

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 35 (1884)

Artikel: Prüfung der Festigkeit und Elastizität der Bauhölzer
Autor: Landolt
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-763285>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Demnach wäre es vielleicht an der Zeit, eine bessere Orientierung zu haben.

Ich meinerseits will keineswegs bestimmte Weisungen an dieser Stelle ergehen lassen und im Einzelnen Normen aufstellen.

Es geht das über die Aufgabe des Einzelnen hinaus und ist Sache gegenseitiger Uebereinkunft.

Es wäre aber wünschbar, dass möglichst viele Fachgenossen in dieser Frage Stellung nehmen. Allzuschwer dürfte es nicht fallen, eine Einigung über die in angewandten Gebieten zu verwendende Nomenklatur zu erzielen.

Den deutschen Fachgenossen möchten wir namentlich empfehlen, einer Einigung in diesem Sinne Vorschub zu leisten.

Prüfung der Festigkeit und Elastizität der Bauhölzer.

Die Fachexperten der Gruppe 18 (Baumaterialien) der schweizerischen Landesausstellung, an deren Spitze Herr Forstmeister Meister im Sihlwald stand, wünschten in der Ausstellung der Baumaterialien nicht nur die natürlichen und künstlichen Bausteine, hydraulischen Bindemittel etc., sondern auch die Bauhölzer zur Anschauung zu bringen und zwar wie jene, mit Angabe ihrer Elastizitäts- und Festigkeitsverhältnisse. Sie traten daher mit Herrn Professor Tetmajer, Vorstand der eidg. Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien, der die Lösung dieser Aufgabe schon früher angeregt hatte, in Unterhandlung. Aus den diessfälligen Verhandlungen, bei denen auch andere Techniker mitwirkten, ging ein Reglement für die Prüfung der schweizerischen Bauhölzer hervor, dem wir folgende, die Auswahl des Holzes betreffende Bestimmungen entnehmen:

§ 2. Zur Prüfung gelangen: die Fichte, Weisstanne, Föhre, Lärche und Eiche.

§ 3. Zur Erforschung des Einflusses klimatischer und geognostischer Verhältnisse des Standorts sind die Versuche auszudehnen: Auf Nord- und Südhänge, auf Höhenlagen von unter und über 1300 *m* und auf Molasse-, Kalk-, Thonschiefer- und Granit-, resp. Gneisböden. Von Fichte und Weisstannen sind jeweilen Versuchs-

stücke sowohl von südlichen wie nördlichen Lagen einzusenden. Die zu prüfenden Holzsorten sind im Monat Dezember 1882 aus geschlossenen 80—100jährigen Beständen zu entnehmen und sofort nach der Fällung und Zurichtung, in Kisten verpackt, bis spätestens den 15. Januar an die Forstverwaltung der Stadt Zürich abzuliefern.

§ 5. Sämtliche Versuche sind aus der Stammmitte, d. h. der halben Höhe bis zur Krone gerechnet, zu entnehmen; sie sollen von normaler Qualität und möglichst vollkommen appetirt und genau bezeichnet zum Versandt gebracht werden. Die Bezeichnung muss enthalten: den Namen der Holzart, die Angabe des Alters und der Schlagzeit, den Standort, die Bezeichnung des Bodens und die Firma des Ausstellers.

§ 7. Die *Zugfestigkeit* soll an prismatischen Stücken von 4 cm Dicke, 10 cm Breite und 50 cm Länge erhoben werden. Aus jedem zu prüfenden Stamme ist ein Stück aus dem Zentrum und je ein Stück im Abstand von 10 cm vom Mittelstück herauszuschneiden.

§ 8. Zur Ermittlung der Druckfestigkeit sind von sämtlichen Holzsorten zwei Würfel von 10 cm Kantenlänge vom reifen Holz zu beiden Seiten des Marks und einer aus der Stammmitte, ferner 4 prismatische Stäbe von $\frac{10}{10}$ cm Querschnitt und je einer Länge von 50, 100, 150 und 200 cm zu liefern. Die letzten Stücke sind, wie die Würfel, vom reifen Holz seitlich des Markes herauszuarbeiten. Alle diese Stücke sind an dem gleichen Stamme auszuschnitten und zwar unterhalb und oberhalb der im § 7 bezeichneten Versuchsstücke.

