V. *Ueber die mechanischen Eigenschaften des
Holzes;*
von HH. Chevandier und Wertheim.

(Auszug aus der Abhandlung. Mitgetheilt von Hrn. Chevandier aus
den *Compt. rend. T. XXIII.*)

Der Zweck dieser Arbeit war das Studium der mechanischen Eigenschaften einheimischer Hölzer unter theoretischem und practischem Gesichtspunkt. Wir untersuchten folgwiese die allgemeinen Gesetze dieser Eigenschaften, den Gang derselben bei den Individuen und die Veränderungen, die aus Verschiedenheit der Art, des Alters, der Herkunft u. s. w. entspringen.

Im ersten Theil dieser Abhandlung geben wir einen Ueberblick der Arbeiten von Musschenbrock, Buffon, Duhamel du Monceau, Girard, Perronet, Bélidor, Rondelet, Barlow, Ebbels und Tredgold, Savart, Charles Dupin, Bevan, Wheatstone, Poncelet, Minard u. Desormes, Ardant, Hodgkinson, Hagen, Paccinotti u. Peri, und wir stellen die Aufgaben, deren Behandlung uns am interessantesten schien, sowohl wegen ihrer Wichtigkeit, als auch wegen der Ungewissheit, welche unsere Vorgänger hinsichtlich derselben hinterlassen haben. Diese Aufgaben bilden den Rahmen, in welchen wir glaubten unsere Untersuchungen einschließen zu müssen.

Zu unsern Versuchen bedienten wir uns Bäume vom Westabhang der Vogesen, gewachsen auf Vogesensandstein, buntem Sandstein und Muschelkalk. Wir wählten diese Bäume unter verschiedenartigen und genau bekannten Umständen, was nicht möglich ist, wenn man die Hölzer so nimmt, wie sie gerade im Handel vorkommen.

Wir experimentirten mit vierundneunzig Individuen aus folgenden Geschlechtern: Eiche, Buche, Tanne, Fichte,

Hagebuche, Birke, Acacie, Ulme, Esche, Sycomore, Ahorn, Espe, Erle und Pappel; die meisten Versuche wurden mit den vier ersten gemacht.

Unsere Arbeit zerfällt in drei Theile:

- 1) Untersuchung der Verschiedenheiten, die sich etwa zwischen den verschiedenen Theilen eines selben Baumes finden, und bei denselben Hölzern aus Unterschieden der Feuchtigkeit entspringen können.
- 2) Untersuchung der mechanischen Eigenschaften ganzer Bäume, mit Rücksicht auf die Umstände, welche sie abändern können.
- 3) Untersuchung derselben Eigenschaften beim Eichen- und Tannenholz, zerschnitten in die in der Praxis üblichen Formen und Dimensionen.

Für den ersten Theil dieser Untersuchungen haben wir die Bäume im Sinne ihrer Fasern zerschnitten in quadratische Latten von 7 bis 10 Millimeter Seite und 2 Meter Länge, versehen mit der nöthigen Angabe, um zu wissen, von welchem Baume sie stammten, und wie ihre ursprüngliche Lage war.

Diese Latten wurden in vier verschiedenen Zuständen untersucht: 1) als grünes Holz, unmittelbar nach dem Fällen; 2) nach leichtem freiwilligen Trocknen im Laboratorio; 3) nach stärkerem Trocknen, durch Aussetzen der Luft und der Sonne in einer zweckmäßigen Hülle von grober Leinwand; endlich 4) als völlig trocknes Holz, nach einem längeren Aufenthalt in einer auf 40 bis 50° C. gehaltenen Trockenstube.

Die Menge des in den Latten in diesem letzteren Zustande enthaltenen Wassers wurde durch Trocknen ihrer Späne im Vacuo bestimmt, und für die übrigen Fälle durch die successiven Gewichtsverluste jeder Latte.

Ebenso schnitten wir Platten senkrecht gegen die Axe, Riegel im Sinne des Radius und in dem der Tangente der Jahresringe.

