

Der Holzbau

Mitteilungen des „Deutschen Holzbau-Vereins“

HERAUSGEGEBEN VON DER

JAHRGANG 1922.

„DEUTSCHEN BAUZEITUNG“

NUMMER 13.

Die Nachgiebigkeit als Gütemesser der Holzverbindungsmitel.

Von Dr.-Ing. Dr. Lew e, Privatdozent an der Technischen Hochschule Berlin.



In der einschlägigen Literatur finden sich in jüngster Zeit mehrfach Versuche, dem Problem der Beanspruchung des Holzes in den Verbindungen: Fachwerkknoten, Stoßen und Auflagern, theoretisch beizukommen. In verschiedenen amtlichen Bauvorschriften werden bereits Grenzen für die zulässige Scherspannung angegeben, die sich für die Abscherung parallel zur Faser für Nadelholz zwischen Werten von 10—15 kg/cm² bewegen. Da die Scherspannung bei den Holzverbindungen eine hervorragende Rolle spielt und Zugkräfte überhaupt nur auf dem Umweg über die Scherkraft in den Holzverbindungen übertragen werden können, so ist die Frage berechtigt, wie weit durch die Bestimmung einer Zulässigkeitsgrenze für die Scherspannung die genügende Festigkeit und Sicherheit des Bauwerks gewährleistet ist. Zunächst ist hier sofort die weitere Forderung zu erheben, daß die zur Verwendung gelangenden Verbindungsmittel genügend stark sind und, da sie meistens aus Holz oder Eisen bestehen, sich ebenfalls in ihren Beanspruchungen unterhalb der für diese Materialien in den amtlichen Vorschriften geforderten zulässigen Beanspruchung halten. Wenn man z. B. den häufig vorkommenden Fall eines Zugstangen-Stoßes durch Verlaschung vermittelt einiger dünner Bolzen betrachtet, die mit 50 kg/cm² gleichmäßig verteilt gerechnetem Leibungsdruck belastet sind, so erhebt sich die Frage, ob die eisernen Bolzen unter dieser Belastung nicht über die zulässige Eisenspannung hinaus beansprucht sind, sich infolgedessen stärker als dem Elastizitätsmaße entsprechend verbiegen und infolgedessen zu erhöhten Druckspannungen in den Leibungen führen. Verschiedene Autoren¹⁾ haben sich mit der Kantenpressung in den Leibungen bei der Schraubenbolzen-Verbindung beschäftigt, keiner hat jedoch bisher die schon von Föppl²⁾ vorgeschlagene aber nicht durchgeführte, der Wirklichkeit am nächsten kommende Berechnungsweise des Bolzens als eines Stabes auf nachgiebiger Unterlage durchgeführt. Vielmehr sind in allen Fällen weit ungünstigere Annahmen gemacht worden, so z. B. von Barkhausen diejenige, daß der Leibungsdruck sich auf eine kleine Strecke zunächst der Kante dreiecksartig verteilt, was für dünnere Bolzen auf außerordentlich große Zahlen führt. Ebenso häufig, aber mit dem gleichen negativen Erfolg, sind

die Dübel, wie sie im Holzbau in den verschiedensten Formen Verwendung finden, Gegenstand der Berechnung und theoretischen Betrachtung gewesen. Auch hier gibt Barkhausen eine zwar einfache, aber gleichzeitig für die Material-Ausnutzung ungünstige Berechnungsweise an, indem er auch hier dreiecksartige Leibungsdruck-Verteilung auf einer Strecke c nächst den Kanten annimmt und damit zu dem überraschenden Ergebnis kommt, daß die Kantenpressung in den Leibungen beim Dübel immer gleich dem 4fachen Wert des gleichmäßig verteilt gerechneten Leibungsdruckes sei. Es werden damit die in Abb. 1 gezeigten beiden Dübel, der schmale gerade Flacheisendübel und der großkalibrige Scheibendübel von großem Durchmesser und kleiner Nuttiefe über einen Kamm geschoren, obwohl es fest steht, daß bei letzterem die Leibungsdruck-Verteilung nahezu vollkommen gleichmäßig³⁾ ist. Der Druck auf den Nutgrund und die Reibung in den Leibungen genügen bei großen Dübeln bei noch mehr als 10facher Sicherheit, um ein Drehen der Dübel und damit die Möglichkeit dreieckiger Leibungsdruck-Verteilung zu verhindern. Jackson⁴⁾ will aus diesem Grund eine Begrenzung des senkrecht zur Faser gerichteten Druckes auf den Nutgrund eingeführt wissen, was ebenso ungünstig ist, weil hierbei der Anteil der bei großkalibrigen Teller- und Ringdübeln mit mehr als zehnfacher Sicherheit arbeitenden Reibung in den Leibungen vernachlässigt wird.