§ 9. Für die Ermittlung der Biegezugfestigkeit sind von jeder Holzart drei prismatische Versuchsstücke quadratischen Querschnitts von 10 cm Seitenlänge und 160 cm Prismenlänge einzusenden. Fragliche Versuchsobjekte sind aus den gleichen Partien des Stammes wie die ersten im § 8 bezeichneten zu entnehmen.

§ 10. Für Ausstellungszwecke ist von jedem Stamm ein scheibenförmiger Querschnitt von 4 cm Dicke mit Rinde und einer sauber abgehobelten Seite zu liefern.

Das nach dieser Instruktion verlangte Untersuchungsmaterial wurde in höchst verdankenswerther Weise von den Forstverwaltungen der Kantone Aargau, Bern, Graubünden, St. Gallen und der Stadt Zürich geliefert.

Es bestand aus

- 9 Serien Weisstannen, wovon 6 unter und 3 über 1300 *m* Meereshöhe ;
- 11 „ Rothtannen, wovon 6 unter und 5 über 1300 *m* Meereshöhe ;
- 2 „ Föhren von unter 1300 *m* Meereshöhe ;
- 5 „ Lärchen, wovon 2 unter und 3 über 1300 *m* Meereshöhe ;
- 2 „ Eichen, gewachsen, unter 1300 *m* Meereshöhe ;
- 1 „ Buchen, „ „ „ „ „

Als das Material da war, tauchte die schwierige Frage auf: Wer soll die Kosten der Untersuchung zahlen? Herr Tetmajer veranschlagte dieselben bei Anrechnung der halben Normaltaxe auf rund 1500 Fr. Einem von der Konferenz der Forstschule an das Handels- und Landwirthschaftsdepartement, Abtheilung Forstwesen gerichteten Gesuch, um Uebernahme dieser Kosten, hat dasselbe unter der Bedingung gütigst entsprochen, dass das Originalprotokoll über die Ausführung der Versuche und ein Theil des Untersuchungsmaterials der Forstschule übergeben werde.

Die Versuche erstreckten sich auf die Zugfestigkeit, die Druckfestigkeit, die Knickungsfestigkeit, die Scheerfestigkeit, die Biegungsfestigkeit, die scheinbare Dichte und den Feuchtigkeitsgrad. Im Ganzen wurden 660 Versuche gemacht. Zur Anstellung der Versuche diente die Werder'sche Universalfestigkeitsmaschine, ausgerüstet mit den Bauschinger'schen Messwerkzeugen.

Die Zugfestigkeit wurde an 52 *cm* langen und 7 *cm* breiten Stäben ermittelt, die in der Mitte auf eine Länge von 6—6,5 *cm* so verjüngt waren, dass der Querschnitt nur 3—4 *cm* breit und 0,5—0,7 *cm* dick war. Für die Druckproben dienten Würfel von 10 *cm* Kantenlänge und für die Knickungsproben Prismen von $\frac{10}{10}$ *cm* Stärke und 50 *cm* Länge. Zur Prüfung der Scheerfestigkeit verwendete man Scheiben von 10 × 10 *cm* Querschnitt und 4,5—5,5 *cm* Dicke, zur Feststellung der Biegungsfestigkeit wurden 150 *cm* lange Prismen mit einem Querschnitt von 10 und 10 *cm* benutzt.

Aus dem Diagramm der Biegungsfestigkeit leitete Tetmajer die Arbeitskapazität der Biegungsfestigkeit ab, die er als den besten Massstab für die Beurtheilung der Werthverhältnisse der Bauhölzer betrachtet, weil sie neben der Festigkeit des Holzes auch die Zähigkeit desselben repräsentirt. Das Diagramm, dessen Flächeninhalt die Arbeitskapazität repräsentirt, erhält man, wenn man zum

jeweiligen Biegungspfeil als Abszisse die korrespondierende Belastung als Ordinate aufträgt und die so gefundenen Punkte durch eine kontinuierliche Linie mit einander verbindet.

