

# Prüfbericht

**Nr. 31 / 22 / 4585 / 01**

2 Ausfertigungen

Auftraggeber (AG):	Holzhandel Gross e.K. Kapellenweg 3 77709 Oberwolfach
Auftragsinhalt:	Untersuchung von holztechnologischen Kennwerten an Buchenholzbohlen
Auftrag vom:	28.12.2021
Auftrag eingegangen:	28.12.2021
Probenmaterial:	4 Bohlenabschnitte aus Buchenholz 5 Bohlenabschnitte aus „Eis-Buchenholz“
Probenahme:	durch Auftraggeber
Probeneingang:	06.01.2022
Bearbeiter:	Dr. K.-D. Dewitz, Dipl.-Ing. R. Kielczewski, M. Lindt, TA F. Rosenau
Bearbeitung:	01 bis 03/2022

Der Prüfbericht umfasst insgesamt 23 Seiten (Textteil 6 Seiten mit 3 Tabellen, Anlage 7 Seiten mit 13 Grafiken sowie Fotodokumentation 10 Seiten mit 22 Bildern).

Er bezieht sich ausschließlich auf das zur Prüfung vorgelegte Material. Das Probenmaterial bzw. Restmaterialien werden aufbewahrt bis 03/2023.

Veröffentlichungen von Prüfberichten, auch auszugsweise, Hinweise auf Prüfungen zu Werbezwecken und die Verarbeitung von Berichtsinhalten bedürfen in jedem Einzelfalle der widerruflichen schriftlichen Einwilligung der MPA Eberswalde.

Prüfberichte bleiben bis zur vollständigen Bezahlung Eigentum der MPA Eberswalde.

## 1. Beschreibung des Auftrages und des Probenmaterials

Durch den Auftraggeber wird sogenanntes „Eis-Buchenholz“ hergestellt. Um dessen Verwendbarkeit für den Treppenbau bewerten zu können, sollten Festigkeitskennwerte des Eis-Buchenholzes ermittelt und mit denen des als Ausgangsmaterial eingesetzten nativen Buchenholzes verglichen werden.

Dazu erforderliche Probematerialien wurden der MPA Eberswalde am 06.01.2022 durch den Auftraggeber zugeschickt:

- 4 Buchenabschnitte: Dicke ca. 45 mm, unbesäumt, nicht gehobelt, geschüsselt,
- 5 Eis-Buchenabschnitte: Dicke ca. 40 mm bis 50 mm, besäumt, gehobelt,
- Länge der Probenabschnitte  $\geq$  600 mm.

Weitere Informationen zu den Probeabschnitten sind in Tabelle 1 enthalten und aus der Fotodokumentation zu entnehmen, Bilder 1 bis 11.

**Tabelle 1: Probenmaterial**

Probenart	Bohlenabschnitt	Breite des Probenabschnittes [mm]	Anzahl PK
Buche nativ	1.1	320 - 350	8
	1.2	330 - 350	9
	1.3	300 - 335	8
	1.4	300 - 370	8
Eis-Buche	2.1	340 - 400	10
	2.2	250	7
	2.3	170	5
	2.4	165	4
	2.5	165	5

Folgende Eigenschaften waren zu prüfen:

- Rohdichte gemäß DIN 52182,
- Feuchte gemäß DIN 52183,
- Eigenschaften bei Biegung (Biegefestigkeit, Biege-E-Modul),  
in Anlehnung an DIN 52186,
- Eigenschaften bei Druck in Faserrichtung (Druckfestigkeit, Druck-E-Modul),  
in Anlehnung an DIN 52185.

Die Kennwerte waren auftragsgemäß im klimatisierten Zustand des Holzes zu bestimmen. Eine kantenparallele Ausrichtung der Querschnitte der Biegestäbe sollte nicht erfolgen. Somit wurde die Biégelast dem Praxisfall entsprechend in unterschiedlicher Weise zum Jahrringverlauf aufgebracht.

## **2. Vorbereitung der Prüfkörper und Durchführung der Prüfungen**

Die Probeabschnitte wurden vermessen und visuell begutachtet. Anschließend erfolgte eine Klimatisierung im Normklima 20 °C / 65 % rel. Luftfeuchte bis zur Massekonstanz.

