

# Untersuchungen über die Elasticität und Festigkeit der wichtigsten Bau- und Nutzhölzer Böhmens.

Von

**Carl Mikolaschek,<sup>1)</sup>**

wirkl. Lehrer an der k. k. Staatsgewerbeschule zu Reichenberg.

In meiner früheren Stellung als Assistent für Maschinenbau an der deutschen k. k. technischen Hochschule zu Prag hatte ich vielfach Gelegenheit, Versuche mit der Gollner'schen Festigkeitsmaschine vorzunehmen.

In Folge einer Anregung von Seite des Vorstandes der k. k. forstlichen Versuchsleitung in Wien, Herrn Regierungsrath Professor Dr. Freiherr v. Seckendorff, wurde ich veranlasst, eine grosse Reihe von Versuchen mit Hölzern aus böhmischen Forsten vorzunehmen, und zwar nicht nur im Interesse des forstlichen Versuchswesens, sondern auch um dem Hauptzwecke der oben erwähnten Maschine: nämlich die Untersuchung der in Böhmen vorkommenden und erzeugten Bau- und Constructionsmaterialien in Bezug auf ihre Elasticität und Festigkeit durchzuführen, entsprechen zu können.

Die Versuche sind in der Weise durchgeführt, dass jedes Probematerialie wo möglich bezüglich folgender Arten von Festigkeit untersucht wurde, und zwar:

1. Zugfestigkeit in der Richtung der Fasern,
2. Druckfestigkeit in der Richtung der Fasern,
3. Biegefestigkeit,
4. Torsionsfestigkeit,
5. Abscheerfestigkeit, sowohl in der zu den Fasern parallelen, als auch in einer darauf senkrechten Richtung.

Bei den ersten vier Festigkeitsarten wurde bestimmt: die Elasticitätsgrenze, sowie die Formveränderungen an derselben, der Elasticitätsmodul innerhalb der Elasticitätsgrenze, die Bruchgrenze — und bei den Biege- und Torsionsversuchen auch die bleibenden Formveränderungen an derselben. Bei den Abscheerversuchen konnte natürlich blos die Bruchgrenze bestimmt werden.

---

<sup>1)</sup> Herr Mikolaschek wurde im Sinne des §. 5 unseres Statutes für die Vornahme einzelner Versuche und Untersuchungen gewonnen.

Ueber die Wichtigkeit, ja Nothwendigkeit derartiger Versuche, deren Resultate sowohl für vergleichende Studien unentbehrlich sind, als auch für die Praxis ausgezeichnete Verwerthung finden können, dürfte wohl kaum ein Zweifel bestehen, um so weniger, als, wie besonders hervorgehoben sei, solche mit böhmischen Holzmaterialien in diesem Umfange bisher noch nicht durchgeführt wurden.

Um bei Untersuchung eines Materiales, wie Holz, welches namentlich bei einigen Arten so sehr inhomogen ist, Resultate zu erhalten, welche weiteren wissenschaftlich-praktischen Speculationen zur Grundlage dienen können, ist es vor Allem nothwendig, eine sehr grosse Anzahl von Versuchen durchzuführen, beziehungsweise möglichst vollständige Versuchsreihen aufzustellen. Vielfache Momente haben auf die Festigkeits- und Elasticitätsverhältnisse dieses Materiales einen wesentlichen Einfluss: so die Stelle des Baumes, aus welcher das Probestück genommen wurde (Untertrumm, Mittel- und Obertrumm des Stammes, Unter- und Obertrumm der Aeste etc.), weiters die Stelle des Querschnittes, welchem das Versuchsmaterial entnommen (Kern- und Splintholz), das Alter des Baumes, dessen Fällzeit, der Standort desselben, die Bodenbeschaffenheit, die klimatischen Verhältnisse (Windrichtung) u. s. w. Letztere Verhältnisse insbesondere haben einen grossen Einfluss auf die Bildung der Holzmasse und deren mehr oder minder dichte und gleichmässige Structur und müssen bei der Beurtheilung und Ausnützung der erlangten Schlussresultate als maassgebende Factoren Berücksichtigung finden. In den folgenden Versuchsergebnissen sind die bezüglichen Angaben, so weit sie mir zu Gebote standen, aufgenommen und berücksichtigt.