In der nebenstehenden Tabelle sind die Resultate sämtlicher Versuche übersichtlich zusammengestellt, die fett gedruckten Ziffern repräsentieren die Durchschnittsergebnisse je einer Holzart und sind für den Bautechniker von besonderer Bedeutung; bei den übrigen sind die verschiedenen Standorte berücksichtigt, sie bieten daher in forstwirtschaftlicher Richtung Interesse.

In der Tabelle bezeichnet:

- ε den Elastizitätsmodul in tn pro cm^2 ,
- γ den Grenzmodul in tn pro cm^2 (speziell Tragkraft an der Elastizitätsgrenze),
- β den Festigkeitsmodul für Zug, Druck und Biegung; speziell
- β^c den Festigkeitsmodul für das Stammzentrum (Mittelstück),
- β^s denselben für seitliches Holz, beides in tn pro cm^2 ,
- β^m den mittleren Festigkeitsmodul,
- σ^c den Scheermodul für das Stammzentrum,
- σ^s den Scheermodul für seitliches Holz,
- σ^m den mittleren Scheermodul, ebenfalls in tn pro cm^2 ,
- α die spezifische Arbeit an der Elastizitätsgrenze,
- A die Deformationsarbeit beim Bruch in tn pro m^2 ,
- n den Feuchtigkeitsgehalt des Holzes in $\%$.

Die Zahlen dieser Tabelle berechtigen zu folgenden Schlüssen:

1. Das Holz in der Stammmitte ist — namentlich beim Nadelholz — wesentlich geringer als das reife Holz seitlich. Der Unterschied beträgt für Nadelholz im Durchschnitt 39 $\%$, bei Eichen und Buchen nur 3 $\%$.
2. Das Holz der Föhre besitzt die geringste Biegefestigkeit, setzt man dieselbe gleich 1, so beträgt diejenige der Weisstanne 1,19, der Rothtanne 1,26, der Lärche 1,66, der Eiche 1,97.
3. Das über 1300 m Meereshöhe gewachsene Weisstannenholz ist bedeutend geringer als das tiefer gewachsene, bei der Rothtanne dagegen ist das höher gewachsene besser. Die

General-Zusammenstellung.

Tabelle I.

