

ISBN 978-3-7643-5195-3

ISBN 978-3-0348-5732-1 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-0348-5732-1

KEYWORDS: **HOLZFORSCHUNG; SCHWEIZER FICHTENKANTHOLZ;
ULTRASCHALLSORTIERUNG; BIEGEVERSUCHE; ZUGVERSUCHE; DRUCKVERSUCHE**

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Uebersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechts.

© Springer Basel AG 1995

Ursprünglich erschienen bei Birkhäuser Verlag Basel 1995

Gedruckt auf säurefreiem Papier

9 8 7 6 5 4 3 2 1

Biege-, Zug- und Druckversuche an Schweizer Fichtenholz

René Steiger

Institut für Baustatik und Konstruktion (IBK)
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH)

Zürich
Februar 1995

Vorwort

Der vorliegende Bericht ist der zweite einer Reihe von Publikationen zum Problemkreis "Mechanische Eigenschaften von Schweizer Fichtenholz". Bereits erschienen ist ein Bericht zur Entwicklung einer Einspannvorrichtung für Zugversuche an Holzproben grösseren Querschnitts (IBK Bericht Nr. 204, April 1994). Der nun vorliegende Versuchsbericht beschreibt umfangreiche Biege-, Zug- und Druckversuche an Kanthölzern mit baupraktischen Abmessungen. Die Versuche geben einen repräsentativen Überblick über die mechanischen Eigenschaften von Schweizer Fichtenholz und dienen als Standortbestimmung zur Einordnung dieser Hölzer in die neuen Europäischen Festigkeitsklassen. Alle Kanthölzer wurden vor der zerstörenden mechanischen Prüfung zerstörungsfrei mit Ultraschall untersucht. Die Resultate können somit auch zur Validierung der Ultraschallmessung als Kriterium für die Prognose der Holzsteifigkeit und -festigkeit benutzt werden.

Die Arbeiten zum Thema "Mechanische Eigenschaften von Schweizer Fichtenholz" gehen zurück auf das Nationale Forschungsprogramm NFP 12 "Holz, erneuerbare Rohstoff- und Energiequelle". Dass es zu diesen für den Holzbau bedeutenden Untersuchungen kam, ist das Verdienst von Kollege Prof. E. Gehri, der die Problematik aufgriff, Herrn Steiger mit der Projektleitung und Durchführung beauftragte und ihn während den umfangreichen Untersuchungen betreute.

Herr Steiger war für die Entwicklung und den Aufbau der Prüfeinrichtungen, die Versuchsplanung und -durchführung sowie für die Datenaufbereitung und statistische Auswertung der Versuchsergebnisse und die Redaktion des Versuchsberichtes verantwortlich. Unterstützt wurde Herr Steiger durch die Herren H.P. Arm (EDV-Programme zur Datenerfassung, Messtechnik), P. Hefti (Prüfeinrichtungen) und M. Schläfli (Mithilfe bei der tabellarischen und graphischen Darstellung der Daten sowie beim Schreiben des Versuchsberichtes). Herr Steiger wird die Ergebnisse einer kürzlich abgeschlossenen zusätzlichen Versuchsreihe zum Thema Biegemoment-Normalkraft-Interaktion an Kantholz-Querschnitten im Rahmen einer weiteren IBK-Publikation veröffentlichen.

Zürich, Januar 1995

Prof Dr. M. Fontana

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Schweizer Holzbaunorm SIA 164 und EURONORM ENV 1995-1-1	1
1.2 Holzsortierung	1
1.3 Zielsetzung der Versuche	2
1.4 Vorgehen	3
1.4.1 Übersicht über die durchgeführten Versuche	3
1.4.2 Versuchsablauf	4
2. Grundlagen	5
2.1 Festigkeitsklassen für Bauholz und wichtige Kennwerte	5
2.1.1 Schweizer Holzbaunorm SIA 164	5
2.1.2 Deutsche Norm DIN 1052	6
2.1.3 EURONORM ENV 338	7
2.1.4 Theoretische Zuordnung der Festigkeitsklassen von SIA 164 und ENV 338	9
2.2 Messverfahren	10
2.2.1 Messung der Holzfeuchte / Konditionierung	10
2.2.2 Bestimmung der Feucht- und Darrdichte	12
2.2.3 Festigkeitssortierung mittels Ultraschall	12
2.3 Prüfbestimmungen aus der EURONORM ENV 408	17
2.3.1 Bestimmung von Biege-E-Modul und Biegefestigkeit	17
2.3.2 Bestimmung von Zug-E-Modul und Zugfestigkeit in Faserrichtung	18
2.3.3 Bestimmung von Druck-E-Modul und Druckfestigkeit in Faserrichtung	20
2.4 Bestimmung der Materialkennwerte nach EURONORM ENV 384	21
2.4.1 Ausreichend grosse Stichproben und Stichprobenanzahlen	21
2.4.2 Kleine Stichproben	22