Die Dichtigkeiten dieser Latten und Riegel wurden

theils mit dem Volumenometer des Hrn. Regnault genommen, theils in einer mit Quecksilber gefüllten Stöpselflasche, theils endlich durch das absolute Gewicht, bei der Länge eines Meters und bei Querdimensionen, die mit dem Sphärometer gemessen wurden.

Die Schallgeschwindigkeit wurde bei den Latten nach Chladni's Verfahren mittelst des Longitudinaltons bestimmt. Die Gesetze der Elasticität wurden es durch die Methode der Verlängerungen, indem man jede Latte in drei verschiedenen Feuchtigkeitszuständen und mit den nöthigen Vorsichtsmafsregeln, der Wirkung successiv wachsender Belastungen aussetzte und mit dem Kathetometer sowohl die elastischen als bleibenden Verlängerungen mafs.

Da die winkelrecht gegen die Fasern geschnittenen Riegel zu kurz waren, um Verlängerungen oder Längsschwingungen unterworfen zu werden, so bestimmten wir ihre Elasticitätscoëfficienten mittelst des Tons, den sie beim transversalen Schwingen gaben, und daraus leiteten wir die Schallgeschwindigkeit ab.

Endlich wurde die Cohäsion durch Zerreißen der Latten und Riegel mittelst Zug bestimmt.

An ganzen Bäumen konnte die Untersuchung der mechanischen Eigenschaften entweder an Stämmen in ihrer ganzen Länge, oder blofs an Stücken dieser Stämme geschehen.

Im ersten Fall war es unmöglich, den Einfluß der Höhe zu untersuchen; überdies war es sehr schwierig, den Apparat beständig der Länge gemäß abzuändern und die Formeln auf Resultate anzuwenden, die an unregelmäßig konischen Stücken, wie die Bäume sind, genommen wurden. Hätte man sie andrerseits auf eine regelmäßige Form zurückführen gewollt, so hätte man die äußeren Schichten größtentheils fortnehmen müssen, und dies würde sie nahezu in die Umstände der in der Praxis üblichen Stücke versetzt haben, mit denen wir in besonderen Versuchen beschäftigt waren. Wir zogen es also

vor, aus den gesündesten und regelmässigsten Theilen jedes Stammes Stümpfe (*billes*) von 2 Meter Länge zu nehmen. Diese Stümpfe wurden abgerindet und cylindrisch zugearbeitet, was wegen ihrer geringen Länge leicht war, da man an der Basis nur eine geringe Holzdicke fortzunehmen brauchte.

Die Dichtigkeit bestimmte man aus dem absoluten Gewicht, der Länge und dem mittlern Durchmesser.

Der Elasticitätscoëfficient wurde durch Beugen bestimmt, mittelst einer Last in der Mitte der Stümpfe, deren Enden auf zwei steinernen Unterlagen ruhten von solcher Stärke, daß sie Lasten von mehr als 10,000 Kilogramm tragen konnten. Diese Unterlagen bildeten den oberen Theil eines gemauerten Brunnens, in dem ein Apparat angebracht war, der solche Lasten trug und sie ohne Ruck und ohne alle Gefahr für die Hülfсарbeiter zu entfernen erlaubte. Die Messungen geschahen mittelst eines Kathetometers mit der Vorsicht, die Compression der Unterlagen in Rechnung zu nehmen und nur kleine Bewegungen hervorzubringen, um in den Bedingungen zu bleiben, für welche die Formeln aufgestellt waren.

Nach jedem Beugungsversuch wurde der Wassergehalt des Holzes direct bestimmt, aus Spänen, die so abgenommen waren, daß sie den ganzen Stumpf repräsentirten.

Die Cohäsion haben wir nicht bestimmt, weil es schwierig gewesen wäre, Stümpfe von nur 2 Meter Länge und einem oft großen Durchmesser zu zerreißen.

