999) H 10, S. 45–52
- [46] Görlacher, R.: Ein neues Messverfahren zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls von Holz, Holz als Roh- und Werkstoff (1984), S. 219–222
- [47] Erler, K.; Rug, W.: Zur Richtlinie „Bauzustandsanalyse, Instandsetzung und Rekonstruktion von Holzkonstruktionen“ In: Bauplanung Bautechnik (1986) H. 11, S. 522–523
- [48] Bargmann, H.: Historische Bautabellen, Werner Verlag, Düsseldorf 1983
- [49] Rug, W.: Rekonstruktion alter Holzkonstruktionen; In: Bauinformation Wissenschaft und Technik, Berlin, 29(1986)1, S. 3-6
- [50] Rug, W.; Erler, K.: Probleme der Rekonstruktion alter Holzkonstruktionen; In: Bauforschung-Baupraxis, Heft 204, S. 58–63, Berlin 1986; In: Bauzeitung, Berlin, 40(1986)12, S. 535 – 537
- [51] Erler, K.; Rug, W.: Erläuterungen zur Richtlinie „Bauzustandsanalyse, Instandsetzung und Rekonstruktion von Holzkonstruktionen“; In: Bauforschung- Baupraxis, Heft 204, S. 64–66, Berlin 1986
- [52] Rug, W.; Seemann, A.: Ermittlung von Festigkeitswerten an alten Holzkonstruktionen; In: Holztechnologie, Leipzig, 30(1989)2, S. 69–73
- [53] Rug, W.; Krüger, K.: Erhaltung alter Holztragwerke; In: bauen mit holz, Karlsruhe, 91(1989)9, S. 610-616
- [54] Rug, W., Seemann, A.: Strength of old Timber; In: Building Research and Information, 19(1991)1, S. 31/37
- [55] Rug, W.; Seemann, A.; Instandsetzung und Erhaltung von Holzkonstruktionen; In: Modernisierungsmarkt Berlin/Brandenburg (1991) 2, S. 8 – 10
- [56] Rug, W.; Seemann, A.; Analysis of the Structural State of Repair, Preservation and Repair of Historic Timber Loadbearing Structures, In: International Timber Engineering Conference London 1991
- [57] Rug, W.; Seemann, A.: Bauwerkserhaltung und Instandsetzung historischer Holztragwerke; In: 1. Internationaler Kongress zur Bauwerkserhaltung 1992 anlässlich der Bautech Berlin
- [58] Peil, U.: Lebensdauererlängerung von Bauwerken mit Hilfe von Bauwerksüberwachung, In: Bautechnik (2003) H. 9, S. 614-630
- [59] Rug, W.; Held, H.: Die Bohrwiderstandsuntersuchung; Teil 1: In: Bauzeitung 49(1995)4, S. 50–52 und Teil 2: in: Bauzeitung 49(1995)5, S. 58–59
- [60] Held, H.; Winter, K.: Bohren, Proben und Impulse – Moderne Methoden zur Bestimmung der Holzfestigkeit; In: Bausanierung 9/95

- [61] Winter, K.; Held, H.: In-situ-Prüfverfahren für verbautes Holz; In: Bauzeitung 50(1996)11, S. 48–51
- [62] Rug, W.: Instandsetzung des Holztragwerks einer historischen Glashütte; In: Bautechnik 75(1998)8, S. 559–565
- [63] Rug, W.: Instandsetzung von historischen Holzkonstruktionen – Grundprinzipien, Methoden, bauaufsichtliche Anforderungen; in: 14. Hildesheimer Informationstag, Holzbau – Sanierung von Holzkonstruktionen im Bestand am 20.02.2002, Tagungsband
- [64] Lißner, K.; Rug, W.: Auswirkungen der neuen DIN 1052 auf die Denkmalpflege; in: Fachtagung Denkmalpflege und Bauwerkserhaltung, BDZ und Verband der Restauratoren im Zimmererhandwerk, In: Fachtagung 2./3. April 2004 (Tagungsmaterial)
- [65] Ehlbeck, J.; Hättich, R.: Tragfähigkeit und Verformungsverhalten von ein- und zweischneitig beanspruchten Holznägeln, In: SFB 315, Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke, Universität Karlsruhe, Jahrbuch 1989, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1989
- [66] Deppe, H.J.; Rühl, H.: Zur Beurteilung alter Bauhölzer, In: Holz als Roh und Werkstoff (1993) S. 379-383
- [67] Ohne Autor: Möglichkeiten und Grenzen der Holzsortierung mit Ultraschall, In: Bautechnik (1993) H. 11, S. 700-701
- [68] Tichelmann, K.; Grimminger, U.: Zerstörungsfreie Ermittlung der mechanischen Eigenschaften von Konstruktionsholz durch Ultraschall- Laufzeitmessung, In: Bautechnik (1993) H. 4, S. 218-224
- [69] Schöne, W.: Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung von Brettschichtholz, In: Bautechnik (1993) H. 4, S. 192-200
- [70] Ehlbeck, J.; Görlacher, R.: Bohrwiderstandsmessungen an eingebautem Konstruktionsholz, In: SFB 315, Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke, Universität Karlsruhe, Jahrbuch 1989, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1989
- [71] Binding, G.: Die Datierung von Konstruktionen mittelalterlicher Kirchendachwerke in Deutschland, In: SFB 315, Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke, Universität Karlsruhe, Jahrbuch 1990, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1991
- [72] Steck, G.; Görlacher, R.: Methoden der zerstörungsfreien und zerstörungsarmen Prüfung von Bauholz - eine Literaturlauswertung, In: SFB 315, Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke, Universität Karlsruhe, Jahrbuch 1986, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1986
- [73] Görlacher, R.: Non- Destructive Testing of Wood: Measuring Drilling Resistance, In: 1991 International Timber Engineering Conference, Proceedings
- [74] Görlacher, R.; Kromer, M.: Die Untersuchung der Holzkonstruktion über der Kirche im Schloss Schwerin, In: SFB 315, Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke, Universität Karlsruhe, Jahrbuch 1991, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1991
- [75] Kothe E.: Anwendung moderner Diagnoseverfahren als Grundlage der Projektierung bei der Rekonstruktion von Holztragwerken, In: Wiss. Zeitschrift der TU Dresden (1987) H. 5, S. 181-184
- [76] Görlacher, R.; Kromer, M.: Ermittlung von Spannungen in einem Bauteil, In: bauen mit holz (1992) H. 11, S. 912-918
- [77] Kempe, K.: Nässeschäden vermeiden, In: Bautechnik (1998) H. 8, S. 566-574
- [78] Erler K.: Korrosion von Vollholz und Brettschichtholz, In: Bautechnik (1998) H. 8, S. 530-538
- [79] Kothe E.: Auswirkung von Holzschäden durch Pilze und Insekten auf die Standsicherheit von Holzbauwerken - eine Bestandsaufnahme, In: Bautechnik (1998) H. 8, S. 552-558
- [80] Rug, W.; Seemann, A.: Festigkeit von Altholz, In: Holztechnologie (1988), H. 4, S. 186-190
- [81] Medianpour, M.; Rücker, W.; Rohrmann, R.: Zur Tragfähigkeitsbewertung bestehender Bauwerke, In: Stahlbau (2004) H. 4, S. 236-241
- [82] Hasenstab, A.; Krause, M.: Hohlstellenortung in Holzbalken mit dem Ultraschallverfahren, In: DGZfP-Jahrestagung 2002, Tagungsmaterial
- [83] Görlacher, R.: Zerstörungsfreie Prüfung von Holz: ein in-situ-Verfahren zur Bestimmung der Rohdichte, In: Holz als Roh- und Werkstoff (1987) S. 273-278
- [84] Rinn, F.: Gucken, Klopfen, Bohren - zerstörungsfreie Bohrwiderstandsmessung als Teil der ingenieurtechnischen Untersuchung, In: Bausubstanz (1993) H. 5, S. 49-52
- [85] Kessel, M. H.: Festigkeitsuntersuchungen von Eichenbalken, In: bauen mit holz (1990) S. 174-180
- [86] Görlacher, R.; Hättich, R.; Kromer, M.; Ehlbeck, J.: Tragfähigkeit und Verformungsverhalten von zugbeanspruchten Blattverbindungen in historischen Holzkonstruktionen, In: SFB 315, Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke, Universität Karlsruhe, Jahrbuch 1990, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1990
- [87] Kessel, M. H., Augustin, R.: Untersuchung der Tragfähigkeit von Holzverbindungen mit Holznägeln, In: bauen mit holz (1994) H. 6, S. 484-487
- [88] Kessel, M. H.: Untersuchungen über das Tragverhalten von Verbindungen mit Eichenholznägeln, In: bauen mit holz (1990) H. 4, S. 246-250
- [89] Heimeshoff, B.; Schelling, W.; Reyer, E.: Zimmermannsmäßige Holzverbindungen, EGH Bericht München 1988