Bezeichnung des Holz-Satzes	die Gegenstände	Anzahl Versuche	Zugfestigkeit									Druckfestigkeit						Scheerfestigkeit			Biegezugfestigkeit (Stamm-Mitte)					Biegezugfestigkeit (gebogen gegen die Stamm-Mitte)					Biegezugfestigkeit (gebogen von der Stamm-Mitte)					Mittlere Biegezugfestigkeit											
			ε			γ			α			β			β ₁			β ₂			β ₃			σ _r			σ _s			σ _m			ε			γ			β			A			n		
			ε	γ	α	β	β ₁	β ₂	β ₃	ε	γ	α	β	β ₁	β ₂	β ₃	σ _r	σ _s	σ _m	ε	γ	β	A	n	ε	γ	β	A	n	ε	γ	β	A	n	ε	γ	β	A	n								
Föhre	<i>General-Mittel:</i>	2	129.10	0.440 (7)	0.001036 (7)	0.930	0.314	0.924	0.720	118.80	0.146	0.0000893	0.228	0.293	0.247	0.246	0.061	0.060	0.061	77.22	0.192	0.285	2.83	18.7 (7)	87.14	0.162	0.284	3.72	21.6 (7)	92.92	0.209	0.458	3.56	22.6 (7)	85.62	0.189	0.409	3.37	20.9 (7)								
Weiss-tanne	<i>General-Mittel:</i>	9	113.31	—	—	0.661	0.365	0.644	0.533	100.19	0.115	0.0000703	0.282	0.279	0.285	0.283	0.061	0.063	0.063	78.78	0.198	0.411	3.47	11.0	88.03	0.220	0.442	3.59	14.5	88.81	0.255	0.462	4.05	15.0	85.54	0.224	0.439	4.00	14.5								
	gewachsen über 1300 m.	3	99.60	—	—	0.505	0.272	0.600	0.406	50.00	0.103	0.0000223	0.273	0.291	0.261	0.281	0.059	0.063	0.062	71.51	0.169	0.290	3.01	12.8	74.44	0.194	0.374	3.15	14.0	77.17	0.201	0.430	3.90	14.4	74.47	0.218	0.398	3.55	13.7								
	„ unter 1300 m.	6	117.88	0.291	0.000317	0.689	0.397	0.695	0.576	105.30	0.122	0.0000752	0.286	0.288	0.296	0.292	0.063	0.063	0.063	83.72	0.212	0.429	3.70	14.7	84.70	0.204	0.476	4.30	14.8	84.68	0.206	0.478	5.48	15.3	81.05	0.227	0.469	4.49	14.9								
	„ aufst. Gehg.	4	105.80	0.264	0.000357	0.611	0.454	0.668	0.564	105.10	0.121	0.0000768	0.275	0.294	0.292	0.293	0.066	0.061	0.063	81.88	0.204	0.469	4.23	15.3	85.38	0.240	0.468	4.27	16.2	84.75	0.218	0.481	5.05	16.1	83.99	0.221	0.474	4.72	15.9								
„ aufst. Gehg.	3	140.00	0.345	0.000325	0.723	0.377	0.628	0.544	99.80	0.111	0.0000639	0.295	0.273	0.296	0.289	0.057	0.068	0.063	63.29	0.174	0.345	2.69	12.9	82.79	0.197	0.438	3.57	13.0	85.77	0.238	0.430	3.77	14.2	77.26	0.205	0.405	3.14	13.4									
Roth-tanne	<i>General-Mittel:</i>	11	129.11	—	—	0.738	0.376	0.624	0.602	110.9	0.131	0.0000664	0.283	0.264	0.283	0.276	0.067	0.066	0.067	88.77	0.211	0.432	3.37	15.6	79.45	0.212	0.426	4.24	15.9	80.81	0.206	0.447	4.86	16.1	80.34	0.210	0.435	4.23	15.9								
	gewachsen über 1300 m.	5	113.40	—	—	0.607	0.407	0.596	0.533	99.4	0.128	0.0000828	0.250	0.265	0.266	0.266	0.071	0.065	0.067	86.29	0.235	0.461	4.39	14.9	88.86	0.215	0.409	3.10	15.9	86.17	0.223	0.433	4.42	16.3	85.14	0.224	0.434	4.84	15.7								
