

Vergleichende Betrachtungen zur  
Tragfähigkeit von Nagelverbindungen  
mit und ohne Reißlinienversetzung

**T 2504**

T 2504

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

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

© by Fraunhofer IRB Verlag

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.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)



**RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM**

**Fakultät für Bauingenieurwesen**

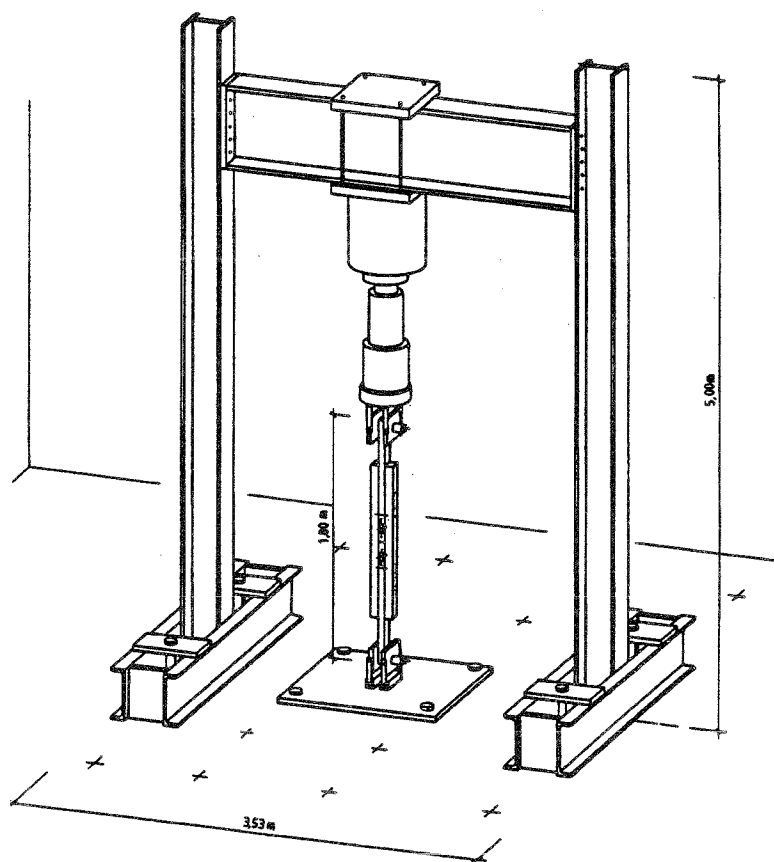
**Lehrstuhl für Baukonstruktionen, Ingenieurholzbau und Bauphysik**

**Prof. Dr.-Ing. E. Reyer**

**Vergleichende Betrachtungen zur Tragfähigkeit von  
Nagelverbindungen mit und ohne Rißlinienversetzung**

von

**Eckhard Reyer und Peter Linzner**



Durchgeführt im Auftrage der Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH) in der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung e.V. (DGfH) und gefördert durch das Institut für Bautechnik, Berlin

KURZ - INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung.....	1
2	Ziel des Forschungsvorhabens.....	2
3	Vorversuche (Spaltversuche ohne statische Belastung, Holzfeuchte $u = 14 \%$ ).....	3
4	Hauptversuche (Holzfeuchte $u = 10 \%$ ).....	26
5	Langzeitversuche.....	131
6	Nachträgliche Spaltversuche.....	138
7	Zusammenfassende vergleichende Bewertung und Empfehlung.....	143
8	Zusammenfassung .....	146
9	Anhang.....	149

(Ausführliches Inhaltsverzeichnis nachfolgend)