Die angeführten Berechnungsversuche ermutigen nicht dazu, auf diesem Weg fortzuschreiten und etwa der jungen Holzbauindustrie amtliche Bestimmungen aufzuerlegen, die derart schwierige Probleme in den statischen Berechnungen zu behandeln heischen. Das wäre eine Ungerechtigkeit gegenüber den Bauweisen mit anderen Materialien, da z. B. im Eisenbau auch nicht eine schwierige theoretische Betrachtung darüber gefordert wird, wie bei einem Stabanschluß sich die Kraft auf die einzelnen Nieten, die ja durchaus nicht gleichmäßig⁵⁾ erfolgt, verteilt. Eine für die einzelnen Bausysteme unter sich gerechte Berechnungsweise dürfte nach den angeführten Beispielen überhaupt nicht gefunden werden können und deshalb, wenn z. B. diejenige von Barkhausen in die amtlichen Bestimmungen aufgenommen würde, dazu führen, daß Unternehmer einfache gerade Flacheisenstreifen, d. i. gerade das schlechteste aber billigste Verbindungsmittel, als Dübel benutzen. Derartige Bestimmungen würden also auch den Fortschritt direkt hindern. Andererseits ist es auch klar, daß die bestehenden Vorschriften über die zulässige Scherspannung und die Material-Beanspruchung der Dübel und Bolzen vollständig genügen, die Sicherheit des Bauwerks zu gewährleisten. Der Bruch wird nämlich bei einer Holzverbindung entweder durch den Bruch des Verbindungsmittels oder durch Abscheren und Spalten des Holzes selbst herbei geführt, nie jedoch durch übergroße Leibungsdrücke. Diese Erkenntnis hat im Eisenbau ja auch dazu geführt, für den Lochwanddruck gegenüber der sonst zugelassenen Druckziffer große zulässige Grenzwerte (man hört jetzt sogar

¹⁾ 1. Barkhausen, „Beurteilung der Grundlagen des Bauens in Holz“, „Der Bauingenieur“, Jahrgang 1921, Heft 20/21.
²⁾ 2. Jackson, „Ingenieur-Holzbau“, Stuttgart, 1921, Seite 52.
³⁾ 3. Preuß, Bauholz-Verbindung, „Ostdeutsche Bauzeitung“, 1921.

⁴⁾ 4) Föppl, „Festigkeitslehre“, II. Band, Seite 265.

⁵⁾ 5) Vergl. hierzu den Aufsatz d. Verf. im „Holzbau“, Nr. 20, Jahrg. 1920, über Berechnung und Leibungsdruckverteilung beim Ringdübel.

⁶⁾ 6) a. a. O. Seite 87.

⁷⁾ 7) „Forschungsarb. auf dem Gebiet d. Ing.-Wes.“, Heft 229: Findeisen, „Versuche über die Beanspruchung in den Laschen eines gestoßenen Flacheisens usw.“, Berlin 1920.