In dem Theil unserer Arbeit, der sich mit den in der Praxis üblichen Stücken von Eichen- und Tannenholz befaßt, haben wir mit Brettern und Bohlen dieser beiden Hölzer experimentirt, auch mit Werkstücken von verschiedenen Dimensionen, von Sparren (Stücken von 0^m,08 auf 0^m,10) bis zu stärkeren Balken (Stücken von 0^m,23 auf 0^m,25), und an Länge beim Eichenholz von 4 bis 7 Meter, beim Tannenholz von 10 bis 14. Alle diese Hölzer

waren mit scharfen Kanten zugearbeitet, so daß sie regelmäßigere Prismen darstellten als die gewöhnlich angewandten Stücke.

Die Dichtigkeit wurde wie vorhin bestimmt.

Der Elasticitätscoëfficient wurde es mittelst eines analogen Apparats wie zu den Stümpfen gedient hatte. Da wir aber bei diesen Versuchen bis zum Zerreißen gehen mußten, so haben wir, um alle Gefahr zu vermeiden, auf diese Stücke Wasserlasten wirken lassen, welche überdies den Vortheil haben, daß sie mittelst einer daneben angebrachten Pumpe langsam und ohne Ruck vergrößert werden können. Diese Lasten wurden in Kübel (*foudre*), versehen mit Schwimmern, aufgenommen, so daß man jeden Augenblick die Menge des darin enthaltenen Wassers und folglich die mitten auf das Stück wirkende Last erkennen konnte. Die elastischen und bleibenden Pfeile und die Niederdrückungen der Stützen wurden wie bei den Stümpfen gemessen.

Die Cohäsion wurde bestimmt, indem man die Wasserlasten bis zum Zerbrechen steigerte.

Bei keinem dieser letzteren Versuche haben wir den Feuchtigkeitsgrad bestimmt, weil diese Hölzer sich unter den Umständen der gewöhnlich angewandten befanden.

Wir sind bewogen worden, bei jeder dieser Untersuchungen eine große Anzahl von Experimenten zu machen, hauptsächlich mit den Hölzern, die an dem Orte, wo wir operirten, am gewöhnlichsten sind; denn sobald man mit organischen Körpern zu thun hat, lassen sich die Gesetze durch Versuche an einem einzigen Individuum nicht bestimmen, weil diese Körper immer Unterschiede in der Organisation zeigen. Bei den Hölzern insbesondere sind die Unregelmäßigkeit des Wachsthum, die Veränderungen in Dicke und Richtung, welche man bisweilen in den Schichten antrifft, die Aeste und andere Umstände, welche man weder voraussehen, noch sogar immer nachweisen kann, eben so viele Ursachen zu Regellosigkeiten in den

Zahlen. So haben wir, ohne uns bei besonderen Ausnahmen aufzuhalten, in der Gesamtheit der Thatsachen die allgemeinen Gesetze derselben aufgesucht.

Folgendes sind die allgemeinen Resultate, zu denen wir gelangt sind.

Mittlere Resultate der Versuche, angestellt in Richtung der Fasern an mehreren Bäumen derselben Art und auf 20 Procent Feuchtigkeit zurückgeführt.

H o l z von	Dichtig- keit.	Schall- geschwin- digkeit.	Elasticitäts- coëfficient.	Verhältn. d. Elasticitätscoëff. gefunden durch Schwin- gung zu dem durch Verlänge- rung.	Elasticitätsgränze.	Cohäsion.	Für einen Feuchtigkeitsverlust von 1 Procent.		
							Coëff. der transversal. Con- traction.	in Dichtig- keit.	Coëfficienten der Veränderung in Schall- geschwin- digkeit.
Acacien	0,717	14,19	1261,9	1,193	3,188	7,93	0,00300	0,00555	0,00576
Tannen (<i>sapin</i>)	0,493	13,96	1113,2	1,056	2,153	4,18	0,00467	0,01026	0,00798
Hagebuche	0,756	11,80	1085,7	1,105	1,282	2,99	0,00149	0,00743	0,00951
Birke	0,812	13,32	997,2	1,212	1,617	4,30	0,00347	0,00422	0,00943
Buche	0,823	10,06	980,4	1,087	2,317	3,57	0,00412	0,00486	0,01068
<i>Quercus pedunculat.</i>	0,808		977,8			6,49			
<i>Quercus robur</i>	0,872	11,58	921,3	1,117	2,349	5,66	0,00461	0,00427	0,00805
<i>Pinus sylvestris.</i>	0,559	10,00	564,1	1,086	1,633	2,48	0,01093	0,01056	0,01369

Mittlere Resultate der Versuche, angestellt in Richtung der Fasern an einem einzigen Baume
jeder Art und auf 20 Procent Feuchtigkeit zurückgeführt.