2.4.3	Einfluss der Stichprobenzahl, des Probenumfangs und der Sortierart	22
2.4.4	Einfluss der Holzfeuchte und der Belastungsdauer	23
2.4.5	Einfluss der Temperatur	23
2.4.6	Einfluss der Probenabmessungen und der Prüflänge	23
2.4.7	Überprüfung der mechanischen Eigenschaften einer Stichprobe	24
2.5	Statistik	25
2.5.1	Beschreibung von Baustoffeigenschaften	26
2.5.2	Empirische und mathematische Verteilungen	27
2.5.3	Stichprobengrösse und Vertrauensintervall	28
2.5.4	Darstellung von Versuchsreihen im Wahrscheinlichkeitspapier	29
2.5.5	Kennwerte der Normalverteilung	29
2.5.6	Kennwerte der (2-parametrig) Log-Normalverteilung	31
2.5.7	Überprüfen von Voraussetzungen	33
2.5.8	Einfache Anpassungstests	35
2.5.9	KOLMOGOROV-SMIRNOV-Anpassungstest	35
2.5.10	Parameterschätzung für normalverteilte Grundgesamtheiten	38
2.5.11	Parameterschätzung für log-normalverteilte Grundgesamtheiten	39
3.	Biegeversuche	40
3.1	NFP 12-Versuche an Kanthölzern 8/16 und 10/16: Oktober 89 - Juni 90	40
3.1.1	Ultraschall-Sortierung im frisch eingeschnittenen Zustand	40
3.1.2	Ultraschall-Sortierung im konditionierten Zustand	41
3.1.3	Versuchsablauf	42
3.1.4	Statisches System und Belastung	43
3.1.5	Bestimmung des Biege-Elastizitätsmoduls	44
3.1.6	Messgeräte	48
3.1.7	Graphische Darstellung der Versuchsergebnisse	48
3.1.8	Statistische Kennwerte der Versuchsdaten	51
3.2	Ergänzungsuntersuchungen an Kanthölzern des QS 6/12: März 91	53
3.2.1	Eigenschaften des Versuchsmaterials	53
3.2.2	Versuchsablauf	54
3.2.3	Statisches System und Belastung	54
3.2.4	Bestimmung des Biege-Elastizitätsmoduls	54
3.2.5	Messgeräte	54
3.2.6	Graphische Darstellung der Versuchsergebnisse	55
3.2.7	Statistische Kennwerte der Versuchsdaten	57

3.3	Ergänzungsuntersuchungen an Kanthölzern des QS 8/16: Juni 92	59
3.3.1	Eigenschaften des Versuchsmaterials	59
3.3.2	Versuchsablauf	60
3.3.3	Statisches System und Belastung	60
3.3.4	Bestimmung des Biege-Elastizitätsmoduls	60
3.3.5	Messgeräte	60
3.3.6	Graphische Darstellung der Versuchsergebnisse	61
3.3.7	Statistische Kennwerte der Versuchsdaten	63
3.4	Versuche zur Biegemoment-Normalkraft-Interaktion: August 1993	65
3.4.1	Ultraschall-Sortierung im frisch eingeschnittenen Zustand	66
3.4.2	Ultraschall-Sortierung im konditionierten Zustand	66
3.4.3	Versuchsablauf	66
3.4.4	Statisches System und Belastung	68
3.4.5	Bestimmung des Biege-Elastizitätsmoduls	69
3.4.6	Messgeräte	70
3.4.7	Graphische Darstellung der Versuchsergebnisse	70
3.4.8	Statistische Kennwerte der Versuchsdaten	73
3.5	Typische Bruchbilder	79
4.	Zugversuche	81
4.1	Zielsetzungen	81
4.2	Einspannvorrichtung für Zugversuche an Proben in Bauteilgröße	81
4.3	Zugversuche an Kanthölzern	82
4.3.1	Eigenschaften des Versuchsmaterials	83
4.3.2	Versuchsablauf	85
4.3.3	Statisches System und Belastung	85
4.3.4	Messgeräte	87
4.3.5	Bestimmung des Zug-Elastizitätsmoduls	87
4.3.6	Graphische Darstellung der Versuchsergebnisse	87
4.3.7	Statistische Kennwerte der Versuchsdaten	99
4.4	Zugversuche an Brettern	109
4.4.1	Eigenschaften des Versuchsmaterials	109
4.4.2	Versuchsablauf	111
4.4.3	Statisches System und Belastung	111