Die Ausfertigung der Prüfkörper erfolgte am 27.01.2022. Dazu wurden die Bohlenabschnitte zunächst auf eine Dicke von 30 mm kalibriert und oberhalb der Markröhre faserparallel aufgeschnitten (Bilder 1 und 6: schwarze Kennzeichnung an den Hirnseiten, Bilder 2 bis 5 und 7 bis 11: Kennzeichnung „0“ auf Abschnittsfläche). Danach wurden ausgehend von diesem Trennschnitt Leisten von 30 mm Breite eingeschnitten, Breite des Sägeschnittes 3,4 mm, Bilder 12 bis 20. Die Leisten wurden in aufsteigender Folge mit einer Zahl sowie „L = links“ bzw. „R = rechts“ bezeichnet, Bilder 13 und 15. Somit ist die Lage der Prüfkörper im Probeabschnitt eindeutig reproduzierbar. Auf diese Weise konnten aus den Abschnitten der nativen Buche 33 Leisten und aus den Abschnitten der Eis-Buche 31 Leisten mit Querschnitten 30 mm x 30 mm ausgefertigt werden. Die Anordnung der Prüfleisten innerhalb des Probenquerschnittes ist in den Bildern 21 und 22 gezeigt.

Bei der Ausfertigung der Prüfleisten erfolgte somit keine Ausrichtung der Seitenflächen hinsichtlich des Jahrringverlaufes. Diese Abweichung von der Normvorgabe der DIN 52186 erfolgte, um alle Biegestäbe entsprechend ihrer Lage im Querschnitt in der gleichen Richtung zu belasten. Für die Ermittlung der Druckeigenschaften in Faserrichtung ist die Ausrichtung der Seitenflächen der Druckprüfkörper nicht wesentlich.

Aus den Prüfleisten wurden dann zunächst Biegeproben mit einer Länge von 500 mm hergestellt, welche keine Inhomogenitäten (Äste, Risse, andere Holzfehler) aufweisen sollten. Sofern solche nicht zu vermeiden waren, sollten diese nur im Bereich der späteren Auflager vorhanden sein.

Zur Untersuchung der Eigenschaften bei Druck in Faserrichtung wurden aus den Reststücken der Prüfleisten entsprechend Normempfehlung der DIN 52185 Prüfkörper mit  $h = 1,5 a = 60$  mm und Querschnitten von 30 mm x 30 mm ausgefertigt. Somit waren für die Untersuchungen aus allen Probenleisten Prüfkörper für Biegung und Druck vorhanden. Allerdings wies die Leiste 2.1.2 R einen langen Riss und einen nahezu mittigen Ast auf, so dass an dieser weder eine normkonforme Biege- noch eine Druckprüfung erfolgen konnten, Bilder 7, 16 und 22. Der Druckprüfkörper aus der Leiste 2.2.1 R war infolge eines Risses ebenfalls nicht verwendbar, Bilder 8 und 22.

Die Ermittlung der Rohdichte der Holzproben erfolgte gemäß DIN 52182 an allen für die Festigkeitsuntersuchungen zugeschnittenen Prüfkörpern durch Wägung und Bestimmung der Abmessungen im klimatisierten Zustand. Die Ermittlung von Masse und Maßen der Prüfkörper erfolgte zum Zeitpunkt der Prüfung.

Die Festigkeitsprüfungen wurden mittels einer 100 kN-Prüfmaschine (TiraTest 2300, Klasse 1) durchgeführt. Die Jochgeschwindigkeit betrug bei den Biegeprüfungen 15 mm/min, bei den Druckprüfungen 2 mm/min.

Die Prüfung der Biegeeigenschaften erfolgte im Drei-Punkt-Versuch mit einer Stützweite von  $s = 15 d = 450$  mm.

Zur Ermittlung der Druckeigenschaften in Faserrichtung wurden die Prüfkörper über die Hirnflächen belastet.

Unmittelbar nach den Festigkeitsprüfungen wurden alle Prüfkörper nochmals gewogen und zur Bestimmung der Holzfeuchte zum Zeitpunkt der Prüfung gemäß DIN 52183 im Trockenschrank bei 103 °C  $\pm$  3 K bis zur Massekonstanz getrocknet.

- Die Messergebnisse wurden statistisch ausgewertet und die Korrelationen zwischen den untersuchten Kennwerten sowie die Verteilungen von Dichte und Festigkeiten über die Probenquerschnitte grafisch dargestellt, Tabelle 2 und Grafiken 1 bis 13.

Die Ergebnisse an den Prüfkörpern des Eis-Buchen-Abschnittes 2.2 wurden bei der statistischen Auswertung nicht berücksichtigt, weil dieser Abschnitt einen hohen „Weissanteil“ enthielt und nach Aussagen des Auftraggebers solches Holz nicht ausgeliefert wird, E-Mail Gross vom 23.02. und 26.02.2022. (Die Prüfergebnisse der Rohdichte und der Biegeeigenschaften sind gegenüber denen aus den anderen Bohlenabschnitten deutlich geringer, s. Grafiken 1 bis 3, 6, 7 und 10.)