Hagebuche	0,723	12,40	1165,3	1,175	1,842	6,99	0,00294	0,00386	0,01006
Sycamore	0,692	13,43	1163,8	1,139	2,303	6,16	0,00312	0,00423	0,00540
Esche	0,697	14,05	1121,4	1,246	2,029	6,78	0,00121	0,00501	0,00489
Erle	0,601	13,95	1108,1	1,121	1,809	4,54	0,00280	0,00410	0,00897
Espe	0,602	15,30	1075,9	1,035	3,082	7,20	0,00385	0,00230	0,00803
Ahorn	0,674	12,36	1021,4	1,068	2,715	3,58	0,00328	0,00363	0,00929
Pappel	0,477	12,89	517,2	1,007	1,484	1,97	0,00583	0,00450	0,00592

Die hier gegebenen Schallgeschwindigkeiten sind die Mittel aus den direct an Latten gefundenen Geschwindigkeiten, während die Elasticitätscoefficienten nur aus der Gesamtheit unserer Versuche abgeleitet sind. Es sind also nicht entsprechende Werthe.

Versuche gemacht in den Richtungen des Radius und der Tangente.

Hölzer.	In Richtung des Radius.			In Richtung der Tangente.		
	Elasticitäts- coefficient.	Schallge- schwindigkeit.	Cohäsion.	Elasticitäts- coefficient.	Schallge- schwindigkeit.	Cohäsion.
Hagebuche	208,4	10,28	1,007	103,4	7,20	0,608
Espe	107,6	9,72	0,171	43,4	5,48	0,414
Erle	98,3	8,25	0,329	59,4	6,28	0,175
Sycamore	134,9	9,02	0,522	80,5	6,85	0,610
Ahorn	157,1	9,26	0,716	72,7	6,23	0,371
Eiche	188,7	9,24	0,582	129,8	7,76	0,406
Birke	81,1	6,46	0,823	155,2	9,14	1,063
Buche	269,7	11,06	0,885	159,3	8,53	0,752
Esche	111,3	8,39	0,218	102,0	7,60	0,408
Ulme	122,6	8,56	0,345	63,4	6,11	0,366
Pappel	73,3	8,44	0,146	38,9	6,32	0,214
Tanne	94,5	8,05	0,220	34,1	4,72	0,297
Fichte	97,7	8,53	0,256	28,6	4,78	0,196

Versuche mit Stücken, Bohlen und Brettern von Tannenholz.

Uebliche Bezeichnung.	Zahl der Stücke.	Abstand der Stützen.		Länge.		Breite.		Dicke.		Gewicht.		Spec. Gewicht.	Elastici- täts- coefficient.	Last zum Zerreißen. Kilogramm.
		Met.	Met.	Met.	Centim.	Centim.	Centim.	Centim.	Kilogramm.	Kilogramm.				
11 bis 12	1	13,00		14,00		28,99		32,41		697,00		0,530	1136,7	6404
9 » 10	1	11,00		13,00		25,46		28,35		475,00		0,506	1156,7	5394
8 » 9	3	9,00		10,48		22,30		24,30		310,75		0,548	1026,9	3447
6 » 7	3	9,00		10,46		16,99		19,63		183,60		0,525	1245,0	2082
Sparre	3	9,00		10,47		9,27		12,31		57,48		0,481	1257,6	517
Bohle	15	3,02		4,24		24,63		5,40		27,79		0,493	1089,8	917
Balken	42	3,02		4,25		24,13		2,78		13,74		0,479	1202,2	264

Vergleiche mit Stücken, Bohlen und Brettern von Eichenholz.