über 2000 Posten?) einzuführen. Übergroße Leibungsdrücke führen vielmehr nur zu einer starken Nachgiebigkeit der Holzverbindung, die mit der Sicherheit des Bauwerkes zunächst nichts zu tun hat, sondern nur zu großen Senkungen und Sackungen der freien Teile des Bauwerkes führt. Es liegt deshalb nahe, die Nachgiebigkeit selbst als Maß zu nehmen und in die amtlichen Bestimmungen etwa folgenden Satz aufzunehmen:

In den statischen Berechnungen ist die Größe des gleichmäßig verteilt gerechneten Leibungsdruckes der Verbindungsmittel nachzuweisen. Als zulässiger Leibungsdruck gilt für die einzelne Verbindungsweise $\frac{1}{2}$ desjen-

gerechneter Leibungsdruck parallel zur Faser für Ringdübel-Verbindungen zulässig wäre.

Die Versuchskörper nach Abb. 3 (vergl. Tabelle II) haben den Zweck zu zeigen, daß bei Leibungsdruck schräg zur Faser, wie es bei einem Fachwerk-Knotenpunkt nach der Ringdübel-Bauweise vorkommt, die Nachgiebigkeit durchaus nicht viel größer ist. Aus der nachstehenden Tabelle der Versuchsergebnisse mit diesen Probekörpern, die den Anschluß einer Zugdiagonalen an den Untergurt darstellen sollen, ergibt sich etwa bei 180 kg/cm^2 1 cm Verschiebungsmaß. Bei 2facher Unterbietung (der Ausdruck „Sicherheit“ ist hier, wie oben gezeigt, durchaus nicht am Platz) würde dann etwa 90 kg/cm^2 gleichmäßig verteilt gerechneter Leibungsdruck für den Anschluß von Zugdiagonalen unter

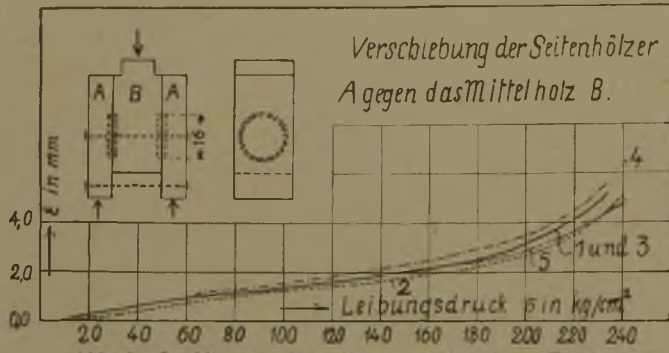


Abb. 2. Leibungsdruck parallel zur Faser.

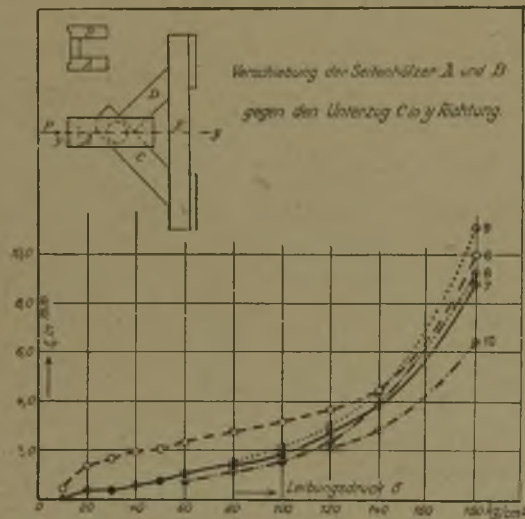


Abb. 3. Diagramm eines Druckversuches bei Leibungsdruck unter 45° schräg zur Faser

gen Wertes, bei dem nach amtlichen Versuchen die Nachgiebigkeit (Verschiebung) $1,0 \text{ cm}$ erreicht.

Eine solche Vorschrift würde jedenfalls den Kernpunkt dieser Unsicherheit über das Wirken der Verbindungsmittel treffen, für die einzelnen Verbindungen gerecht sein und deshalb schließlich auch den Fortschritt fördernd wirken.