- [90] Hoffmann, F.: Statik von Fachwerkbauten, In: Deutsche Bauzeitung (1980) H.3, S. 413-416
- [91] Reyer, E.; Schmidt, M.: Zum Tragverhalten zimmermannsmäßiger Holzverbindungen, In: bauen mit holz (1989) H. 7, S. 493-499
- [92] Heimeshoff, B.; Köhler, N.: Untersuchung über das Tragverhalten von zimmermannsmäßigen Verbindungen, Forschungsbericht T2189, IRB Verlag Stuttgart 1989
- [93] Benninghoven, H.: Trägerrostberechnung als Beitrag zur Fachwerkhauostatik, In: bauen mit holz (1985) H. 12, S. 842-846
- [94] Glos, P.: Festigkeit von Fichten-Bauholz mit Insekten- und Pilzbefall, In: Holz als Roh- Und Werkstoff (1989) H. 8, S. 329-335
- [95] Erler, K.: Korrosion von Vollholz und Brettschichtholz, In: Bautechnik (1989) H. 8, s. 530- 538
- [96] Schwar, A.: Mazeration als Erscheinungsform chemischer Korrosion an verbaute Holz, Auslösende Faktoren, Mechanismen, In: Bautechnik (2000) H. 7, S. 478- 483
- [97] Schwar, A.: Schadhafte Dachstuhlholzer infolge Fehlanwendung von Holz- und Flammschutzmitteln - Auswirkungen auf die Bauteilsicherheit, In: 18. Holzbauseminar 2004 in Cottbus, Tagungsmaterial, [www.holzbau-statik.de](http://www.holzbau-statik.de)
- [98] (1990): Ausbau von Dachräumen zu Wohnzwecken. Bekanntmachung der Senatsverwaltung für Bau- und Wohnungswesen vom 02.12.1990 im Amtsblatt Berlin, 40. Jahrgang, Nr. 59 vom 16.11.1990
- [99] Scheer, J.; Pasternak, H.; Hofmeister, M.: Durchbiegungsbeschränkungen in Normen- ein kritischer Vergleich, In: Festschrift Joachim Lindner IRB- Verlag, Stuttgart 1998
- [100] Glos, P.; Schulz, H.: Qualität und Festigkeit von Bauschnittholz aus Waldschadensgebieten, In: Holz als Roh- und Werkstoff (1986) H. 8, S. 293-302
- [101] Kessel, M. H.; Sandoz, J. L.: Zur Effizienz der Festigkeitssortierung von Fichtenkantholz, In: Holz als Roh- und Werkstoff (1989) S. 279-284
- [102] Erler, K.: Chemische Korrosion von Holz und Holzverbindungen, Forschungsbericht T2916, IRB- Verlag Stuttgart 2000
- [103] Lißner, K.; Felkel, A.; Hemmer, K.; Radowicz, B.; Rug, W.; Steinmetz, D.: Holzbau DIN 1052 Praxis-Handbuch, Beuth- Verlag, Berlin, WEKA- Verlag Augsburg, Berlin/Augsburg 2004
- [104] WTA: Merkblatt E-8-8-00/D: Fachwerkinstandsetzung nach WTA VIII: Tragverhalten von Fachwerkgebäuden, WTA, Zürich 2000
- [105] Rug, W.: 100 Jahre Holzbau und Holzbauforschung, In: Bund Deutscher Zimmermeister: 100 Jahre Bund Deutscher Zimmermeister Bruder Verlag, Karlsruhe 2003
- [106] Blaß, H.J. ; Falk, V.; Görlacher, R.: Statische Modellierung der Nachgiebigkeit historischer Holzverbindungen, In: SFB 315, Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke, Universität Karlsruhe, Jahrbuch 1996, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1999
- [107] Frey, A.: Ermittlung der Werkstoffkenngrößen alter Stähle an kleinen Proben, In: SFB 315, Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke, Universität Karlsruhe, Jahrbuch 1996, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1999
- [108] Görlacher, R.; Kromer, M.; Ehlbeck, J.: Behutsame Instandsetzung und Verstärkungsmaßnahmen von historischen Holzkonstruktionen, In: SFB 315, Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke, Universität Karlsruhe, Jahrbuch 1994, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1996
- [109] Käßlein, R.; Frey-Wilgosch, A.: Historische Eisen- und Stahlkonstruktionen, Untersuchen, Berechnen, Instandsetzen, In: Sonderforschungsbereich 315, Universität Karlsruhe 2001
- [110] Wittmann, K.; Baehre, R.: Historische Eisenkonstruktionen, In: SFB 315, Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke, Universität Karlsruhe, Jahrbuch 1991, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1993
- [111] Baehre, Ö.; Mang, F.: Erfahrungen mit alten Stahlkonstruktionen, In: Stahlbau (1998) H. 1, S. 46-60
- [112] Glos, P.; Gamm, A.: Untersuchung zur Festigkeit von Fichten-Bauholz nach Schädlingsbefall infolge Waldschäden, Forschungsbericht Institut für Holzforschung, TU München 1987
- [113] Becker, K.; Tichelmann, C.: Ablaufschema für Sanierungsbauten - erarbeitet vom AA13 „Erhaltung alter Bausubstanz“ der DGfH München 1997
- [114] Stoy, W.: Der Holzbau, Berlin 1950
- [115] Nier, J.: Experimentelle Festigkeitsuntersuchungen an alten Bauhölzern und daraus abgeleitete Erkenntnisse zur Tragfähigkeitsbeurteilung, Dissertation, Technische Hochschule Leipzig, 1994
- [116] Blaß, H.-J.; Ehlbeck, J.; Kreuzinger, H.; Steck, G.: Erläuterungen zur DIN 1052, Herausgeber, Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V. München, Verlag: DGfH Innovations- und Service GmbH in Kooperation mit dem Bruderverlag Karlsruhe

## 9. Anlagen

Anhang A1: Auswertung der Literatur zum Stand der Entwicklung auf dem Gebiet der Nachweisführung zur Stand- und Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit von Holzkonstruktionen im Altbau

Teilgebiet		Autor	Jahr	Literaturquellen	Inhalt	Bemerkungen	
Bauzustandsuntersuchungen/ -bewertungen an historischen Holzkonstruktionen		Mönck/Erler	2004	[3]	■		
		Lißner/Rug	2000	[1]	■		
		Görlacher	1999	[10]	■		
		Erler	1997	[23]	■		
		Bonamini	1995	[30]	●		
		Rug/Seemann	1991	[56]	●		
		Rug/Krüger	1989	[53]	●		
Allgemein		Winter/Held	1996	[61]	●		
		Kothe	1987	[43][75]	●		
		Steck/Görlacher	1986	[72]	●	Bestandsaufnahme	
Ermittlung von Baustoffkennwerten	Art	Verfahren					
	zerstörungsfrei	Ultraschall/Schallausbreitung	Kothe	1987	[75]	●	
			Görlacher	1984+ 1992	[46][38]	■	
			DGFH/UA4.2	1993	[67]	●	Ultraschall ist zur Sortierung bauaufsichtlich nicht zugel.
			Hasenstab/Krause	2002	[82]	●	Hohlstellenortung in Altholzbalken
	Pilodyn	Görlacher	1999	[10]	●		
		Görlacher	1987	[83]	■		
	zerstörungsarm	Bohrkernverfahren	Rug/ Seemann	1989	[33]	■	
			Rug/ Seemann	1988	[80]	■	
		Bohrwiderstandsmessung	Görlacher/ Hättich	1992	[37]	■	
			Rug/Held	1995	[59]	■	
			Rinn	1993	[84]	●	
			Görlacher/Hättich	1992	[37]	■	
Untersuchungen zur Altholzfestigkeit/-Tragfähigkeit	ungeschädigtes Altholz	Ehlbeck/Görlacher	1987	[21]	●	Konzeptionelle Überlegungen zur Prüfung	
		Ehlbeck/Görlacher	1990+ 1992	[22] [35]	■ ■		
		Rug/Seemann	1988	[80]	●		
		Rug/Seemann	1989	[52]	■		
		Tichelmann/Grimminger	1993	[68]	■		
		Nier	1994	[115]	■	Untersuchung an Bauholz und fehlerfreien Proben	
		geschädigtes Altholz	Kothe	1998	[79]	●	
	Ehlbeck/Görlacher		1992	[35]	●		

Festigkeitssortierung des verbauten Holzes		Rug/Seemann	1989	[52]	●	
		Tichelmann/Grimminger	1993	[68]	■	
		Ehlbeck/Görlacher	1992	[35]	●	
Untersuchung zum Tragverhalten von Konstruktionen/wirklichkeitsnahe Modellbildung bei statischen Berechnungen	Dachkonstruktionen	Blaß/Falk/Görlacher	1997	[26]	■	
		Kraft	1995	[25]	■	
		Hauer/Scim/Wenzel	1996	[28]	■	
		Görlacher/Kromer/Ehlbeck	1995	[34]	■	
		Gerold	1996	[27]	■	
		Görlacher/Kromer	1991	[74]	●	
	Deckenkonstruktionen	Görlacher/Kromer	1992	[76]	●	
		Benninghoven	1985	[93]	●	Realistisches stat. Modell bei Decken mit Unterzügen
		Hoffmann	1980	[90]	●	Realistisches stat. Modell bei Decken mit Unterzügen
		Ehlbeck/Kromer	1995	[44]	■	
Allgemein	Ehlbeck/Hättich	1986	[32]	●		
	Borrmann	1988	[24]	●	Baugeschichtliche Anmerkungen	
	Heimeshoff/Köhler	1989	[92]	■		
	Görlacher/Kromer	1992	[36]	■		
Untersuchungen zum Tragverhalten von Zimmermannsmäßigen Verbindungen	Versatz	Heimeshoff/Schelling/Reyer	1988	[89]	■	
		Heimeshoff/Schelling/Reyer	1988	[89]	■	
	Zapfen	Heimeshoff/Schelling/Reyer	1988	[89]	■	
		Blaß/Ernst/Werner	1999	[45]	■	
		Kessel/Augustin	1994	[87]	■	Neue Verbindungen bis 40mm Holznagel-Durchmesser
	Holznägel	Ehlbeck/Hättich	1986	[32]	●	
		Heimeshoff/Schelling/Reyer	1988	[89]	■	
		Reyer	1989	[91]	■	
		Görlacher/Hättich/Kromer/Ehlbeck	1990	[86]	■	
		Görlacher	1995	[29]	■	
Nachweise Bauteile im Altbau	GZ Tragfähigkeit	Görlacher	1995	[29]	■	
	GZ Gebrauchstauglichkeit	Görlacher	1995	[29]	■	
Nachweise Verbindungen im Altbau	GZ Tragfähigkeit	Görlacher	1995	[29]	■	
		Blaß/Falk/Görlacher	1999	[29]	■	Annahmen für Nachgiebigkeiten
	GZ Gebrauchstauglichkeit	Görlacher	1995	[29]	■	
Instandsetzung und Verstärkung von Bauteilen		Mönck/Erler	2004	[3]	●	
		Lißner/Rug	2000	[1]	●	
		Görlacher	1999	[10]	●	
		Erler	1997	[23]	●	
		Görlacher/Kromer/Ehlbeck	1996	[108]	●	
		Uzielli	1995	[31]	●	

■ umfangreiche Informationen

● wesentliche Informationen

Anhang A2: Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Nadelholz der Festigkeitsklassen C 14 bis C 50 nach DIN 1052, Anhang F.5:2004