8 $\frac{1}{2}$ bis 9 $\frac{1}{2}$	1	5,50		5,87		23,18		25,28		346,70		1,008	825,1	7889	Querc. robur.
8 » 9	1	5,50		6,11		21,67		23,67		300,30		0,958	822,3	7189	
7 » 8	1	5,50		7,06		19,07		22,00		273,20		0,922	858,9	5225	
6 » 7	1	5,50		6,82		15,99		18,90		191,30		0,928	1007,0	5525	
5 » 6	1	5,50		6,54		13,67		16,10		141,70		0,985	638,1	2225	Querc. pedunculat.
Sparre	1	3,00		4,01		8,28		8,14		17,20		0,636	601,3	540	
Sparre	1	2,50		4,00		7,82		8,04		19,10		0,759	774,3	735	
	1	5,50		6,50		29,34		5,46		71,30		0,685	965,8	435	
	1	3,00		3,65		14,34		4,22		18,20		0,824	1210,7	375	
	1	3,00		3,37		24,22		2,82		16,40		0,712	1251,2	335	

Es ist nicht immer möglich, aus den eben gegebenen Zahlen *a priori* zu schliessen, welches die beste Anwendung der Hölzer in der Praxis sey. Diese Anwendung ist nämlich oft abhängig von der Steife derselben, von ihrem Widerstande gegen Compression und Torsion, von ihrer Härte, ihrem Gefüge u. s. w., und vor allem von ihrer Dauerhaftigkeit. Wir müssen auch daran erinnern, daß unsere Versuche nur mit Bäumen aus den Vogesen angestellt wurden, es also auch nur Hölzer von dieser Herkunft sind, auf welche unsere Resultate strenge Anwendung finden.

Die Acacie besitzt in dieser Beziehung die ausgezeichnetsten Eigenschaften. Sie vereinigt die stärkste Cohäsion, den größten Elasticitätscoëfficienten, und die größte Elasticitätsgränze mit der größten Härte und größten Dauerhaftigkeit. Ihr Holz, bisher noch von sehr eingeschränktem Gebrauch, könnte also in vielen Fällen, z. B. für Eisenbahnschwellen, sehr nützlich angewandt werden, besonders wegen ihres schnellen Wachsthums und leichten Fortkommens in den meisten Bodenarten. Es könnte an den Seiten und öden Einfassungen dieser Bahnen angebaut werden, also an den Orten selbst, wo es später verbraucht wird.

Das Tannenholz (*sapin distique*) kommt nach dem Acacienholz, was Gröfse des Elasticitätscoëfficienten betrifft; seine Cohäsion, obgleich geringer als bei mehreren anderen Gattungen, ist dennoch stark genug, daß seine Anwendung sehr vortheilhaft wird, allemal wenn es sich darum handelt, einen großen elastischen Widerstand bei einem Stücke von verhältnißmäfsig geringem Gewichte zu haben; dagegen machen seine geringe Elasticität und Cohäsion im Sinne des Radius und in dem der Tangente es weniger geeignet, dem Abreißen und der transversalen Compression zu widerstehen. Da übrigens die Tannen ihre stärksten Holzfasern in der Nähe des Umfangs haben, so müßte man sie wo möglich als Bäume in ihrer

natürlichen Form anwenden und nicht viereckig behauen, wie man gewöhnlich thut. Aus demselben Grunde sind die aus der Nähe des Umfangs geschnittenen Bretter und Bohlen auch die besseren, und wenn man der Mitte nach gespaltene Hölzer anzuwenden hat, ist es vorzuziehen, sie so anzubringen, daß die größte Kraft auf den äußeren Theil ausgeübt wird.