	„ unter 1300 m.	6	142.20	—	—	0.818	0.349	0.648	0.690	126.5	0.154	0.0000703	0.284	0.283	0.297	0.286	0.063	0.068	0.066	81.25	0.187	0.404	2.76	16.3	89.83	0.210	0.445	3.37	16.0	91.44	0.188	0.471	5.29	16.0	87.54	0.194	0.459	3.81	16.1								
	„ aufst. Gehg.	6	125.67	—	—	0.822	0.364	0.192	0.650	115.1	0.136	0.0000839	0.278	0.288	0.279	0.275	0.065	0.068	0.066	87.64	0.218	0.427	3.42	16.7	90.11	0.214	0.445	4.23	16.9	85.54	0.199	0.438	4.58	17.0	90.43	0.210	0.457	4.68	16.9								
„ aufst. Gehg.	3	145.50	0.239 (7)	0.000235 (7)	0.722	0.441	0.680	0.600	112.3	0.127	0.0000703	0.263	0.290	0.288	0.278	0.066	0.066	0.066	89.02	0.200	0.407	3.21	14.2	83.17	0.199	0.381	3.54	14.7	90.98	0.199	0.430	3.71	15.1	87.72	0.202	0.406	3.49	14.7									
Lärche	<i>General-Mittel:</i>	5	131.14	0.397	0.000580	0.964	0.337	0.896	0.710	114.45	0.122	0.0000664	0.312	0.278	0.342	0.321	0.070	0.074	0.072	96.58	0.189	0.469	4.45	16.8	111.89	0.203	0.543	5.54	19.4	112.26	0.225	0.690	6.81	17.1	104.91	0.206	0.534	5.60	17.8								
	gewachsen über 1300 m.	3	117.5	0.362	0.000489	0.897	0.375	0.792	0.613	117.70	0.117	0.0000589	0.305	0.304	0.333	0.324	0.075	0.072	0.071	101.22	0.211	0.513	4.38	16.3	110.34	0.214	0.547	4.89	17.5	109.32	0.229	0.571	6.07	16.2	106.89	0.218	0.546	5.11	16.7								
	„ unter 1300 m.	2	148.5	0.449	0.000716	1.084	0.290	1.142	0.855	109.60	0.130	0.0000776	0.223	0.238	0.356	0.316	0.071	0.077	0.074	74.81	0.167	0.361	4.38	17.8	—	—	—	—	116.97	0.219	0.606	7.50	18.3	85.79	0.183	0.508	6.25	18.0									
	„ aufst. Gehg.	2	119.6	0.383	0.000638	0.895	0.325	0.748	0.624	116.80	0.116	0.0000553	0.311	0.319	0.353	0.342	0.074	0.074	0.074	101.70	0.229	0.515	4.35	16.2	117.24	0.224	0.504	5.43	17.9	118.06	0.248	0.608	7.89	16.7	112.87	0.234	0.589	5.82	16.8								
„ aufst. Gehg.	2	148.5	0.487	0.000362	1.165	0.369	1.035	0.813	106.30	0.116	0.0000839	0.277	0.234	0.294	0.274	0.069	0.070	0.067	78.92	0.166	0.436	5.94	20.4	106.54	0.181	0.492	5.66	20.8	100.64	0.198	0.517	6.22	20.1	94.70	0.178	0.482	3.94	20.4									
Eiche	<i>General-Mittel:</i>	2	104.30	0.476	0.001510	0.889	0.793	0.979	0.964	102.70	0.148	0.0001078	0.328	0.323	0.333	0.343	0.075	0.075	0.075	92.98	0.295	0.580	6.40	21.5	95.10	0.231	0.665	7.34	25.5	110.14	0.214	0.616	6.21	23.4	99.41	0.217	0.600	6.65	24.1								
Buche	<i>General-Mittel:</i>	1	180.00	0.531	0.000940	1.730	0.570	1.720	1.340	168.60	0.102	0.0000306	0.304	0.294	0.333	0.320	0.079	0.088	0.085	131.33	0.212	0.637*	16.47*	(7)	132.90*	0.253*	0.720*	16.0*	(7)	129.65*	0.245*	0.652*	16.00*	(7)	127.96*	0.240*	0.669*	16.82*	(7)								