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Festigkeitsklasse	C 14	C 16	C 18	C 20	C 22	C 24	C 27	C 30	C 35	C 40	C 45	C 50
2	Zuordnung der Sortierklassen nach DIN 4075-1 und DIN 4075-2 gemäß Tabelle F.6 in DIN 1052 (gilt für trocken sortiertes Holz)		S7/ C16 M				S10/ C24 M		S13/ C30 M	C35 M	C40 M		
Festigkeitskennwerte in N/ mm <sup>2</sup>													
3	Biegung $f_{m,k}^a$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
4	Zug parallel $f_{t,0,k}^a$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30
5	Zug rechtwinklig $f_{t,90,k}$	0,4											
6	Druck parallel $f_{c,0,k}^a$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29
7	Druck rechtwinklig $f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2
8	Schub und Torsion $f_{v,k}^c$	2,7											
Steifigkeitskennwerte in N/ mm <sup>2</sup>													
9	Elastizitätsmodul parallel $E_{0,mean}^{a,b}$	7 000	8 000	9 000	9 500	10 000	11 000	11 500	12 000	13 000	14 000	15 000	16 000
10	rechtwinklig $E_{90,mean}^b$	230	270	300	320	330	370	380	400	430	470	500	530
11	Schubmodul $G_{mean}^{b,c}$	440	500	560	590	630	690	720	750	810	880	940	1 000
Rohdichtekennwerte in kg/ m <sup>3</sup>													
12	Rohdichte $\rho_k$	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460

a Bei nur von Rinde und Bast befreitem Nadelrundholz dürfen in den Bereichen ohne Schwächung der Randzone um 20 % erhöhte Werte in Rechnung gestellt werden.

b Für die charakteristischen Steifigkeitskennwerte  $E_{0,05}$ ,  $E_{90,05}$  und  $G_{05}$  gelten die Rechenwerte:

$$E_{0,05} = 2/3 \cdot E_{0,mean} \quad E_{90,05} = 2/3 \cdot E_{90,mean} \quad G_{05} = 2/3 \cdot G_{mean}$$

c Die charakteristische Rollschubfestigkeit  $f_{R,k}$  darf für alle Festigkeitsklassen zu 1,0 N/ mm<sup>2</sup> in Rechnung gestellt werden.

Der zur Rollschubbeanspruchung gehörende Schubmodul darf mit  $G_{R,mean} = 0,10 \cdot G_{mean}$  angenommen werden.

**ANMERKUNGEN:** Die Rechenwerte für die charakteristische Zugfestigkeit rechtwinklig zur Faserrichtung  $f_{t,90,k}$  weichen von den Rechenwerten nach DIN EN 338:2003-09 ab und dürfen nur mit den hier angegebenen Werten in Rechnung gestellt werden. Grundsätzlich kann Nadelholz maschinell in jede gewünschte Festigkeitsklasse sortiert werden.

Anhang A3: Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Laubholz der Festigkeitsklassen D 30 bis D 70 nach DIN 1052, Anhang F.7:2004

	1	2	3	4	5	6	7
1	Festigkeitsklasse	D 30	D 35	D 40	D 50	D 60	D 70
2	Zuordnung der Sortierklassen nach DIN 4075-5 Gemäß Tabelle F.8 der DIN 1052 (gilt für trockensortiertes Holz)						
	Eiche	<b>LS10</b>					
	Buche		<b>LS10</b>	<b>LS13</b>			
Festigkeitskennwerte in N/ mm <sup>2</sup>							
3	Biegung $f_{m,k}$	30	35	40	50	60	70
4	Zug parallel $f_{t,0,k}$	18	21	24	30	36	42
5	Zug rechtwinklig $f_{t,90,k}$	0,5					
6	Druck parallel $f_{c,0,k}$	23	25	26	29	32	34
7	Druck rechtwinklig $f_{c,90,k}$	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
8	Schub und Torsion $f_{v,k}$	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
Steifigkeitskennwerte in N/ mm <sup>2</sup>							
9	Elastizitätsmodul parallel $E_{0,mean}^a$	10 000	10 000	11 000	14 000	17 000	20 000
	10	rechtwinklig $E_{90,mean}^a$	640	690	750	930	1130
11	Schubmodul $G_{mean}^a$	600	650	700	880	1060	1250
Rohdichtekennwerte in kg/ m <sup>3</sup>							
12	Rohdichte $\rho_k$	530	560	590	650	700	900
a	Für die charakteristischen Steifigkeitskennwerte $E_{0,05}$ , $E_{90,05}$ und $G_{05}$ gelten die Rechenwerte:						
	$E_{0,05} = 5/6 \cdot E_{0,mean}$ $E_{90,05} = 5/6 \cdot E_{90,mean}$ $G_{05} = 5/6 \cdot G_{mean}$						
	ANMERKUNGEN: Die Rechenwerte für die charakteristische Zugfestigkeit rechtwinklig zur Faserrichtung $f_{t,90,k}$ weichen von den Rechenwerten nach DIN EN 338:2003-09 ab und dürfen nur mit den hier angegebenen Werten in Rechnung gestellt werden.						



Anhang A4: Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Brettschichtholz der Festigkeitsklassen GL24 bis GL36 nach DIN 1052, Anhang F.9:2004

Bezeichnung nach DIN 1052:2004	GL 24		GL 28		GL 32		GL 36	
	c <sup>2)</sup>	h <sup>3)</sup>	c <sup>2)</sup>	h <sup>3)</sup>	c <sup>2)</sup>	h <sup>3)</sup>	c <sup>2)</sup>	h <sup>3)</sup>
Festigkeitsklasse der Lamellen nach DIN 4074								
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 30	C 35	C 35	C 40
Lamellen im Querschnittskern <sup>1)</sup>	-	C 16	C 16	C 24	C 16	C 30	C 24	C 35
Querschnittsaufbau								
2) Kombiniertes Brettschichtholz unter Verwendung von Brettlagen aus unterschiedlichen Festigkeitsklassen, äußere Lagen jeweils 1/6 der Trägerhöhe auf beiden Seiten, mindestens jedoch zwei Lamellen								
3) Homogenes Brettschichtholz unter Verwendung von Lamellen einer Festigkeitsklasse								
1 Festigkeitsklasse <sup>a</sup>	GL 24 h	GL 24 c	GL 28 h	GL 28 c	GL 32 h	GL 32 c	GL 36 h	GL 36 c
Festigkeitskennwerte in N/mm <sup>2</sup>								
2 Biegung $f_{m,k}^{b,c}$	24	24	28	28	32	32	36	36
3 Zug parallel $f_{t,0,k}$	16,5	14	19,5	16,5	22,5	19,5	26	22,5
4 Zug rechtwinklig $f_{t,90,k}$	0,5							
5 Druck parallel $f_{c,0,k}$	24	21	26,5	24	29	26,5	31	29
6 Druck rechtwinklig $f_{c,90,k}$	2,7	2,4	3,0	2,7	3,3	3,0	3,6	3,3
7 Schub und Torsion $f_{v,k}^d$	3,5							
Steifigkeitskennwerte in N/mm <sup>2</sup>								
8 Elastizitätsmodul parallel $E_{0,mean}^e$	11 600	11 600	12 600	12 600	13 700	13 700	14 700	14 700
9 rechtwinklig $E_{90,mean}^e$	390	320	420	390	460	420	490	460
10 Schubmodul $G_{mean}^{d,e}$	720	590	780	720	850	780	910	850
Rohdichtekennwerte in kg/m <sup>3</sup>								
11 Rohdichte $\rho_k$	380	350	410	380	430	410	450	430
<p><sup>1)</sup> Bei überwiegend Flachkant - Biegebeanspruchung der Lamellen die für die inneren Lamellen innerhalb eines Bereiches von 10 % der Querschnittshöhe an die Querschnittsachse einer niedrigen Festigkeitsklasse angehören.</p> <p><sup>a</sup> Frühere Bezeichnungen: GL 24 = BS 11; GL 28 = BS 14; GL 32 = BS 16; GL 36 = BS 18; homogenes Brettschichtholz erhält die Zusatzkennzeichnung „h“, kombiniertes Brettschichtholz erhält die Zusatzkennzeichnung „c“.</p> <p><sup>b</sup> Bei Flachkant - Biegebeanspruchung der Lamellen von Brettschichtholzträgern mit <math>h = 600</math> mm darf der charakteristische Festigkeitswert mit dem Beiwert <math>k_h = \left\{ \left( \frac{600}{h} \right)^{0,14}; 1,1 \right\}</math> multipliziert werden.</p> <p><sup>c</sup> Bei Hochkant - Biegebeanspruchung der Lamellen von homogenem Brettschichtholz aus mindestens vier nebeneinander liegenden Lamellen darf der charakteristische Festigkeitswert mit dem Systembeiwert <math>k_f = 1,2</math> multipliziert werden.</p> <p><sup>d</sup> Die charakteristische Rollschubfestigkeit <math>f_{R,k}</math> darf für alle Festigkeitsklassen zu 1,0 N/mm<sup>2</sup> in Rechnung gestellt werden. Der zur Rollschubbeanspruchung gehörende Schubmodul darf mit <math>G_{R,mean} = 0,10 \cdot G_{mean}</math> angenommen werden.</p> <p><sup>e</sup> Für die charakteristischen Steifigkeitskennwerte <math>E_{0,05}</math>, <math>E_{90,05}</math> und <math>G_{05}</math> gelten die Rechenwerte:</p> <p><math>E_{0,05} = 5/6 \cdot E_{0,mean}</math>      <math>E_{90,05} = 5/6 \cdot E_{90,mean}</math>      <math>G_{05} = 5/6 \cdot G_{mean}</math></p> <p>ANMERKUNG: Die Rechenwerte für die charakteristische Zugfestigkeit rechtwinklig zur Faserrichtung <math>f_{t,90,k}</math> und für die charakteristische Schub- und Torsionsfestigkeit <math>f_{v,k}</math> weichen von den Rechenwerten nach DIN EN 1194:1999-05 ab und dürfen nur mit den hier angegebenen Werten in Rechnung gestellt werden.</p>								

Anhang A5: Kriterien zur visuellen und maschinellen Sortierung für Kanthölzer aus Nadelstamm- und Laubstammholz nach DIN 4074-1 und DIN 4074-5