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung.....	1
2	Ziel des Forschungsvorhabens.....	2
3	Vorversuche (Spaltversuche ohne statische Belastung, Holzfeuchte $u = 14 \%$ ).....	3
3.1	Ziel der Vorversuche.....	3
3.2	Untersuchte Parameter.....	5
3.2.1	Nageldurchmesser.....	5
3.2.2	Holzeigenschaft.....	5
3.2.3	Holzfeuchtigkeit.....	6
3.2.4	Holzdicken.....	6
3.2.5	Nagelabstände.....	7
3.2.6	Anzahl der miteinander vernagelten Bretter.....	7
3.3	Versuchsdurchführung und Versuchsergebnisse.....	8
3.3.1	Allgemeines.....	8
3.3.2	Darstellung der Versuchsergebnisse in Tabellenform.....	8
3.4	Beurteilung der Ergebnisse.....	23
3.4.1	Einfluß der Jahrringweite (eng/weit).....	23
3.4.2	Einfluß der Jahrringlage (stehend/liegend).....	23
3.4.3	Einfluß der Einschlagfeuchte.....	23
3.4.4	Einfluß der Trocknung.....	24
3.4.5	Einfluß von Nageldurchmesser und Nagelabstand parallel zur Faser.....	25
3.4.6	Vergleich der Nagelung (versetzt/unversetzt).....	25
4	Hauptversuche (Holzfeuchte $u = 10 \%$ ).....	26
4.1	Ziel der Hauptversuche.....	26
4.2	Versuchsdurchführung.....	26
4.2.1	Allgemeines.....	26
4.2.2	Versuchsbezeichnung.....	27
4.2.3	Versuchssteuerung und Meßtechnik.....	31
4.2.4	Exemplarische Darstellung von Versuchsauf- zeichnungen und -auswertung am Beispiel von Versuch I2,4.....	34
4.2.5	Versuchsaufbau.....	41
4.3	Parameter der Hauptversuche.....	42
4.3.1	Nageldurchmesser, -form, -länge.....	42
4.3.2	Nagelabstände untereinander $\parallel$ zur Faser.....	44
4.3.3	Randabstände $\parallel$ und $\perp$ zur Faser, Abstände untereinander $\perp$ zur Faser, Nagelreihen, Nagelanzahl hintereinander.....	44
4.3.4	Ermittlung der Holzeigenschaften.....	44
4.3.4.1	Allgemeines.....	44
4.3.4.2	Rohdichte.....	45
4.3.4.3	Holzfeuchtigkeit.....	45

4.3.4.4	Druckfestigkeit.....	46
4.3.4.5	Tabellen "Holzeigenschaften".....	48
4.4	Zugstoßprobekörper mit innenliegender Mindestholzdicke (zweischnittige Verbindung).....	55
4.4.1	Allgemeines .....	55
4.4.2	Mittelholz.....	55
4.4.3	Seitenholz.....	55
4.5	Zugstoßprobekörper mit außenliegender Mindestholzdicke (einschnittige Verbindung).....	56
4.5.1	Allgemeines .....	56
4.5.2	Seitenholz.....	56
4.5.3	Mittelholz.....	56
4.6	Auswertung der Hauptversuche.....	58
4.6.1	Allgemeines.....	58
4.6.1.1	Auswertungsstufe I: Auswertung der einzelnen Versuche.....	58
4.6.1.2	Auswertungsstufe II: Zusammenfassung der Auswertungsergebnisse aller Versuche einer Serie.....	59
4.6.1.3	Auswertungsstufe III: Zusammenfassung der Auswertungsergebnisse aller Serien.....	60
4.6.2	Zugstoßprobekörper mit innenliegender Mindest- holzdicke (zweischnittige Verbindung).....	60
4.6.2.1	Ergebnisse aus der Auswertungsstufe II (Ergebnisse aller Versuche einer Serie).....	60
4.6.2.2	Ergebnisse aus der Auswertungsstufe III (Zusammenfassung der Ergebnisse aller Serien).....	76 a
4.6.3	Zugstoßprobekörper mit außenliegender Mindestholzdicke (einschnittige Verbindung).....	77
4.6.3.1	Ergebnisse aus der Auswertungsstufe II (Ergebnisse aller Versuche einer Serie).....	77
4.6.3.2	Ergebnisse aus der Auswertungsstufe III (Zusammenfassung der Ergebnisse aller Serien).....	89
4.6.4	Zusatzversuche:Zugstoßprobekörper mit innenliegender Mindestholzdicke (zweischnittige Verbindungen) .....	90
4.6.4.1	Ergebnisse aus der Auswertungsstufe II (Ergebnisse aller Versuche einer Serie).....	90
4.6.4.2	Ergebnisse aus der Auswertungsstufe III (Zusammenfassung der Ergebnisse aller Serien).....	97
4.7	Vergleichende Bewertung ("versetzt"/"unversetzt") der Hauptversuche.....	98
4.7.1	Allgemeines.....	98