* Abnormal, mutmaßlich in Folge des höheren Feuchtigkeitsgrades.

Lärche verhält sich ähnlich wie die Weisstanne, doch ist der Unterschied nicht so gross.

4. Das an südlichen Hängen gewachsene Weiss- und Rothtannenholz ist geringer als das an nördlichen Hängen gewachsene; bei der Weisstanne beträgt der Unterschied 50, bei der Rothtanne 17 0/0. Das auf der Sonnseite gewachsene Lärchenholz ist dagegen um 2 0/0 leistungsfähiger als dasjenige von der Schattseite. Da jedoch alle Module auch für das Lärchenholz von der Sonnseite kleiner sind als für dasjenige der Schattseite, so beruht das erwähnte Plus wahrscheinlich nur auf dem grösseren Wassergehalt der Probestücke.

Föhre, Eiche und Buche gestatten — wenigstens in forstlicher Beziehung — noch keine Schlussfolgerungen, weil die Zahl der Versuche zu klein ist, überhaupt sind die gefundenen Zahlen für so lange nur als Näherungswerthe zu betrachten, als sie nicht durch weitere Versuche ergänzt und berichtigt werden können. Es dürfte das besonders von den Resultaten gelten, welche am weitesten von der bisherigen Beurtheilung der Qualität des Holzes abweichen. Mögen sich bald die Mittel zur Ausführung weiterer Versuche finden.

Bekanntlich hat Herr Professor Bauschinger in München schon früher eine Reihe ähnlicher Untersuchungen angestellt und im letzten Winter an 16 Stämmen von vier verschiedenen Standorten Biegungs-, Zug-, Druck- und Abscheerungsversuche gemacht, um den Einfluss des Standortes und der Fällungszeit zu ermitteln. Er gelangte dabei zu folgenden Schlüssen:

1. „Fichten- oder Kiefernstämmen, welche bei gleichem Alter ungefähr gleichen Durchmesser haben, die also ungefähr gleich schnell gewachsen sind, haben, unabhängig vom Standorte, die gleichen mechanischen Eigenschaften bei gleichem Feuchtigkeitsgehalt. Stämme, welche bei gleichem Alter grösseren Durchmesser, also breitere Jahrringe haben, schneller gewachsen sind, haben eine geringere Festigkeit als langsamer gewachsene.“
2. „Fichten- oder Kiefernstämmen, welche im Winter gefällt wurden, haben, zwei bis drei Monate nach ihrer Fällung geprüft, unter sonst gleichen Umständen eine um ca. 25 0/0 grössere Festigkeit als solche, die im Sommer geschlagen werden.“

Bauschinger macht dabei darauf aufmerksam, dass die Festigkeit des Holzes vorzugsweise von der Beschaffenheit der Herbst-
ringe abhängig sei. Viel und dichtes Herbstholz vermehrt dieselbe,
beim Vorwiegen des Frühlingsholzes ist sie geringer. Grobringige
Stämme sind indessen nicht absolut geringwerthiger als engringige;
durch die grösseren Dimensionen wird die geringere Festigkeit mehr
als ausgeglichen.

Für die Forstwirtschaft wäre die Kenntniss der Durchschnitts-
qualität des Holzes verschiedener Holzarten, Standorte, Alter, Fäl-
lungszeiten etc. von sehr grosser Bedeutung, insofern die Ergeb-
nisse aus einer grossen Zahl Einzeluntersuchungen abgeleitet werden
könnten; bei der Weitläufigkeit und Kostspieligkeit der diessfälligen
Arbeiten ist aber die Durchführung einer zur Lösung auch nur der
wichtigsten Fragen genügenden Zahl von Versuchen kaum zu er-
warten. Es wäre daher sehr wünschbar, wenn man diese Aufgabe
auf kürzerem Wege lösen könnte. Bauschinger glaubt, dass Druck-
versuche an prismatischen Stücken von 15 *cm* Länge und 8—10 *cm*
Querschnittseite für solche Zwecke genügen dürften. Er schlägt
vor, solche Versuchsstücke 15 *cm* dicken Stammscheiben zu ent-
nehmen, welche in Brusthöhe, in der Mitte und am obern Ende
der Stämme auszuschneiden und — behufs Verhütung des Reissens —
sofort durch zwei senkrecht auf einander stehende, durch die Mitte
gehende Schnitte in vier Sektoren zu zerlegen wären. Tetmajer
setzt grösseren Werth auf die Ermittlung der Biegefestigkeit,
beziehungsweise der aus derselben abgeleiteten Arbeitskapazität,
die Beschaffung des Materials für diese ist aber schwieriger und
die Durchführung der Versuche umständlicher. Wenn die von
Bauschinger vorgeschlagenen Druckversuche genügen, so kann man
rasch vorgehen und bald zu massgebenden Resultaten gelangen,
eine nähere Prüfung des Vorschlags durch Sachverständige scheint
daher sehr wünschenswerth.

Landolt.