Bauholz		Kantholz											
Holzart		Nadelholz in Abhängigkeit von den Sortierklassen nach DIN 4074-1:2003					Laubstammholz in Abhängigkeit von den Sortierklassen nach DIN 4074-5:2003						
Sortierverfahren		visuell			maschinell			visuell			maschinell		
Sortier- /Festigkeitsklasse		S 7/ S 7 K	S 10/ S 10 K	S 13/ S 13 K	unter C 24	C 24 bis C 35	über C 35	LS 7, LS7 K	LS 10, LS 10 K	LS 13, LS 13 K	bis D 30	D 35 bis D 40	über D 40
1.	Äste:												
	- im Allgemeinen A	bis 3/5	bis 2/5	bis 1/5	bis 1/2	bis 2/5	bis 1/5	bis 3/5	bis 2/5	bis 1/5	bis 1/2	bis 2/5	bis 1/5
	- bei Eiche	-	-	-	-	-	-	bis 3/5	bis 2/5	bis 1/6	-	-	-
	- Einzellast	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.	Faserneigung F bis: (%)	bis 16	bis 12	bis 7	-	-	-	bis 16 <sup>3)</sup>	bis 12 <sup>3)</sup>	bis 7 <sup>3)</sup>			
3.	Markröhre:	zulässig		nicht zulässig <sup>1)</sup>	-	-	-	nicht zulässig <sup>4)</sup>	nicht zuläs- sig <sup>4)</sup>	nicht zulässig <sup>4)</sup>			
4.	Jahringbreite $J_{br}$ :												
	- allgemein bis: (mm)	bis 6		bis 4	--	-	-	-	-	-			
	- bei Douglasie bis: (mm)	bis 8		bis 6	-	-	-	-	-	-			
5.	Risse:												
	- Schwindrisse $R^{2)}$ :	bis 3/5	bis 1/2	bis 2/5	Bis 1/2	< 2/5	< 1/5	bis 3/5	bis 1/2	bis 2/5	< 1/2	< 2/5	< 1/5
	- Blitzrisse, Ringschäle:	nicht zulässig					nicht zulässig						
6.	Baumkante:	bis 1/3		bis 1/4	bis 1/4	bis 1/8	nicht zulässig	< 1/3		< 1/4	< 1/4	< 1/8	nicht zulässig
7.	Längskrümmung <sup>2)</sup> bis: (mm auf 2 m)	bis 12	bis 8	bis 8	bis 12	bis 8	bis 8	bis 12	bis 8	bis 8	bis 8		
	- Querkrümmung $k_Q$ :	bis 1/20	bis 1/30	bis 1/50	bis 1/20	bis 1/30	bis 1/50	-	-	-	-	-	-
	- Verdrehung bis: (mm pro 25 mm) Kantholz- breite:	bis 2	bis 1		bis 2	bis 1		bis 2	bis 1		bis 1		
8.	Verfärbung, Fäule:												
	- Bläue:	zulässig					-	-	-	zulässig			
	- braune & rote Steifen:	bis 3/5	bis 2/5	bis 1/5	bis 3/5	bis 2/5	bis 1/5	bis 3/5	bis 2/5	bis 1/5	bis 3/5	bis 2/5	bis 1/5
	- Braun-/ Weißfäule:	nicht zulässig					nicht zulässig						
9.	Druckholz:	bis 3/5	bis 2/5	bis 1/5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.	Insektenfraß / Frischholzin- sekten:	Fraßgänge bis 2 mm Durchmesser zulässig					nicht zulässig			nicht zulässig			
11.	sonstige Merkmale:	sind in Anlehnung an die übrigen Sortiermerkmale sinngemäß zu berücksichtigen					sind in Anlehnung an die übrigen Sortiermerkmale sinngemäß zu berücksichtigen						

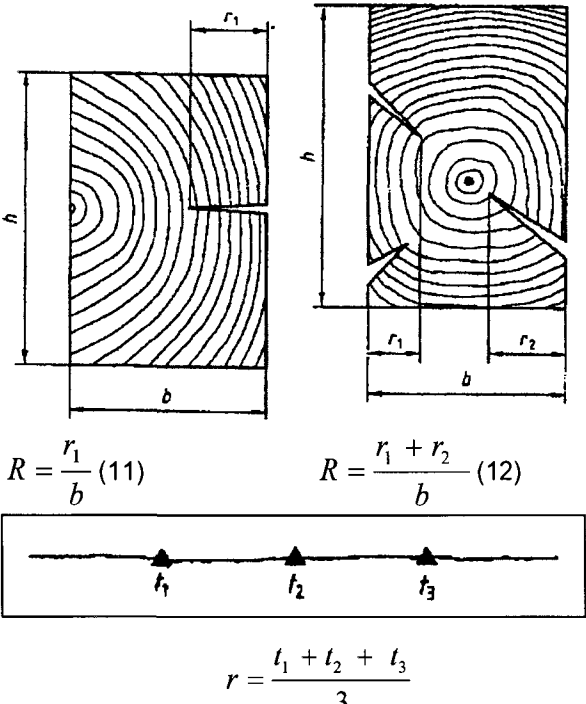
<sup>1)</sup> Bei Kantholz mit einer Breite >120 mm zulässig

<sup>2)</sup> Diese Sortiermerkmale bleiben bei nicht trockensortiertem Holz unberücksichtigt

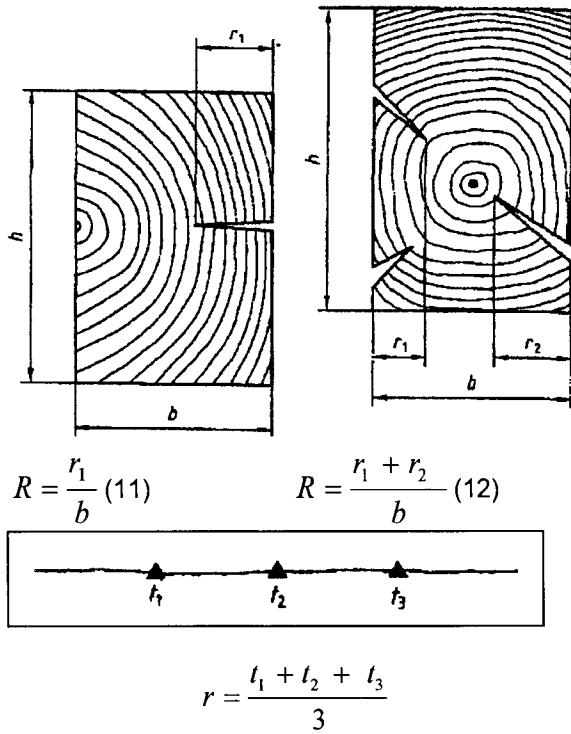
<sup>3)</sup> Dieses Sortiermerkmal bleibt bei Buche unberücksichtigt

<sup>4)</sup> Bei Eiche mit einer Breite > 100 mm zulässig

## Anhang A6: Sortiermerkmal Schwindrisse bei Nadelnschrittholz (Kantholz) in Abhängigkeit von der Sortierklasse nach DIN 4074-1:2003

Art der Sortierung	visuell			maschinell			
	S 7	S 10	S 13	unter C 24	C 24 bis C 35	über C 35	
Sortierklasse nach DIN 4074-1	C 16	C 24	C 30	C 24	C 30	C 35	C 40
Zuordnung zur Festigkeitsklasse nach DIN 1052: August 2004				C 24	C 30	C 35	C 40
charakteristische Rohdichte $\rho_k$ kg/m <sup>3</sup>	310	350	380	350	380	400	420
 <p> <math>R = \frac{r_1}{b}</math> (11)      <math>R = \frac{r_1 + r_2}{b}</math> (12) </p> <p> <math>r = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{3}</math> </p>	bis 3/5	bis 2/5	bis 1/5	bis 1/2	bis 2/5	bis 1/5	

Anhang A7: Sortiermerkmal Schwindrisse bei Laubschnittholz (Kantholz) in Abhängigkeit von der Sortierklasse nach DIN 4074-5:2003

Art der Sortierung	visuell						maschinell					
	LS 7	LS 10			LS 13		Unter D 30	D 35 bis D 40		über D 40		
Sortierungsklasse nach DIN 4074-5	keine Zuordnung	D 30	D 35		D 40		D 30	D 35	D 40	D 50	D 60	D 70
		Eiche	Buche		Buche							
charakteristische Rohdichte $\rho_k$ kg/m <sup>3</sup>		530	560		590		530	560	590	650	700	900
 <p> <math>R = \frac{r_1}{b}</math> (11)      <math>R = \frac{r_1 + r_2}{b}</math> (12)         </p> <p> <math>r = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3}</math> </p>	bis 3/5 bei Buche	bis 2/5 bei Buche			bis 1/5 bei Buche		bis 1/2	bis 2/5	bis 1/5			
	bis 3/5 bei Eiche	bis 2/5 bei Eiche			bis 1/6 bei Eiche							