### 3. Ergebnisse der Prüfungen

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind zusammenfassend in Tabelle 2 und den Grafiken 1 bis 13 angegeben. Zur Bewertung der ermittelten Materialkennwerte sind in Tabelle 3 Vergleichswerte aus der Fachliteratur angegeben.

Die Einzelergebnisse von Rohdichte sowie Biege- und Druckeigenschaften, die Verteilung innerhalb der Probenquerschnitte sowie deren Korrelationen untereinander sind in den Grafiken 1 bis 13 dargestellt.

**Tabelle 2: Prüfergebnisse**

Probenart	Bohlenabschnitt	$\rho_{\text{Klim,B}}$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\rho_{\text{Klim,D}}$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_B$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$E_B$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_D$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$E_D$ [N/mm <sup>2</sup> ]
<b>Buche nativ</b>	<b>1.1</b>	741	756	117	13839	53	2831
	<b>1.2</b>	714	708	108	12932	54	2784
	<b>1.3</b>	735	724	117	13982	54	2826
	<b>1.4</b>	757	770	111	13392	51	2674
<b>Eis-Buche</b>	<b>2.1</b>	686	699	94	11797	62	2888
	<b>2.3</b>	682	689	96	12010	53	2787
	<b>2.4</b>	678	681	94	13056	57	2824
	<b>2.5</b>	660	676	86	12678	58	2930
<b>Buche nativ</b>	<b>Mittelwerte</b>	<b>737</b>	<b>740</b>	<b>113</b>	<b>13536</b>	<b>53</b>	<b>2779</b>
<b>Eis-Buche</b>		<b>677</b>	<b>686</b>	<b>93</b>	<b>12385</b>	<b>58</b>	<b>2857</b>
<b>Eis-Buche / Buche nativ</b>	<b>Verhältnis [%]</b>	<b>92</b>	<b>93</b>	<b>82</b>	<b>91</b>	<b>108</b>	<b>103</b>

Tabelle 3: Kennwerte von Buchenholz und Eichenholz sowie Prüfergebnisse

Holzart, Quelle	Zustand	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Biegefestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]	Biege-E-Modul [N/mm <sup>2</sup> ]	Druckfestigkeit in Faserrichtung [N/mm <sup>2</sup> ]
<b>Rotbuche (<i>Fagus sylvatica</i>)</b>					
Sell	klimatisiert, u = 12 % .. 15 %	700 .. 790	90 .. 125	12300 .. 16400	52 .. 64
Kollmann	klimatisiert, u = 12 %	540 .. 720 .. 910	74 .. 123 .. 210	10000 .. 16000 .. 18000	41 .. 62 .. 99
HRW, HT	klimatisiert, u = 12 %	540 .. 720 .. 910	74 .. 123 .. 210	10000 .. 16000 .. 18000	41 .. 62 .. 99
DIN 68364	klimatisiert 20/65, u = 12 %	710	120	14000	60
Prüfkörper aus Buchenholz Eis-Buche	klimatisiert 20/65, u = 10 % bis 12 % u = 11 % bis 13 %	714 .. 738 .. 770 660 .. 682 .. 699	108 .. 113 .. 117 86 .. 93 .. 96	12932 .. 13536 .. 13982 11797 .. 12385 .. 13056	51 .. 53 .. 54 53 .. 58 .. 62
<b>Eiche (<i>Quercus robur</i>)</b>					
Sell	klimatisiert, u = 12 % .. 15 %	650 .. 760	86 .. 108	10500 .. 14500	52 .. 64
Kollmann	klimatisiert, u = 12 %	430 .. 690 .. 960	74 .. 88 .. 105	10000 .. 11700 .. 13200	54 .. 61 .. 67
HRW, HT	klimatisiert, u = 12 %	390 .. 650 .. 930	76 .. 99 .. 110	9600 .. 12400 .. 13500	51 .. 63 .. 69
DIN 68364	klimatisiert 20/65, u = 12 %	710	95	13000	52
Auftraggeber (Lexikon, DIN 68368)	klimatisiert 20/65, u = 12 %	650 .. 800 770	60 .. 120	10200 .. 15700	42 .. 64

Tabelle 3: Kennwerte von Buchenholz und Eichenholz sowie Prüfergebnisse

Zur Bewertung der ermittelten Materialkennwerte sind in Tabelle 3 Vergleichswerte aus der Fachliteratur angegeben:

SELL: Eigenschaften und Kenngrößen von Holzarten; Baufachverlag Zürich 1989

KOLLMANN: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, Bd. 1, 1951, Tafel V

HRW: Holz als Roh- und Werkstoff, Holzeigenschaftstabellen

HT: Holztechnologie, Holzeigenschaftstabellen

DIN 68364:2003 "Kennwerte von Holzarten – Rohdichte, Elastizitätsmodul und Festigkeiten"

- Dichte und Biege-E-Modul nehmen zur Mitte der Abschnitte hin zu, Grafiken 1 und 3. Die Dichte der im Probenabschnitt äußeren Prüfkörper ist geringer, da diese nahe des Stammmantels liegen. Die mittleren Prüfkörper sind dem Stammkern näher. Der Biege-E-Modul nimmt mit der Dichte zur Abschnittsmitte hin zu, Grafik 7. Die Biegefestigkeit zeigt dagegen keine Korrelation mit der Lage des Prüfkörpers im Probenabschnitt, Grafik 2, obwohl Biegefestigkeit und Biege-E-Modul die für Holz übliche Korrelation zur Rohdichte aufweisen, Grafiken 6 und 7. Grund für die nicht wie die Dichte zur Abschnittsmitte hin steigende Biegefestigkeit ist der dort zum Lasteintrag liegende Jahrringverlauf (äußere Prüfkörper schräger Jahrringverlauf, mittlere Prüfkörper liegende Jahrringe, Bilder 1, 6, 21 und 22).

Da Biegefestigkeit und Biege-E-Modul die für Holz übliche Korrelation zur Rohdichte aufweisen zeigen auch Biegefestigkeit und Biege-E-Modul eine Korrelation miteinander, Grafik 10. Auch für Druckfestigkeit und Druck-E-Modul gilt dies, Grafik 11.

Im Vergleich mit in der Fachliteratur für Rotbuchenholz angegebenen Werten liegen die an den Probeabschnitten ermittelten Prüfergebnisse im unteren bis mittleren Bereich. Die ermittelten Kennwerte entsprechen in der Fachliteratur für Eichenholz angegebenen Werten. Hinsichtlich der Verwendung der Hölzer der untersuchten Probenabschnitte können diese somit in gleicher Weise wie die zum Vergleich herangezogenen Holzarten Rotbuche und Eiche eingesetzt werden.

#### Hinweise:

Die von der MPA Eberswalde ermittelten Dichte- und Festigkeitskennwerte sind Prüfwerte nach Prüfverfahren an kleinen fehlerfreien Proben. Obwohl die Prüfergebnisse statistisch ausgewertet wurden, können die Aussagen nicht als statistisch gesichert angesehen werden, da die Untersuchungen nur an einer sehr geringen Anzahl von Proben erfolgten. Die Prüfergebnisse stellen keine Bemessungswerte dar.

Um für konstruktive Berechnungen erforderliche charakteristischen Werte als 95 %-Quantile ermitteln zu können, wäre eine Mindestanzahl von 40 Proben in Bauteilabmessungen erforderlich (Prüfungen nach DIN EN 408:2012 „Holzbauwerke - Bauholz für tragende Zwecke und Brettschichtholz - Bestimmung einiger physikalischer und mechanischer Eigenschaften“ an mittelgroßen Prüfkörpern und statistische Auswertung der Prüfergebnisse gemäß DIN EN 1058:2010 „Holzwerkstoffe - Bestimmung der charakteristischen 5-%-Quantilwerte und der charakteristischen Mittelwerte“, Auswahl des Probenkollektivs und die Probenahme gemäß DIN EN 384:2019 „Bauholz für tragende Zwecke - Bestimmung charakteristischer Werte für mechanische Eigenschaften und Rohdichte“, Klassifizierung der Festigkeit gemäß DIN EN 338:2016 „Bauholz für tragende Zwecke - Festigkeitsklassen“ sowie DIN EN 1912:2013 „Bauholz für tragende Zwecke - Festigkeitsklassen - Zuordnung von visuellen Sortierklassen und Holzarten“).

**MPA Eberswalde**  
**Materialprüfanstalt Brandenburg GmbH**  
- Holz und Holzschutz -

Eberswalde, den 10. März 2022

Leiter der Prüfeinrichtung  
(Dr. P. Schumacher)

verantwortl. Bearbeiter  
(Dr. K.-D. Dewitz)

**Anlagen:** 13 Grafiken und Fotodokumentation mit 22 Bildern