Das Eichenholz besitzt die Eigenthümlichkeit, daß es ohne für irgend eine der mechanischen Eigenschaften die höchste Zahl zu zeigen, es dennoch alle in einem sehr starken Grade in sich vereinigt. Diese Gesammtheit von Eigenschaften macht es fast zu allen Anwendungen gleich gut geeignet und erklärt die wichtige Rolle, welche es in der Praxis spielt. Der Vorzug, welchen man dem Kernholz vor dem Splint, und dem Holz vom Fuß vor dem vom Wipfel giebt, ist bei der Eiche vollkommen begründet, weil in diesen Theilen die mechanischen Eigenschaften ihr Maximum erreichen. Fügen wir noch hinzu, daß, nach unseren Versuchen, das Holz von jungen Bäumen, bei gleicher Dicke, stärker ist als das von alten, und daß ebenso das Holz von *Quercus pedunculatus* stärker ist als das von *Quercus robur*.

Hagebuche, Buche und Birke haben Elasticitätscoefficienten wenig höher oder gleich denen der beiden Arten von Eichen, aber ihre Cohäsion ist viel schwächer, und ebenso, die Buche ausgenommen, ihre Elasticitätsgränze. Diese Bäume sind besonders merkwürdig wegen ihrer großen Elasticität und großen Cohäsion in senkrechter Richtung auf die Fasern. In dieser Beziehung könnten sie bei Eisenbahnen von guter Anwendung seyn, besonders wenn es gelänge, sie ohne Nachtheil für ihre mechanischen Eigenschaften zu conserviren. Diese Stärke in den Querrichtungen macht sie auch sehr geschickt zu Radzähnen, und die Reihe, nach welcher die Practiker sie in dieser Beziehung ordnen, stimmt mit den Werthen ihrer Cohäsion in Richtung des Radius.

Die Fichte (*Pinus sylvestris*) giebt schwächere Zahlen als alle übrigen Gattungen, die Pappel ausgenommen. Dieß hat uns um so mehr gewundert, als die Fichte, was wenigstens die Elasticität betrifft, im Allgemeinen für gleich und zuweilen gar für besser als die Tanne gehalten wird. Ehe man aber diese Zahlen als wahren Ausdruck der mechanischen Eigenschaften der vogesischen Fichten betrachten kann, wäre es nothwendig, neue Versuche mit Bäumen dieser Art im Ganzen anzustellen. Wir haben nämlich in den Wäldern, aus denen wir unsere Bäume nahmen, nur vereinzelte, sehr rasch aufgeschossene Individuen angetroffen, und die Forstverwaltung verweigerte uns, einen Baum aus dem in unserer Nachbarschaft befindlichen schönen Hochwald von Fichten zu fällen, was uns die Anstellung eines vergleichenden Versuchs erlaubt haben würde.

Von jeder der übrigen Gattungen haben wir nur einen Baum untersucht, und zwar in einigen Fällen nur einen von geringem Alter oder Durchmesser. Daher begnügen wir uns, die gefundenen Zahlen zu geben, ohne bei ihnen practische Betrachtungen erheben zu wollen, desto mehr, als einige der Resultate, z. B. die Cohäsion des Espenholzes, in Widerspruch stehen mit den hergebrachten Ansichten über den relativen Werth dieser Gattungen. Abgesehen von dieser Zahl für die Espe kann man diese Gattungen, ihren mechanischen Eigenschaften nach, folgendermaßen ordnen: Ulme, Esche, Sycomore, Erle, Espe, Ahorn, Pappel.

F o l g e r u n g e n .

Aus der Gesammtheit unserer Versuche glauben wir folgende Schlüsse ziehen zu können:

I. Die Werthe der Elasticitätscoefficienten und Schallgeschwindigkeiten fallen, aus den Schwingungen abgeleitet, höher aus als aus den Verlängerungen. Die Verhältnisse der von beiden Methoden gelieferten Zahlen sind nahe gleich für Bäume derselben Species, wie auch der

Feuchtigkeitszustand derselben seyn möge. Mittelst ihrer kann man den wirklichen Elasticitätscoëfficienten aus der Schallgeschwindigkeit, und umgekehrt diese aus jenem, finden.