## Anhang A8: Entwicklung wichtiger Holzbauvorschriften seit 1920 (nach [105])

Jahr	Allgemeiner Überblick	Neue Erkenntnisse
1920	1. Ausgabe DIN 104, Blatt 1 und 3, März 1920: „Holzbalken für Kleinhäuser“	Tafeln und Tabellen für die statische Ermittlung von Holzbalken für Kleinhäuser
1926	Vorläufige Bestimmungen für Holztragwerke der Deutschen Reichsbahn (1926 eingeführt und gültig bis 1933)	Erhöhung der zulässigen Beanspruchungen bei Zug und Druck parallel zur Faser. Verminderung bei Biegung, Neue Festlegungen zum Druck senkrecht zur Faser, Berechnung der Knickstäbe nach $\omega$ -Verfahren, Berechnung von Bolzenverbindungen, Leime müssen gegen Einfluss von Feuchte widerstandsfähig sein.
1928	DIN 1990 „Gütevorschriften für Holzhäuser“	Festlegungen zu Bauphysik, Holzschutz und Standsicherheit; Gewährleistung einer Mindestlebensdauer von 80 Jahren
1930	1. Ausgabe: DIN 1074 „Berechnungs- und Entwurfsgrundlagen für hölzerne Brücken“	Norm enthält auch allgemeine Regeln zur Berechnung von Holzkonstruktionen und -Verbindungen
1931	3. Ausgabe der vorläufigen Bestimmungen der Deutschen Reichsbahn	Berichtigter Nachdruck der zweiten Fassung
1933	1. Ausgabe der DIN 1052 „Bestimmungen für die Ausführung von Bauwerken aus Holz im Hochbau“	Nach Tafel 1 etwas höher zulässige Spannungen für Nadelholz als in der Reichsbahnvorschrift und dem Preußischen Bestimmungen § 8.4, Angabe über Nägel als Verbindungsmittel; wenn Nagelverbindungen auf Biegung beansprucht, dann Dicke der Drahtstifte zw. 1/6- 1/8 der Holz-dicke, Angabe von zulässigen Lochleibungsspannungen, Nageltragkraft unabhängig von Holzart und Winkel der Kraft
1938	2. Ausgabe der DIN 1052 „Bestimmungen für die Ausführung von Bauwerken aus Holz im Hochbau“	Vorläufig Regeln über mehrteilig Druckstäbe, zulässige Durchbiegung für Balken und Decken einheitlich $l/300$ , Tragfähigkeitstabellen für Nägel, teilweise 10 - 15% höhere Tragfähigkeiten, differenzierte Werte für die Lochleibungsspannungen bei Nägeln, exakte Festlegung von Mindestabständen, Angaben zur Berechnung, Angaben zu Bolzenverbindungen, Verklebung als Verbindungsmittel, neue Knickzahlen, neue zulässige Durchbiegungswerte
1939	1. Ausgabe der DIN 4074	Festlegung von Güteklassen für Bauholz und Kriterien für die visuelle Sortierung (nur für Kantholz)
1941	3. Ausgabe der DIN 1052 „Holzbau, Berechnung und Ausführung“	Abstufungen der zulässigen Spannungen nach Güteklassen, Erhöhung der zulässigen Spannung bei Durchlaufträgern, zulässige Durchbiegung für Pfetten und Sparren $l/200$ , Dübel müssen baupolizeilich, gemäß Verordnung von 1937, zugelassen werden, Klebeverbindungen dürfen nur von besonders zugelassenen Firmen ausgeführt werden.
1941	2. Ausgabe: DIN 1074 „Berechnungs- und Entwurfsgrundlagen für hölzerne Brücken“	Keine allgemeinen Berechnungsregeln mehr, nur noch spezielle Regeln, die in DIN 1052 nicht enthalten sind
1943	4. Ausgabe der DIN 1052 „Holzbau, Berechnung und Ausführung“	Dübel müssen gemäß Verordnung von 1937 baupolizeilich zugelassen werden (außer Rechteckdübel), Erstmals Normung von Dübeln in einem Anhang, detaillierte Angaben über Leimverbindungen

## Anhang A8: Entwicklung wichtiger Holzbauvorschriften seit 1920 nach [105] (Fortsetzung)

1947	5. Ausgabe der DIN 1052 „Holzbau, Berechnung und Ausführung“	
1958	2. Ausgabe der DIN 4074, Blatt 1 und 2	Erweiterung der Gütevorschriften auf Bretter, Bohlen und Rundholz
1960	1. Ausgabe der DIN 68140 „Keilzinkenverbindungen für tragende Bauteile“	Regelung zur konstruktiven Ausbildung
1963	Holzhausrichtlinie: „Holzhäuser in Tafelbauart, Bemessung und Ausführung“ Fassung 8.63	Ergänzung zu DIN 1052 „Holzbauwerke. Berechnung und Ausführung“, Ausgabe 1944; zulässige Spannungen f. Furnierplatten, Holzspan- und Holz-hartfaserplatten enthalten;
1963	DDR: TGL 112-0730 „Tragwerke aus Holz, Projektierung“ Ausgabe 2; 1963	Entspricht im wesentlichen DIN 1052, Ausgabe 1947
1969	6. Ausgabe der DIN 1052, Blatt 1 „Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung“, Ausgabe 10; 69	mit DIN 1052 Blatt 2, Ersatz für DIN 1052, Ausgabe 8; 1965
1984	DDR: TGL 33135/01 „Holzbau, Tragwerke. Berechnung, bauliche Durchbildung“. Ausgabe 1; 1984	Ersatz der TGL 112-0730 von 2.63; Grenzlastfälle H/ HZ werden eingeführt; erstmals zulässige Spannungen für BSH,
1986	DDR: 1. Änderung zur TGL 33135/01 bestätigt 24.6.86; verbindlich spätestens ab 1.10.87 je nach Projekt	Änderung der zulässigen Spannungen für BSH;
1988	7. Ausgabe der DIN 1052, Teil1“Holzbauwerke: Berechnung und Ausführung“, Teil 2“Holzbauwerke: Mechanische Verbindungen“, Teil3“Holzbauwerke: Holzhäuser in Tafelbauart; Berechnung und Ausführung“, Ausgabe 4.88	mit DIN 1052 Teil 2/4.88 Ersatz für Ausgabe 10,69; vollständige Überarbeitung der Norm
1988	DDR: 2. Änderung zur TGL 33135/01 bestätigt 20.6.88	Änderung der geforderten Abmessungen
1989	DDR: Vorschrift 174/89 der Staatlichen Bauaufsicht „Holzbau, Tragwerke, Berechnung nach Grenzzuständen(ab 1.1.90 verbindlich)	Als Ergänzung zur geltenden TGL33135/01, Ausgabe 1.84, entspricht in wesentlichen Teilen dem Eurocode 5
1991	3. Ausgabe der DIN 1074, „Holzbrücken“	Kein Holz mit S 7 und keine Spanplatten zulässig, Korrosionsschutz für Stahlteile, abweichende Regeln für den Kriechnachweis
1994/95	DIN 1052 A1, „Holzbauwerke, Teil 1, Berechnung und Ausführung, Änderung 1“	Entwurf der ersten Änderungen zur DIN 1052 von 1988; Anpassung an DIN 4074 Teil 1, Ausgabe 9.89; Einstufung des Holzes in Sortierklassen bei visueller und maschineller Sortierung
1995	Eurocode 5, DIN V EN V 1995 „Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken“, Teil 1-1, Allgemeine Bemessungsregeln für den Hochbau	seit Juni 1994 als „Vornorm“ vorliegend; bauaufsichtlich eingeführt mit Nationalem Anwendungsdokument
2004	DIN 1052, „Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken für den Hochbau“	In Anlehnung an Eurocode 5 vollständig überarbeitete Norm, Einführung der Berechnung nach Grenzzuständen im Holzbau

## Anlage A9: Zulässige Spannungen für Vollholz in den Berechnungsnormen seit 1926

Erscheinungs-jahr	Norm	Ab-schnitt	zul. Druckspannung $\sigma_D$ in Faserrichtung	zul. Druckspannung $\sigma_D$ senkrecht zur Faserrichtung	zul. Biegespannung $\sigma_B$ in Faserrichtung	zul. Schubspannung $\tau$ in Faserrichtung	Bemerkungen
1925	Vorläufige Vorschriften der R.B.D. Stuttgart für Holztragwerke	II Tafel 2	Kiefer und Fichte 6,0 bis 8,0 N/mm <sup>2</sup> Eiche und Buche 10,0 N/mm <sup>2</sup>	Kiefer und Fichte 1,2 bis 1,5 N/mm <sup>2</sup> Eiche und Buche 3,0 N/mm <sup>2</sup>	Kiefer und Fichte 9,0 N/mm <sup>2</sup> Eiche und Buche 10,0 N/mm <sup>2</sup>	Kiefer und Fichte 1,0 N/mm <sup>2</sup> Eiche und Buche 1,5 N/mm <sup>2</sup>	Unterscheidung in Kiefernholz, Fichtenholz, Eichenholz und Buchenholz
1926	Vorläufige Bestimmungen für Holztragwerke, Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft	III Tafel 4	Nadelholz 8,0 N/mm <sup>2</sup> Eiche und Buche 10,0 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz 1,5 N/mm <sup>2</sup> Eiche und Buche 3,5 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz 10,0 N/mm <sup>2</sup> Eiche und Buche 11,0 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz 1,2 N/mm <sup>2</sup> Eiche und Buche 2,0 N/mm <sup>2</sup>	Unterscheidung in Nadelholz, Eichenholz und Buchenholz
1933	Bestimmungen für die Ausführung von Bauwerken aus Holz im Hochbau	III Tafel 1	Nadelholz 8,0 N/mm <sup>2</sup> Eiche und Buche 10,0 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz 2,0 N/mm <sup>2</sup> Eiche und Buche 4,0 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz 10,0 N/mm <sup>2</sup> Eiche und Buche 11,0 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz 1,2 N/mm <sup>2</sup> Eiche und Buche 2,0 N/mm <sup>2</sup>	Unterscheidung in Nadelholz und Eichenholz und Buchenholz
1939	Erste Ausgabe der DIN 4074 „Bauholz Gütebedingungen“						Festlegung von Güteklassen für Bauholz und Kriterien für die visuelle Sortierung (nur für Kantholz)
1941	DIN 1052 – Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung	§6 Tafel 2	Nadelholz GK II 8,5 N/mm <sup>2</sup> Eiche u. Buche GK II 10,0 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz GK II 2,0 N/mm <sup>2</sup> Eiche u. Buche GK II 3,0 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz GK II 10,0 N/mm <sup>2</sup> Eiche u. Buche GK II 11,0 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz GK II 0,9 N/mm <sup>2</sup> Eiche u. Buche GK II 1,0 N/mm <sup>2</sup>	Einteilung der Hölzer in 3 Güteklassen
1943	DIN 1052 – Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung, Neufassung	§6 Tafel 2	Nadelholz GK II 8,5 N/mm <sup>2</sup> Eiche u. Buche GK II 10,0 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz GK II 2,0 N/mm <sup>2</sup> Eiche u. Buche GK II 3,0 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz GK II 10,0 N/mm <sup>2</sup> Eiche u. Buche GK II 11,0 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz GK II 0,9 N/mm <sup>2</sup> Eiche u. Buche GK II 1,0 N/mm <sup>2</sup>	Einteilung der Hölzer in 3 Güteklassen
1958	2. Ausgabe der DIN 4074						Erweiterung der Gütevorschriften auf Bretter, Bohlen und Rundholz
1969	DIN 1052 – Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung	9 Tab. 6	Nadelholz GK II 8,5 N/mm <sup>2</sup> Brettschichtholz GK II 8,5 N/mm <sup>2</sup> Eiche u. Buche 10,0 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz GK II 2,0 N/mm <sup>2</sup> Brettschichtholz GK II 2,0 N/mm <sup>2</sup> Eiche u. Buche 3,0 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz GK II 10,0 N/mm <sup>2</sup> Brettschichtholz GK II 11,0 N/mm <sup>2</sup> Eiche u. Buche 11,0 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz GK II 0,9 N/mm <sup>2</sup> Brettschichtholz GK II 0,9 N/mm <sup>2</sup> Eiche u. Buche 1,0 N/mm <sup>2</sup>	Erstmals auch zulässige Spannungen von Brettschichtholz geregelt. Für Eiche und Buche werden nur Werte für mittlere Güte angegeben. Einführung der Grenzlastfälle H/HZ.
1984	TGL 33135/01 – Holzbau, Berechnung, Bauliche Durchbildung	5. Tabelle 7	Nadelholz GK II 8,5 N/mm <sup>2</sup> Bauteile aus Brettschichten, geklebt nach TGL 33 136/01 11,0 N/mm <sup>2</sup> Eiche u. Buche 10,0 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz GK II 2,0 N/mm <sup>2</sup> Bauteile aus Brettschichten, geklebt nach TGL 33 136/01 2,0 N/mm <sup>2</sup> Eiche u. Buche 3,0 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz GK II 10,0 N/mm <sup>2</sup> Bauteile aus Brettschichten, geklebt nach TGL 33 136/01 10,5-19,7 N/mm <sup>2</sup> Eiche u. Buche 10,0 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz GK II 0,9 N/mm <sup>2</sup> Bauteile aus Brettschichten, geklebt nach TGL 33 136/01 0,9 N/mm <sup>2</sup> Eiche u. Buche 1,0 N/mm <sup>2</sup>	Einordnung von Bauholz (Nadelholz) in die Güteklassen I-III nach TGL 117-0767. Laubholz mindestens wie Güteklasse II. Rundholz gesund, gerade gewachsen, Drehwuchs entsprechend GK II zulässig.
1988	DIN 1052 – Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung	5 Tab. 5	Nadelholz GK II 8,5 N/mm <sup>2</sup> Brettschichtholz GK II 8,5 N/mm <sup>2</sup> Laubholz Gruppe A 10,0 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz GK II 2,0 N/mm <sup>2</sup> Brettschichtholz GK II 2,5 N/mm <sup>2</sup> Laubholz Gruppe A 3,0 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz GK II 10,0 N/mm <sup>2</sup> Brettschichtholz GK II 11,0 N/mm <sup>2</sup> Laubholz Gruppe A 11,0 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz GK II 0,9 N/mm <sup>2</sup> Brettschichtholz GK II 1,2 N/mm <sup>2</sup> Laubholz Gruppe A 1,0 N/mm <sup>2</sup>	Neben europäischen Laub- und Nadelhölzern nun auch Werte für überseeische Holzarten. Zusammenfassung der Laubhölzer in den Gruppen A, B und C.
1989	Erscheinen der DIN 4074 Teil 1 – Sortierung von Nadelholz nach der Tragfähigkeit - Nadelnschichtholz						Bisherige Güteklassen werden durch visuelle und maschinelle Sortierklassen ersetzt.
1996	DIN 1052 – Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung, 1. Änderung zur Fassung 1988	Tab. 5	Nadelholz S10/MS10 8,5 N/mm <sup>2</sup> Brettschichtholz BS11 8,5 N/mm <sup>2</sup> Laubholz Gruppe A 10,0 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz S10/MS10 2,0 N/mm <sup>2</sup> Brettschichtholz BS11 2,5 N/mm <sup>2</sup> Laubholz Gruppe A 3,0 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz S10/MS10 10,0 N/mm <sup>2</sup> Brettschichtholz BS11 11,0 N/mm <sup>2</sup> Laubholz Gruppe A 11,0 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz S10/MS10 0,9 N/mm <sup>2</sup> Brettschichtholz BS11 N/mm <sup>2</sup> Laubholz Gruppe A 3,0 N/mm <sup>2</sup>	Anpassung an die neu erschienene DIN 4074. Einführung der Sortierklassen.