4.7.2	Basistabellen (Tab.4.7.2/1, 4.7.2/2, 4.7.2/3) mit Erläuterungen für die vergleichende Bewertung.....	99
4.7.3	Vergleich der Zugstoßprobekörper mit innenliegender Mindestholzdicke (zweischnittige Verbindung) .....	104
4.7.3.1	Spaltbarkeit.....	104
4.7.3.2	C-Modul bzw. Verschiebung.....	105
4.7.3.2.1	Nagel 3,8*130, glatt.....	105
4.7.3.2.2	Nagel 4,2*120, glatt.....	107
4.7.3.2.3	Nagel 3,8*121, gerillt.....	109
4.7.3.2.4	Nagel 4,6*146, glatt.....	111
4.7.3.3	Quotient $Nu/zul N$ (Sicherheitsfaktor) .....	113
4.7.3.3.1	Nagel 3,8*130, glatt.....	113
4.7.3.3.2	Nagel 4,2*120, glatt.....	113
4.7.3.3.3	Nagel 3,8*121, gerillt.....	114
4.7.3.3.4	Nagel 4,6*146, glatt.....	114
4.7.3.4	Absolute Versagenshäufigkeit.....	115
4.7.3.4.1	Nagel 3,8*130, glatt.....	115
4.7.3.4.2	Nagel 4,2*120, glatt.....	115
4.7.3.4.3	Nagel 3,8*121, gerillt.....	116
4.7.3.4.4	Nagel 4,6*146, glatt.....	116
4.7.4	Vergleich der Zugstoßprobekörper mit außenliegender Mindestholzdicke (einschnittige Verbindung) .....	117
4.7.4.1	Spaltbarkeit.....	117
4.7.4.1.1	Nagel 3,8*130, glatt.....	117
4.7.4.1.2	Nagel 4,2*120, glatt.....	118
4.7.4.1.3	Nagel 3,8*121, gerillt.....	119
4.7.4.1.4	Nagel 4,6*146, glatt.....	120
4.7.4.2	C-Modul bzw. Verschiebung.....	120
4.7.4.2.1	Nagel 3,8*130, glatt.....	120
4.7.4.2.2	Nagel 4,2*120, glatt.....	122
4.7.4.2.3	Nagel 3,8*121, gerillt.....	124
4.7.4.3	Quotient $Nu/zul N$ (Sicherheitsfaktor) .....	127
4.7.4.3.1	Nagel 3,8*130, glatt.....	127
4.7.4.3.2	Nagel 4,2*120, glatt.....	127
4.7.4.3.3	Nagel 3,8*121, gerillt.....	128
4.7.4.4	Absolute Versagenshäufigkeit.....	129
4.7.4.4.1	Nagel 3,8*130, glatt.....	129
4.7.4.4.2	Nagel 4,2*120, glatt.....	129
4.7.4.4.3	Nagel 3,8*121, gerillt.....	130
4.7.4.4.4	Nagel 4,6*146, glatt.....	130

5	Langzeitversuche.....	131
5.1	Allgemeines/Zielsetzungen.....	131
5.2	Krafteinleitung.....	131
5.3	Versuchsreihen.....	132
5.4	Auswertung der Langzeitversuche.....	133
5.4.1	Rißbildung.....	133
5.4.2	Zeitabhängige Verformungen.....	133
5.4.3	Ermittlung der Bruchlast (bzw. des Quotienten Nu/zul N) nach vorangegangener Langzeitbe- lastung von $1,5 * zul N$ .....	134
6	Nachträgliche Spaltversuche.....	138
6.1	Allgemeines.....	138
6.2	Versuchsdurchführung.....	139
6.2.1	Versuch 1.....	139
6.2.2	Versuch 2.....	139
6.2.3	Versuch 3.....	140
6.2.4	Versuch 4.....	140
6.2.5	Versuch 5.....	140
6.2.6	Versuch 6.....	141
6.2.7	Versuch 7.....	141
6.2.8	Versuch 8.....	141
6.2.9	Versuch 9.....	142
6.2.10	Versuch 10.....	142
7	Zusammenfassende vergleichende Bewertung und Empfehlung.....	143
7.1	Beurteilung der Spaltneigung und des Trag- und Verformungsverhaltens .....	143
7.1.1	Ergebnisse aus den Vorversuchen (Kap. 3).....	143
7.1.2	Ergebnisse aus den Hauptversuchen mit Einschlagfeuchte $u= 10 \%$ (Kap. 4).....	143
7.1.3	Ergebnisse aus den nachträglichen Spaltver- suchen mit Einschlagfeuchte $u= 14 \%$ (Kap. 6).....	144
7.1.4	Ergebnisse aus den nachträglichen Spalt- versuchen mit Einschlagfeuchte $u= 10 \%$ (Kap. 6).....	144
7.2	Zusammenfassende Empfehlung.....	145
8	Zusammenfassung .....	146
9	Anhang.....	149
	- Kraft-Weg Diagramme für alle Versuche	
	- Fotodokumentation der Versuche	