Nachstehend seien als Beispiel die neuesten in der Groß-Lichterfelder Versuchsanstalt und von der Columbia-University in New-York durchgeführten Versuche mit geschlitzten Ringdübel-Verbindungen in ihren Ergebnissen wiedergegeben, die gerade den Fortschritt beleuchten, der auf diesem Gebiet durch den Übergang von der Hand- zur Maschinenfräsung geschaffen wurde. Die Abb. 2 (vergl. Tabelle I) gibt die Zeichnung von 5 Versuchskörpern wieder, die mit Ringdübeln von 16 cm Durchmesser verbunden waren, bei denen die Richtung des Leibungsdruckes parallel zur Faser gerichtet ist. Die Tabelle gibt die zugehörigen Verschiebungsmaße mit steigender Belastung an, für $1,0 \text{ cm}$ findet man über 240 kg/cm^2 Leibungsdruck, wonach bei einer Unterbietungszahl von 2, 120 kg/cm^2 gleichmäßig verteilt

Abb. 4.

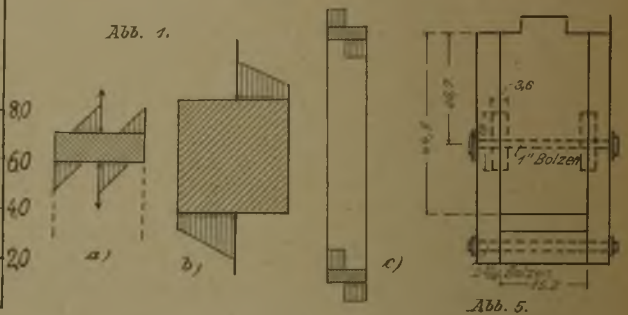


Abb. 5.

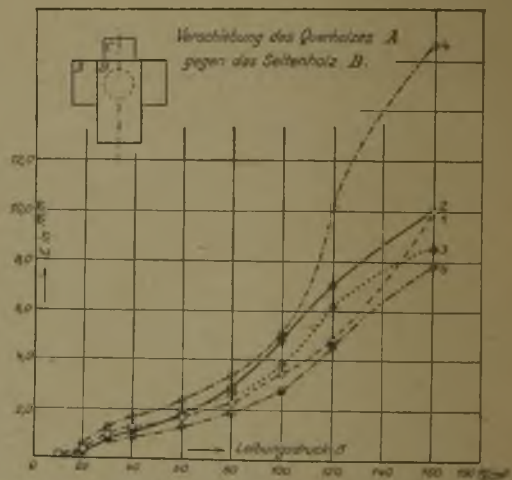


Abb. 4. Diagramm eines Druckversuches bei Leibungsdruck senkrecht zur Faser.

45° nach der Ringdübel-Bauweise als zulässig zu erachten sein. Dieses gilt um so mehr, als, wie die Tabelle zeigt, für diesen als zulässig erachteten Wert, wenn man von dem mißglückten Probekörper 1 absieht, das

Tabelle I.

5 Versuchskörper nach Abb. 2 bei Leibungsdruck parallel zur Faser.

Last kg	Leibungsdruck kg/cm^2	Verschiebung in mm				
		1	2	3	4	5
1 000	10	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2
2 000	20	0,1	0,0	0,3	0,2	0,3
3 000	30	0,4	0,2	0,5	0,5	0,4
4 000	40	0,6	0,4	0,6	0,6	0,6
6 000	60	0,9	0,7	0,8	0,9	1,0
8 000	80	1,1	0,9	1,0	1,2	1,1
10 000	100	1,3	1,1	1,3	1,5	1,4
12 000	120	1,6	1,3	1,5	1,8	1,6
14 000	140	1,7	1,6	1,8	2,1	1,8
16 000	160	2,1	1,8	2,1	2,5	2,1
20 000	200	3,0	2,6	3,1	3,5	2,8
24 000	240	—	3,3	—	6,2	4,8



Fachwerkhäuser aus Rüthen, Kreis Lippstadt.



Die Dechanei in Höxter.
Das alte Fachwerkhaus in Westfalen.

Verschiebungsmaß nicht viel größer ist als bei Leibungsdruck parallel zur Faser.

Tabelle II.