## Anlage A10: Elastizitäts- und Schubmoduln für Vollholz in den Berechnungsnormen seit 1926

Erscheinungsjahr	Norm	Abschnitt	E-Modul parallel zur Faserrichtung	E-Modul senkrecht zur Faserrichtung	Schubmodul
1925	Vorläufige Vorschriften der R.B.D. Stuttgart für Holztragwerke	II.16	Laub- und Nadelholz 10 000 N/mm <sup>2</sup>	k. A.	k. A.
1926	Vorläufige Bestimmungen für Holztragwerke, Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft	III.1	Laub- und Nadelholz 10 000 N/mm <sup>2</sup>	k. A.	k. A.
1933	Bestimmungen für die Ausführung von Bauwerken aus Holz im Hochbau	§5 Abs. 2	Nadelholz 10 000 N/mm <sup>2</sup> Eiche und Buche 12 500 N/mm <sup>2</sup>	k. A.	k. A.
1941	DIN 1052 – Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung	§5 Tafel 1	Nadelholz 10 000 N/mm <sup>2</sup> Eiche u. Buche 12 500 N/mm <sup>2</sup>	300 N/mm <sup>2</sup>	k. A.
1969	DIN 1052 – Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung	3.1 Tab. 1	Nadelholz 10 000 N/mm <sup>2</sup> Brettschichtholz 11 000 N/mm <sup>2</sup> Eiche u. Buche 12 500 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz 300 N/mm <sup>2</sup> Brettschichtholz 300 N/mm <sup>2</sup> Eiche u. Buche 600 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz 500 N/mm <sup>2</sup> Brettschichtholz 500 N/mm <sup>2</sup> Eiche u. Buche 1000 N/mm <sup>2</sup>
1984	DDR-Norm TGL 33135/01 – Holzbau, Berechnung, Bauliche Durch- bildung	2.1.3.1 Tabelle 3	Schnittholz 10 000 N/mm <sup>2</sup> Bauteile aus Brettschich- ten, geklebt nach TGL 33 136/01 10 000 – 13 400 N/mm <sup>2</sup> Laubholz 12 500 N/mm <sup>2</sup>	300 N/mm <sup>2</sup>	500 N/mm <sup>2</sup>
1988	DIN 1052 – Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung	4.1 Tab. 1	Nadelholz 10 000 N/mm <sup>2</sup> Brettschichtholz 11 000 N/mm <sup>2</sup> Eiche u. Buche 12 500 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz 300 N/mm <sup>2</sup> Brettschichtholz 300 N/mm <sup>2</sup> Eiche u. Buche 600 N/mm <sup>2</sup>	Nadelholz 500 N/mm <sup>2</sup> Brettschichtholz 500 N/mm <sup>2</sup> Eiche u. Buche 1000 N/mm <sup>2</sup>
1996	DIN 1052 – Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung, I. Änderung zur Fassung 1988	Tab. 5	NH S 10 10 000 N/mm <sup>2</sup> BS 11 11 000 N/mm <sup>2</sup> LH A 12 500 N/mm <sup>2</sup>	NH S 10 300 N/mm <sup>2</sup> BS 11 300 N/mm <sup>2</sup> LH A 600 N/mm <sup>2</sup>	NH S 10 500 N/mm <sup>2</sup> BS 11 500 N/mm <sup>2</sup> LH A 1000 N/mm <sup>2</sup>



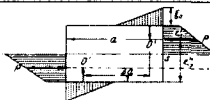
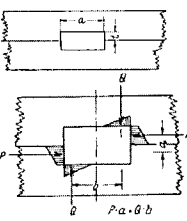
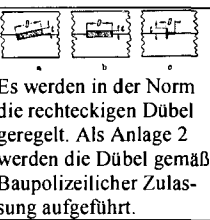
## Anlage A11: Regelung der Mindestquerschnitte in den Holzbauvorschriften seit 1926

Erscheinungsjahr	Norm	Abchnitt	Mindestquerschnitt	Bemerkungen
1925	Vorläufige Vorschriften der R.B.D. Stuttgart für Holztragwerke		keine Anforderungen	
1926	Vorläufige Bestimmungen für Holztragwerke, Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft	IV. 1	60cm <sup>2</sup> und 6cm bei tragenden Fachwerksstäben, bei mehrteiligen Stäben darf der Einzelquerschnitt 36cm <sup>2</sup> nicht unterschreiten	
1933	Bestimmungen für die Ausführung von Bauwerken aus Holz im Hochbau	§7 Abs. 1	60cm <sup>2</sup> und 6cm bei tragenden Fachwerksstäben, bei mehrteiligen Stäben darf der Einzelquerschnitt 36cm <sup>2</sup> nicht unterschreiten	
1941	DIN 1052 – Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung	§10	60cm <sup>2</sup> und 6cm bei tragenden, einteiligen Fachwerksstäben. Bei mehrteiligen Stäben gelten diese Werte für den Einzelstab.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schlechte Erfahrungen mit zu geringen Einzelstabquerschnitten bei mehrteiligen Stäben.</li> <li>• bei genagelten und geleimten Querschnitten Unterschreitung möglich, bei Nagelung jedoch nach Empfehlung nicht unter 2,4cm, wegen Spaltgefahr.</li> </ul>
1969	DIN 1052 – Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung	4.2	Mindestdicke 40mm und mindestens 4000mm <sup>2</sup> (ausgenommen Dachlatten) für tragende, einteilige Querschnitte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empfehlung bei Holzbauteilen wie Sparren, Pfetten, Deckenbalken und Stützen Mindestdicke 6cm, da mit Verwindungen gerechnet werden muss.</li> </ul>
1984	TGL 33135/01 – Holzbau, Berechnung, Bauliche Durchbildung	7.1 Tabelle 10	Querschnitt mindestens 48mm x 24mm für Einzelstäbe, auch von mehrteiligen Stäben	
1988	DIN 1052 – Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung	6.3.1	Mindestdicke 24mm und mindestens 1400mm <sup>2</sup> (Dachlatten 1100mm <sup>2</sup> ) für tragende, einteilige Querschnitte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empfehlung bei Holzbauteilen wie Sparren, Pfetten, Deckenbalken und Stützen Mindestdicke 4-6cm, da mit Verwindungen gerechnet werden muss.</li> </ul>