4.4.4	Messgeräte	112
4.4.5	Bestimmung des Zug-Elastizitätsmoduls	112
4.4.6	Graphische Darstellung der Versuchsergebnisse	112
4.4.7	Statistische Kennwerte der Versuchsdaten	126
4.5	Typische Bruchbilder	136
5.	Druckversuche	139
5.1	Zielsetzungen	139
5.2	Versuchseinrichtung für Druckversuche an Stäben	139
5.3	Druckversuche an Stäben	141
5.3.1	Eigenschaften des Versuchsmaterials	141
5.3.2	Versuchsablauf	144
5.3.3	Statisches System und Belastung	144
5.3.4	Messgeräte	146
5.3.5	Bestimmung des Druck-Elastizitätsmoduls	146
5.3.6	Graphische Darstellung der Versuchsergebnisse	147
5.3.7	Statistische Kennwerte der Versuchsdaten	157
5.3.8	Typische Bruchbilder	166
5.4	Druckversuche an Prismen	167
5.4.1	Versuchsablauf	167
5.4.2	Messgeräte	168
5.4.3	Graphische Darstellung der Versuchsergebnisse	168
5.4.4	Statistische Kennwerte der Versuchsdaten	175
5.5	Druckversuche an DIN-Kleinproben	182
5.5.1	Versuchsablauf	182
5.5.2	Messgeräte	182
5.5.3	Graphische Darstellung der Versuchsergebnisse	183
5.5.4	Statistische Kennwerte der Versuchsdaten	189

Bezeichnungen und Abkürzungen	194
Literaturverzeichnis	202
Zusammenfassung	211
Résumé	212
Summary	213
Anhang	214
Anhang 1: Bestimmung des Biege-E-Moduls	214
A.1.1 Weg bzw. Neigungs-Differenzmessung axial zw. den Lasteinleitungspunkten	214
A.1.2 FE-Modell zur Erfassung des Einflusses der Lasteinleitung	215
Anhang 2: Biegeversuchsdaten	219
A.2.1 Biegeversuche NFP 12	219
A.2.2 Biegeversuche QS 6/12	233
A.2.3 Biegeversuche QS 8/16	234
A.2.4 Biegeversuche M/N-Interaktion QS 8/16	235
Anhang 3: Bestimmung des axialen E-Moduls im Zug- bzw. Druckversuch	237
A.3.1 Anwendung des HOOKE'schen Gesetzes	237
Anhang 4: Zugversuche an Kanthölzern	238
A.4.1 Zugversuche QS 8/8	238
A.4.2 Zugversuche QS 8/12	239
A.4.3 Zugversuche QS 8/18	240
A.4.4 Zugversuche QS 6/18	241
A.4.5 Zugversuche M/N-Interaktion: QS 8/16	242
Anhang 5: Zugversuche an Brettern	244
A.5.1 Zugversuche QS 1/18	244
A.5.2 Zugversuche QS 2/18	244
A.5.3 Zugversuche QS 3/18	245
A.5.4 Zugversuche QS 4/18	246
A.5.5 Zugversuche QS 3/15	247

Anhang 6: Druckversuche an Stäben	248
A.6.1 Druckversuche QS 6/12	248
A.6.2 Druckversuche QS 10/16	249
A.6.3 Druckversuche QS 14/24	250
A.6.4 Druckversuche M/N-Interaktion: QS 8/16	251
Anhang 7: Druckversuche an Prismen	253
A.7.1 Druckversuche QS 6/12	253
A.7.2 Druckversuche QS 10/16	255
A.7.3 Druckversuche QS 14/24	256
Anhang 8: Druckversuche an Kleinproben gemäss DIN 52185	258
A.8.1 Probekörper aus den Prismen 37.2, 45.2 und 47.2 (QS 14/24)	258
A.8.2 Probekörper zufällig ausgewählt	259
Anhang 9: Ablaufdiagramme zur Datenerfassung	260
A.9.1 Biegeversuche mit Ermittlung der Bruchlast	260
A.9.2 Proof Loading NFP 12	261
A.9.3 Zug- und Druckversuche an Stäben	262
A.9.4 Druckversuche an Prismen und DIN-Proben	263