5 Versuchskörper nach Abb. 3 bei Leibungsdruck unter 45° zur Faser.

Last kg	Leibungsdruck kg/cm ²	Verschiebung in mm				
		1	2	3	4	5
1 000	10	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1
2 000	20	1,3	0,3	0,1	0,2	0,1
3 000	30	1,6	0,3	0,2	0,4	0,4
4 000	40	1,9	0,5	0,4	0,6	0,5
5 000	50	2,0	0,7	0,6	0,9	0,7
6 000	60	2,3	1,0	0,7	1,1	0,9
8 000	80	2,7	1,4	1,1	1,5	1,2
10 000	100	3,1	1,8	1,5	2,1	1,5
12 000	120	3,6	2,7	2,3	3,0	2,1
14 000	140	4,4	3,8	3,7	4,3	2,8
18 000	180	9,9	8,7	9,2	11,0	6,4
22 000	220	30,1	15,7	17,1	27,3	12,3

Versuchskörper nach der Abb. 4 (vergl. Tabelle III) zeigen einen Stabanschluß senkrecht zur Faser, wie er im Bauwesen in Wirklichkeit wohl kaum vorkommt. Hier wird das Verschiebungsmaß von 1 cm bei 120 kg/cm² Leibungsdruck erreicht, weswegen hierfür, wenn ein derartiger Anschluß vorkommen sollte, höchstens 60 kg/cm² als zulässiger Leibungsdruck angenommen werden dürfte.

Die Diagramme in den Abb. 2, 3 und 4 zeigen den Verlauf der Verschiebung mit steigender Belastung. Charakteristisch ist allen diesen Kurven der anfängliche geradlinige Verlauf bis zu einer Stelle, an der die Kurven umbiegen, weil mit der Laststeigerung die Verschiebungen unverhältnismäßig wachsen. Diese charakteristische Krümmung, welche anzeigt, daß im Inneren des Körpers bereits Zerstörungen stattfinden,

Tabelle III.

Versuchskörper nach Abb. 4 bei Leibungsdruck senkrecht zur Faser.

Last kg	Leibungsdruck kg/cm ²	Verschiebung in mm				
		1	2	3	4	5
1 000	10	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
2 000	20	0,3	0,2	0,2	0,5	0,2
3 000	30	0,9	0,7	0,6	1,2	0,6
4 000	40	1,2	1,0	0,9	1,6	0,8
6 000	60	1,6	1,7	1,9	2,3	1,2
8 000	80	2,2	2,8	2,6	3,3	1,8
10 000	100	3,4	4,7	3,8	5,0	2,7
12 000	120	4,7	6,9	6,1	10,1	4,5
16 000	160	9,9	9,9	8,4	16,5	7,7
20 000	200	17,4	—	13,7	—	10,6

^o) a. a. O. Seite 90.

Vermischtes.

Ausfuhr von Holzhäusern nach Peru. Der peruanische Kongreß hat kürzlich durch Gesetz den Einfuhrzoll auf alle Arten von transportablen und zerlegbaren Häusern auf 5 v. H. ad valorem herunter gesetzt. Der bisherige Zoll einschließlich aller Aufschläge hat 60 v. H. betragen. Früher waren nur sehr geringe Geschäfte in diesem Artikel zustande gekommen wegen des prohibitiven Einfuhrzollens, jetzt ist jedoch ein umfangreiches Geschäft darin zu erwarten. Am meisten werden Sommerwohnungen für die Seeküste verlangt, Häuser mit etwa fünf bis sechs Räumen. Die Kosten betragen 2500—5000 Dollar. —