## Anlage A12: Regelung zu den Holzwerkstoffen in den Holzbauvorschriften seit 1926

Erscheinungsjahr	Norm	Abchnitt	geregelte Holzwerkstoffe für tragende Zwecke	geregelte Holzwerkstoffe für aussteifende Zwecke	Mindestdicken	Bemerkungen
1963	Ergänzung zu DIN 1052 – Holzhäuser in Tafelbauart	4.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Furnierplatten n. DIN 68705</li> <li>• Sperrholz, min. 4000 N/mm<sup>2</sup> Biegefestigkeit</li> <li>• Holzspanplatten FP/Y n. DIN 68761, Bl.1</li> <li>• Holzfaserhartplatten n. DIN 68750</li> <li>• Poröse Holzfaserplatten n. DIN 68751</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tischlerplatten</li> <li>• Holzspanplatten SP und</li> <li>• Holzspanplatten FP/X n. DIN 68761, Bl.1</li> <li>• Holzspanplatten n. DIN 68761, Bl.2</li> <li>• Strangpressplatten n. DIN 68761, Bl.1</li> </ul>	<i>Beplankung:</i> Furnierplatten 5mm, Spanplatten 8mm, Holzfaserhartplatten 4mm, Tischlerplatten 13mm <i>Rippen:</i> Furnierplatten 10mm, Spanplatten 10mm, Holzfaserhartplatten 10mm, Tischlerplatten 13mm	-
1969	DIN 1052 – Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung	9.2 Tab. 8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Furnierplatten nach DIN 68705, Blatt 3</li> </ul>	-	Furnierplatten mindestens 10mm dick	weitere Holzwerkstoffe in die Ergänzung zur DIN 1052 – Holzhäuser in Tafelbauart von 1963
1984	DDR-Norm TGL 33135/01 – Holzbau, Berechnung, Bauliche Durchbildung	-	-	-	-	-
1988	DIN 1052 Teil 1 – Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung	4.1 Tab. 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bau-Furniersperrholz n. DIN 68705 Teil 3 und 5</li> <li>• Flachpressplatten n. DIN 68763</li> </ul>	-	Flachpressplatten 8mm, Bau-Furniersperrholz 6mm	Aufnahme weiterer Holzwerkstoffe in den Teil 3 der DIN 1052 – Holzhäuser in Tafelbauart
1988	DIN 1052 Teil 3 – Holzbauwerke, Holzhäuser in Tafelbauart, Berechnung und Ausführung	4.1 Tab. 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bau-Furniersperrholz n. DIN 68705 Teil 3 und 5</li> <li>• Flachpressplatten n. DIN 68763</li> <li>• Holzfaserplatten HFH und HFM n. DIN 68754 Teil 1</li> <li>• Beplankte Strangpressplatten nach DIN 68764 Teil 1 und 2</li> <li>• Asbestzement-Tafeln nach DIN 274 Teil 4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gipskarton-Bauplatten nach DIN 18180</li> </ul>	Beplankte Strangpressplatten 14mm, Harte Holzfaserplatten 4mm, Mittelharte Holzfaserplatten 6mm, Gipskarton-Bauplatten 12,5mm, Asbestzement-Tafeln 6mm	-

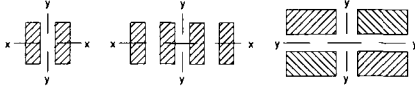

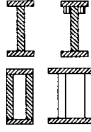
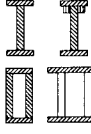
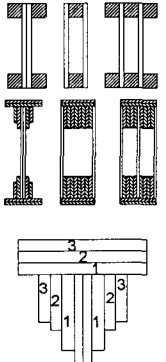
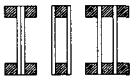
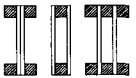
## Anhang A13: Entwicklung der Normung der Dübel besonderer Bauart in den Holzbauvorschriften seit 1926

Erscheinungsjahr	Norm	Abchnitt	geregelt Dübelarten	Bemerkungen
1925	Vorläufige Vorschriften der R.B.D. Stuttgart für Holztragwerke	IV		Vorgabe allgemeingültiger, theoretischer Grundlagen durch die Norm für rechteckige Dübel.
1926	Vorläufige Bestimmungen für Holztragwerke, Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft	V		Es bestehen fast keine Vorgaben bezüglich der Verbindungsmittel. Es wird auf die Ergebnisse von Belastungsversuchen staatlicher Versuchsanstalten verwiesen.
1933	Bestimmungen für die Ausführung von Bauwerken aus Holz im Hochbau	§8 Abs. 2		Erlaubt sind rechteckige Dübel, Scheiben-, Teller-, Ring- und Krallendübel sowie Krallenplatten. Die Vorgaben sind allgemeingültiger Natur. Dübel aus Gusseisen müssen eine Wandstärke von mindestens 5mm haben. Es werden folgende Leibungsdrücke in Abhängigkeit vom Verhältnis $a/t$ angegeben: $a/t \geq 5 \rightarrow 8 \text{ N/mm}^2$ und $a/t < 5 \rightarrow 4 \text{ N/mm}^2$ , falls kein genauere Nachweis unter Beachtung des Kippmomentes geführt wird.
1941	DIN 1052 – Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung	§16 a)		Die Dübeltragfähigkeit darf nach theoretischen Vorgaben errechnet werden, wenn nicht Belastungsversuche an staatlich anerkannten Versuchsanstalten durchgeführt werden.
1943	DIN 1052 – Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung, Neufassung vom 31.12.1943	§16 a)		Es werden in der Norm die rechteckigen Dübel geregelt. Als Anlage 2 werden die Dübel gemäß Baupolizeilicher Zulassung aufgeführt.
1969	DIN 1052, Blatt 2 – Holzbauwerke, Bestimmungen für Dübelverbindungen besonderer Art	2		<p>Ringkeildübel, Rippendübel System Appell *)  Ringdübel System Beier  Tellerdübel System Christoph &amp; Unmack  Kübler-Dübel  Tuscherer-Dübel  Krallenringdübel System Freers &amp; Nilson  Krallendübel System Siemens-Bauunion  Geka-Dübel *)  Alligator-Dübel  Krallenplatte System Pfrommer  Bulldog-Dübel *)</p> <p>*) in der DIN 1052:2004 geregelt</p>

Anhang A13: Entwicklung der Normung der Dübel besonderer Bauart in den Holzbauvorschriften seit 1926  
(Fortsetzung)

Erscheinungs-jahr	Norm	Ab-schnitt	geregelt Dübelar-ten	Bemerkungen
1984	DDR – Norm TGL 33135/02 – Holzbau Tragwerke, Technische Forde- rungen an Verbin- dungsmittel	Tab. 4 – 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flachdübel</li> <li>• Runddübel</li> <li>• Keilringdübel *)</li> <li>• Dornringdübel *)</li> </ul> <p>*) in der DIN 1052:2004 gere-gelt</p>	<p>Flachdübel Form A, Form B Runddübel Keilringdübel Dornringdübel</p>
1988	DIN 1052 Teil 2 – Holzbauwerke, Mechanische Ver- bindungen	4.3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ringkeildübel (Typ A) *)</li> <li>• Rundholzdübel aus Eiche (Typ B)</li> <li>• Einpressdübel System Bulldog (Typ C) *)</li> <li>• Einpressdübel System Geka (Typ D) *)</li> <li>• Einlass - Kral- lendübel System Siemens- Bauunion (Typ E)</li> </ul> <p>*) in der DIN 1052:2004 gere-gelt</p>	<p>Bild 3. Zwei- und einseitiger Ringkeildübel (Dübeltyp A) Bild 4. Rundholzdübel aus Eiche (Dübeltyp B) Bild 5. Einlass-Einpressdübel (Dübeltyp E) Bild 6. Einpressdübel (Dübeltyp C) Bild 7. Einpressdübel (Dübeltyp D)</p> <p>Die Zähne der Dübel dürfen auf der Innenseite abgeflacht sein, jedoch nicht im Bereich der abgerundeten Kegelspitze.</p>

Anhang A14: Regelungen zur Berechnung und Konstruktion von zusammengesetzten Querschnitten in den Holzbaunormen seit 1926

Erscheinungsjahr	Norm, Abschnitt	durch die Norm erfasste Querschnitte	Bemerkungen	
1926	Vorläufige Bestimmungen für Holztragwerke, Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft	k. A.	Es wurden keine Berechnungsvorgaben zur Ermittlung von wirksamen Querschnitten gemacht.	
1933	Bestimmungen für die Ausführung von Bauwerken aus Holz im Hochbau; in Anlehnung an §7 Abs. 3 b)		Die Ermittlung der Querschnittswerte für biegebeanspruchte zusammengesetzte Träger wird nicht geregelt. Es kann jedoch ein Analogieschluss zu den Bestimmungen für mehrteilige Stützen vorgenommen werden. Der wirksame Querschnitt $I_{ef}$ ergibt sich durch die angegebenen Gleichungen. $I$ bezeichnet das Trägheitsmoment des mehrteiligen Stabes, $I_0$ das eines gedachten Vollstabes, der durch zusammenschieben der Einzelquerschnitte entstehen würde.	
1941	DIN 1052 – Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung; §10	Verdübelte Balken	 $I_{ef} = 0,65 \cdot I_{voll}$ $W_{ef} = 0,85 \cdot W_{voll}$	Die Norm erfasst die Nachgiebigkeiten in den Verbindungsmittelfugen durch pauschale Abminderungsfaktoren bei den wirksamen Querschnittswerten.
		Genagelte oder verdübelte Querschnitte mit Stegen aus Bohlen oder Kanthölzern	 $I_{ef} = 0,65 \cdot I_{voll}$ $W_{ef} = 0,85 \cdot W_{voll}$	
		Geleimte Querschnitte mit Stegen aus Bohlen oder Kanthölzern	 $I_{ef} = 1,0 \cdot I_{voll}$ $W_{ef} = 1,0 \cdot W_{voll}$	
		Verbretterte Träger mit Stegen aus einrinnigen oder kreuzweise schrägen Brettlagen		Bei der Berechnung der Querschnittswerte dürfen die Stege beim Biegespannungsnachweis nicht berücksichtigt werden. Die Schubkräfte müssen durch die Stege und ihre Verbindungsmittel aufgenommen werden. Die Gurte sind mit $D = Z = M/(h-h_1)$ wie folgt nachzuweisen: $erf. F_z = \frac{Z}{\sigma_{z,zul}}$ $erf. F_D = \frac{\varpi \cdot D}{\sigma_{D,zul}}$ Bei mehrteiligen Gurtungen sind die Einzelteilquerschnitte mit folgenden Abminderungswerten zu belegen: Teil 1 $\eta = 1,0$ Teil 2 $\eta = 0,8$ Teil 3 $\eta = 0,6$ Teil 4 $\eta = 0,4$ Teil n $\eta = 0,2$
		Genagelte oder verdübelte Vollwandträger mit Stegen aus Plattenwerkstoffen	 $I_{ef} = 0,65 \cdot I_{voll}$ $W_{ef} = 0,85 \cdot W_{voll}$	Bei $h_1 > 0,15 h$ ist folgender Nachweis zu führen: $\frac{M}{W_{ef}} \leq \sigma_{b,zul}$ Bei $h_1 \leq 0,15 h$ ist folgender Nachweis zu führen: $erf. F_z = \frac{Z}{\sigma_{z,zul}}$ $erf. F_D = \frac{\varpi \cdot D}{\sigma_{D,zul}}$
		Geleimte Vollwandträger mit Stegen aus Plattenwerkstoffen	 $I_{ef} = 1,0 \cdot I_{voll}$ $W_{ef} = 1,0 \cdot W_{voll}$	Berücksichtigung der verschiedenen E-Moduln in Gurt und Steg, ansonsten wie genagelter oder verdübelter Vollwandträger mit Stegen aus Plattenwerkstoffen