2. Die durch Belastungen im Sinne der Fasern erzeugten Verlängerungen bestehen aus einem elastischen Theil, welcher sehr nahe den Belastungen proportional ist, und aus einem bleibenden Theil, der selbst bei relativ kleinen Lasten meßbar ist und dessen Gröfse nicht allein mit der Belastung, sondern auch mit der Zeit der Wirkung dieser variirt.

3. Diefs Gesetz gilt auch für die Pfeile, welche selbst sehr starke Werkstücke annehmen, wenn sie, mit ihren Enden auf Stützen ruhend, in der Mitte durch allmählig vergrößerte Gewichte belastet werden.

4. Die durch Biegung eines Stumpfes von 2 Meter Länge gefundenen Elasticitätscoëfficienten stimmen im Allgemeinen wohl mit den mittleren Coëfficienten, welche Versuche über die Verlängerung einer großen Zahl von aus diesem Stumpfe geschnittenen Latten ergeben. Diese Uebereinstimmung zeigt sie jedoch nicht bei den harzigen Bäumen; die Pfeile dieser sind immer weit größer als sie zufolge der Verlängerung der Latten seyn müßten.

Wenn die Stücke eine sehr beträchtliche Länge gegen ihren Querschnitt haben, kommen die durch Beugung erhaltenen Zahlen immer denen nahe, welche durch Verlängerung gefunden werden, von welcher Natur der Baum übrigens seyn möge.

5. Latten, genommen aus denselben Jahresschichten an verschiedenen Stellen, aber in gleicher Höhe, zeigen wohl einige Unterschiede in ihren mechanischen Eigenschaften, ohne dafs aber zwischen den beobachteten Verschiedenheiten und der ursprünglichen Lage der Latten in dem Baum eine Beziehung zu den Weltgegenden stattfände.

6. Im Allgemeinen nimmt die Dichtigkeit mit der

Austrocknung zu und proportional derselben. Bezeichnet man mit d und d' die Dichtigkeiten für die Feuchtigkeiten h und h' (h gröfser als h' angenommen), und mit c den Coëfficient der Dichtigkeitsveränderung für einen Wasserverlust von 1 Proc., und setzt man $h - h' = H$, so hat man

$$d' = d(1 - cH)$$

Die Schallgeschwindigkeit wächst mit der Austrocknung und proportional dieser. Sind v und v' die Schallgeschwindigkeiten für die Feuchtigkeiten h und h' , und ist c der Coëfficient der Veränderung der Schallgeschwindigkeit für einen Wasserverlust von 1 Procent, so hat man

$$v' = v(1 + c'H)$$

Der Elasticitätscoëfficient nimmt zu mit der Austrocknung gemäß der Formel

$$E' = E(1 - cH)(1 + c'H)^2$$

Die relativen Werthe von c und c' sind für alle den Versuchen unterworfenen Hölzer der Art, dafs E' zugleich mit H wächst.

Die Elasticitätsgränze steigt und das Verlängerungsmaximum nimmt ab mit der Austrocknung (wir nehmen hier diese beiden Eigenschaften in ihrer üblichen Bedeutung).

Die Cohäsion nimmt fast in allen Fällen mit den successiven Wasserverlusten zu und in einem ziemlich starken Verhältnifs; allein sie ist, vermöge ihrer Natur, zu veränderlich, als dafs man dieses Resultat dem Calcul unterwerfen könnte. Ist die Austrocknung künstlich bis zu einem Rückhalt von 10 Proc. Wasser getrieben, so wird das Holz so brüchig, dafs es nicht mehr möglich ist, Versuche über das Abreißen mit einiger Genauigkeit anzustellen.

7. Bei der Tanne, jeden Alters, bei der Fichte, Hagebuche, Esche, Ulme, Ahorn, Sycomore, Espe und Erle, zum Theil auch bei der Acacie nehmen die mechanischen Eigenschaften constant und zuweilen in sehr starkem Verhältnifs vom Mittelpunkt zum Umfang zu. Bei den har-

zigen Hölzern und im Allgemeinen bei denjenigen Arten, deren Schichten immer für Flüssigkeiten durchdringlich bleiben, scheint diese Zunahme vom Alter unabhängig zu seyn. Bei alten Eichen und Birken folgen die Eigenschaften einem umgekehrten Gang, d. h. nachdem sie bis zum Drittel des Radius zugenommen haben, nehmen sie bis zum Umfang ab. Bei der Buche endlich zeigen junge Bäume den aufsteigenden Gang, ältere den absteigenden; dieß scheint darauf hinzudeuten, daß bei Bäumen, deren ältere Schichten verschwinden, um Kernholz zu bilden, diese Umwandlung den Gang der Eigenschaften abändert.