Das alte Fachwerkhäuser in Westfalen wird in den Abbildungen S. 51 in einigen charakteristischen Beispielen dargestellt. Die obere Abbildung zeigt eine Dorfstraße aus Rütthen im Kreis Lipstadt, in der das ländliche Fachwerkhäuser herrscht. Es ist ein einfaches, lediglich aus der Konstruktion sich ergebendes Liniengefüge mit nur ganz bescheidenem Schmuck, wo solcher überhaupt auftritt. Es herrscht die glatte Fläche mit dem quadratischen weißen Putzfeld; lediglich durch bescheidene Überkragungen wird eine Änderung in der Flächenwirkung herbeigeführt. Diagonale Streben kommen nur vereinzelt und

liegt bei den drei Versuchskörperformen vollständig verschieden. Beim Leibungsdruck parallel zur Faser liegt dieser Abkehrpunkt kurz vorm Bruch, etwa bei 180 kg/cm², beim Leibungsdruck unter 45° zur Faser liegt derselben etwa bei 120 und beim Leibungsdruck senkrecht zur Faser etwa bei 70 kg/cm². Man findet demnach auch hier wie oben das Verhältnis von 3 : 2 : 1 für die Leibungsdruck-Bearbeitung parallel, schräg und quer zur Faser.

Tabelle IV.

Amerikanischer Versuch (Columbia-University New-York).

Last in kg	Leibungsdruck kg/cm ²	Verschiebung in mm
7 484	55	0,8
15 522	114	1,8
28 576	210	2,5
31 456	231	2,8
32 658	240	3,3
33 883	249	3,8
35 565	261	4,6
35 470	261	6,4
35 243	259	8,4
35 552	261	10,2
35 901	264	12,0
35 856	264	13,5
35 897	264	14,7
36 114	266	16,3
36 300	267	17,8
37 031	272	22,9
37 139	273	24,1
37 176	273	25,4
37 829	278	28,4
37 956	279	29,7
33 565	247	31,8
34 082	251	34,2
35 062	258	38,1
32 295	237	39,9

Abb. 5 zeigt zum Schluß (vergl. Tabelle IV) noch ein amerikanisches Versuchsergebnis mit geschlitzten Ringdübel-Verbindungen. Es ist deshalb günstiger wie die vorerwähnten, weil hier anderes Holz verwendet ist. Die Ringdübel hatten 7" = 18 cm Durchmesser, also ein Paar F=2.18,0.3,6=136 cm² Leibungsfläche. Bei $\frac{35\ 500}{136} = 260$ kg/cm² ergibt sich erst 1 cm Verschiebung.

Es sei noch bemerkt, daß diese Verschiebungsergebnisse gegenüber Versuchen mit anderen Verbindungsmitteln außerordentlich günstig sind. Jackson^o) hat z. B. bei Versuchen mit U-förmig gestalteten Band-eisen-Einlagen mit 2.14.3=84 cm² Leibungsfläche schon 2 cm Verschiebung bei 7800 kg Belastung oder $\frac{7800}{84} = 93$ kg/cm² gefunden. —

aus konstruktiven Gründen vor. Bemerkenswert ist das große Tor mit bescheidener Ornamentik des Überlagbalkens.

Das ist anders beim städtischen Fachwerkhäuser, das hier durch die Dechanei in Hörter vertreten ist. Es ist eine vielgestaltige Baugruppe, bei der alle Register spielen. Der stolz ansteigende Giebel mit Vorkragungen auf einem gemauerten Erdgeschoß, vor das sich ein rechteckiger Holzkerker legt. Daneben ein zweigeschossiges Gebäude, dessen Giebel abgewalmt ist. Vor dasselbe legt sich ein polygonaler Erker, dessen Dach das Dachgeschoß des Hauses zur Hälfte verdeckt. Beide stehen auf einem hohen gemauerten Untergeschoß. Die unteren Geschosse beider Häuser sind von einem Weinstock malerisch übersponnen. Weiter zurück in der Gasse in einspringender Ecke liegt ein weiteres Fachwerkhäuser mit abgewalmtem Giebel. Alle drei Häuser zeigen die charakteristischen Überkragungen und vereinigen sich zu einer Gruppe von höchster malerischer Wirkung. —

Inhalt: Die Nachgiebigkeit als Gütemesser der Holzverbindungsmitel. — Vermischtes —

Verlag der Deutschen Bauzeitung, G. m. b. H. in Berlin. Für die Redaktion verantwortlich: Albert Hofmann in Berlin. W. Buxenstein Druckereigesellschaft, Berlin SW.