Anhang A 15: Vorschläge für Ergänzungen zu den für den Nachweis der Stand- und Tragsicherheit sowie Gebrauchstauglichkeit von Holzkonstruktionen in der Altbausubstanz notwendigen Abschnitten der DIN 1052-2004

Abschnitt	Ergänzung
1. (5)	Ergänzung zu (5): Bei historischen Konstruktionen und Verbindungen in Altbauten können die vorgefundenen konstruktiven Gegebenheiten von dieser Norm abweichen. Dann ist der Nachweis als Zustimmung im Einzelfall zu erbringen.
4 (1)	Streichung des letzten Anstriches und Ergänzung um einen Anstrich : - Eine detaillierte Schadenskartierung mit Angaben zu Art und Umfang von Schädigungen an vorhandenen Konstruktionen, welche die Stand- und Tragsicherheit beeinflussen (bei Bauten im Bestand).
5.3 (1)	Ergänzung zu (1): Die charakteristischen Werte gelten auch für Altholz in historischen Konstruktionen, wenn keine die Festigkeits-, Steifigkeits-, und Rohdichtewerte beeinflussenden Schädigungen vorliegen.
5.3 (2)	Ergänzung zu (2). Dies gilt auch für Altholz in historischen Konstruktionen, wenn keine Schädigungen (s. (1)) vorliegen und die Bedingungen der DIN 4074-1 oder DIN 4074 eingehalten sind.
6.2 (2)	Ergänzung zu (2): Für die Beseitigung und Bekämpfung von Schädlingsbefall an Holz in Altbauten sind die Regeln der DIN 68 800-4 anzuwenden.
6.3 (6)	Ergänzung neuer Punkt (6): Maßnahmen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit von Bauteilen und Verbindungsmitteln in vorhandenen Konstruktionen sind in Abhängigkeit vom angetroffenen Korrosionszustand und der zukünftigen Umweltbeanspruchung sowie dem Einbauzustand festzulegen.
7.2.2 (1)	Ergänzung zu (1): Die charakteristischen Werte gelten auch für Altholz in historischen Konstruktionen, wenn keine die Festigkeits-, Steifigkeits-, und Rohdichtewerte beeinflussenden Schädigungen vorliegen.
(2)	Ergänzung zu (2): Die Zuordnung gilt auch für Altholz in historischen Konstruktionen, wenn keine Schädigungen (s. (1)) vorliegen und die Bedingungen der DIN 4074-1 eingehalten sind. Die Sortierung darf entsprechend den Forderungen der DIN 4074- 1 nur von fachkundigen Personen durchgeführt werden.
(3)	Ergänzung zu (3): Die Zuordnung gilt auch für Altholz in historischen Konstruktionen, wenn keine Schädigungen (s. (1)) vorliegen und die Bedingungen der DIN 4074-5 eingehalten sind. Die Sortierung darf entsprechend den Forderungen der DIN 4074- 1 nur von fachkundigen Personen durchgeführt werden.
7.2.3	Ergänzung zu (1): Bei historischen Konstruktionen in Altbauten kann die Mindestdicke unterschritten werden, wenn die Stand- und Tragsicherheit der Konstruktion nachgewiesen ist.
7.3 (1)	Ergänzung (1): Brettschichtholz in historischen Konstruktionen, das den Anforderungen nicht genügt, ist durch gesonderte Untersuchungen zu spezifizieren. Die Eigenschaften dieses Brettschichtholzes sind durch eine fachkundige Stelle (Materialprüfanstalt) festzustellen. Der Nachweis der Stand- und Tragsicherheit ist als Zustimmung im Einzelfall nachzuweisen.
12.1	Ergänzung neuer Punkt (3): Zum Nachweis der Tragfähigkeit historischer Verbindungen sind genauere Untersuchungen zur Bestimmung der charakteristischen Festigkeit des Holzes und der Verbindungsmittel im Anschlussbereich und im Bereich einflussgebender Schädigungen durchzuführen. Die Eigenschaften des Holzes sind durch eine Festigkeitssortierung gemäß den Bedingungen in DIN 4074-1 oder DIN 4047-5 zweifelsfrei festzustellen. Kann die Festigkeit des Verbindungsmittels nicht festgestellt werden, sind spezielle Untersuchungen zur Güte des verwendeten Stahles durchzuführen. Hiermit sind spezielle Labors mit der notwendigen Sachkunde zu beauftragen. Die rechnerischen Annahmen zur Verbindungsmittelfestigkeit bedürfen der Zustimmung im Einzelfall.
12.2.1 (3)	Ergänzung neuer Punkt (5):

	<p>Die Tragfähigkeit <math>R_k</math> kann bei historischen Konstruktionen nach den nachfolgenden Regeln berechnet werden, wenn durch eine fachkundige Festigkeitssortierung des Altholzes die Festigkeitsklasse festgestellt wurde, die Festigkeit des Verbindungsmittels bekannt ist und die zu verbindenden Bauteile einschließlich der Verbindungsmittel keine tragfähigkeitsmindernden Schädigungen aufweisen. Die konstruktiven Gegebenheiten (Randabstände und kraftschlüssiger Passsitz) müssen den Mindestanforderungen dieser Norm genügen.</p>
13.3.1 (1)	<p>Ergänzung zu (1):  Die Tragfähigkeit <math>R_k</math> kann bei historischen Konstruktionen nach den nachfolgenden Regeln berechnet werden, wenn der Dübeltyp in seiner Geometrie und im Material den heutigen Regelungen entspricht, die Festigkeitseigenschaften des Holzes durch eine Festigkeitssortierung entsprechend den Bedingungen der DIN 4074-1 oder DIN 4074-5 zweifelsfrei festgestellt wurden und die zu verbindenden Bauteile einschließlich der Verbindungsmittel keine tragfähigkeitsmindernden Schädigungen aufweisen.  Die konstruktiven Gegebenheiten (Randabstände und kraftschlüssiger Passsitz) müssen den Mindestanforderungen dieser Norm genügen.  Weichen die Dübel besonderer Bauart in historischen Ingenieurholzkonstruktionen von den in dieser Norm geregelten Dübeltypen ab, so ist der Nachweis nach den früheren Fassungen der DIN 1052 zu führen. Dabei ist das „Mischungsverbot“ der in den alten Fassungen der DIN 1052 geltenden Methode der Grenzzustände mit dem in der in dieser Norm geltenden Methode der Grenzzustände zu beachten.  Das Holz muss nach einer visuellen Sortierung nach DIN 4074 mindestens der Güteklasse S10 oder LS10 entsprechen. Schädigungen der Verbindungen, die die Stand- und Tragsicherheit beeinträchtigen, dürfen nicht vorhanden sein.</p>
15.1 (1)	<p>Ergänzung zu (1):  Die Bemessungsformeln gelten auch für Konstruktionen in Altbauten. Voraussetzung ist, dass ein kraftschlüssiger Passsitz der Verbindung (keine klaffende Fuge) vorhanden und das Bauholz nicht geschädigt ist. Die Festigkeitseigenschaften des Holzes sind durch eine Festigkeitssortierung entsprechend den Bedingungen der DIN 4074-1 oder DIN 4074-5 zweifelsfrei festzustellen.</p>
15.1 (6)	<p>Ergänzung neuer Punkt (6):  Bei historischen Versätzen aus Nadelholz kann unter bestimmten Voraussetzungen für den Nachweis der Tragfähigkeit in der Stirnfläche des Versatzes die charakteristische Druckfestigkeit parallel zur Faser der Festigkeitsklasse C40 angenommen werden.  Voraussetzung ist:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- im Anschlussbereich der Versatzverbindung sind keine Äste</li> <li>- für die zu verbindenden Holzbauteile wird eine charakteristische Rohdichte <math>\rho_k &gt; 0,45 \text{ g/cm}^3</math> nachgewiesen.</li> <li>- Für den charakteristischen Wert der Druckfestigkeit senkrecht zur Faser Druck wird der Werte für Festigkeitsklasse C40M/C40 angenommen.</li> </ul> <p>Für den Nachweis des Vorholzes bei Versätzen aus Nadelholz kann bei Rissfreiheit im Bereich des Vorholzes mit einer charakteristischen Schubfestigkeit von <math>4,8 \text{ N/mm}^2</math> gerechnet werden.</p>
15.2 (1)	<p>Ergänzung zu (1):  Die Bemessungsformeln gelten auch für Konstruktionen in Altbauten. Voraussetzung ist, dass ein kraftschlüssiger Passsitz der Verbindung (keine klaffende Fuge) vorhanden und das Bauholz nicht geschädigt ist. Die Festigkeitseigenschaften des Holzes sind durch eine Festigkeitssortierung entsprechend den Bedingungen der DIN 4074-1 oder DIN 4074-5 zweifelsfrei festzustellen.</p>
15.3 (1)	<p>Ergänzung zu (1):  Die Bemessungsformel gilt auch für Konstruktionen in Altbauten. Voraussetzung ist ein kraftschlüssiger Passsitz der Verbindung und des Verbindungsmittels (keine klaffende Fuge) und ein ungeschädigtes Holz mindestens der Sortierklasse LS10 nach DIN 4074-5.</p>