8. Bei jedem einzelnen Jahresring nehmen die mechanischen Eigenschaften mit der Höhe des Baumes ab; eben so verhält es sich mit den Richtungen senkrecht auf die Axe.

Für den ganzen Stamm zeigt sich Abnahme mit der Höhe nur bei den Gattungen, deren schwächste Schichten am Umfang liegen, und dieß ist wirklich bei der Eiche der Fall. Bei andern Gattungen aber kann Abnahme, Beständigkeit und Zunahme stattfinden, je nach den Verhältnissen zwischen dem Gesetz der Abnahme vom Mittelpunkt zum Umfang und dem Gesetz der Zunahme in den Schichten von unten nach oben. Indefs sind die Fälle der Abnahme mit der Höhe im Allgemeinen die häufigeren.

9. Die Verhältnisse zwischen Elasticität und Cohäsion sowohl im Sinne der Fasern als in dem des Radius und der Tangente schwanken nicht merklich mit der Höhe in einem selben Baum, noch in Bäumen derselben Gattung, wohl aber, wenn man die verschiedenen Gattungen unter einander vergleicht. Wenn man die mittleren Elasticitätscoefficienten und Cohäsionen im Sinne der Axe als Einheiten nimmt, findet man durchschnittlich für die Elasticitätscoefficienten im Sinne des Radius und der Tangente der Bäume: 0,165 und 0,091, und für die Cohäsionen in diesen beiden Richtungen: 0,163 und 0,159.

10. Zwischen der Dichtigkeit der Bäume und ihrem

Alter, der Dicke ihrer Schicht, der Stellung gegen die Himmelsgegend, und der Natur des Bodens bemerkt man kein regelmäßiges Verhältniß.

11. Die Zeit des Fällens der Bäume scheint auf die mechanischen Eigenschaften derselben nicht einzuwirken.

12. Elasticitätscoefficient und Cohäsion nehmen in dem Maasse ab, als das Alter der Bäume zunimmt.

13. Die relative Dicke der Schichten kann nicht als erste Ursache der Unterschiede betrachtet werden, die in einem selben Baume und auch zwischen Individuen vorkommen. Bei der Tanne freilich geht das Dünnerwerden der Schichten oft im gleichen Sinne mit der Zunahme der Eigenschaften vom Mittelpunkt zum Umfang; allein diese Zunahme bleibt auch im gegentheiligen Falle merklich.

14. Hölzer, gewachsen auf der Nord-, Nordost- oder Nordwestseite, oder auf trockenem Boden, haben im Allgemeinen einen höheren Elasticitätscoefficienten, desto mehr, wenn beide Umstände vereinigt waren, während Bäume aus sumpfigem Boden schwächere Coefficienten darbieten. Diese Einflüsse sind besonders bei der Buche am merkbarsten.

15. Die Buchen vom Vogesensandstein zeigen eine höhere Elasticität als die vom bunten Sandstein und Muschelkalk.

16. Bei einem und demselben Baume befolgen die verschiedenen mechanischen Eigenschaften fast immer einen parallelen Gang. So zeigt die dichteste Schicht gewöhnlich die größte Schallgeschwindigkeit, den höchsten Elasticitätscoefficienten und die stärkste Cohäsion; allein dieß Verhältniß, welches schon in einem selben Baum zu wenig constant ist, um durch eine Formel ausgedrückt zu werden, findet sich beim Vergleiche verschiedener Bäume derselben Art nur selten wieder, und bei Bäumen verschiedener Natur verschwindet es ganz.