Machen nun die angedeuteten Verhältnisse die Versuche von Werth zu einer grossen Anzahl anwachsend, so ergeben sich wieder Schwierigkeiten der mannigfachsten Art, welche sich der exacten Durchführung derselben selbst entgegenstellen und diese zu einer ebenso zeitraubenden, wie mühsamen praktisch-wissenschaftlichen Arbeit gestalten. Eine wesentliche Schwierigkeit bedingt die Wahl der Form der Probestücke, da letztere von wesentlichem Einfluss auf die Richtigkeit der Resultate und namentlich bei den Zugversuchen von besonderer Wichtigkeit ist. Weiters ist die genaue Bearbeitung der Probestücke bei den Biegungs- und namentlich bei den Druckversuchen von grösster Wesenheit. Die Adjustirung und Befestigung der Probestücke und Instrumente (ob z. B. die Marke der letzteren im Frühjahrs- oder Herbstholze liegt) hat gleichfalls bezüglich der Formveränderungen einen wenn auch nicht bedeutenden Einfluss; diesen Momenten könnte noch eine Reihe anderer angeschlossen werden, welche Alle sowohl die Präcision der Durchführung, wie Qualität der Versuche und ihrer Resultate mehr oder weniger beeinflussen.

Es ergibt sich aus diesen Darstellungen, dass die Versuche mit Holzmaterialien einer erhöhten Aufmerksamkeit bedürfen, wenn die Ergebnisse derselben frei von Unregelmässigkeiten oder gar Fehlern sein sollen. Doch selbst bei der rigorosesten Aufmerksamkeit ergeben sich differirende Resultate, die ihren Grund hauptsächlich in der bedeutenden Verschiedenheit des Materiales eines und desselben Theiles des Baumes haben, daher bei demselben nur, wie erwähnt, durch eine grosse Zahl von Versuchen und auf Grund vollständiger Versuchsreihen entsprechende und verlässliche Schlusswerthe gewonnen werden können.

Die Versuche wurden mit der Festigkeitsmaschine von Heinrich Gollner, ordentlichen Professor des Maschinenbaues an der deutschen k. k. technischen Hochschule zu Prag, ausgeführt. Es sei hier nur erwähnt, dass dieselbe nach dem System der Maschinen mit Hebelwerk (Uebersetzung 1:75) und dreifacher Schraubenwinde (als Nachstellvorrichtung)

für eine Maximalleistung von 25 Tonnen construiert ist. Die Reibungswiderstände der Maschine (zusätzliche und Leergangsreibung) sind sehr gering, in Folge dessen die äusseren Belastungen mit grosser Genauigkeit auf das Probematerial übertragen werden. Es stellt sich (nach vielen Specialuntersuchungen) der mittlere totale Reibungswiderstand für Zugversuche auf 0.33 Procent, für Druck-, Biegungs- und Abscheerversuche auf 0.5 Procent und für Torsionsversuche auf 0.15 Procent der zur Wirkung gebrachten äusseren Belastungen. Es geben diese Werthe zugleich auch den Grad der Genauigkeit an, welche die erhaltenen Resultate der Elasticitäts- und Bruchgrenze haben. Die angeführten Zahlen zeigen, dass die Reibungsverhältnisse der Maschine ausserordentlich günstige sind.

Was die Durchführung der Versuche selbst betrifft, so ist zu unterscheiden, ob nur die Festigkeits- oder ob auch die Elasticitätsverhältnisse zu untersuchen sind. Im ersteren Falle werden die Belastungen, nachdem das Probematerial adjustirt ist, mit bestimmten Grössen- und Zeitintervallen zur Wirkung und das Letztere zum Bruche gebracht.

Im letzteren Falle werden auf den Probestücken Marken angebracht, die in einer bestimmten Entfernung, der sogenannten Probelänge, sich befinden. An deren beiden Endpunkten werden die Messinstrumente armirt, um die Formveränderungen innerhalb der Probelänge für jede einzelne Belastung zu messen. Bei der Anwendung zweier Messinstrumente (für Zug-, Druck- und Biegungsversuche) wird von den Ablesungen derselben das arithmetische Mittel genommen. Diese erhaltenen Werthe dienen nun zur Verzeichnung des sogenannten Diagramms, wobei in der Weise vorgegangen wird, dass auf der Abscissenachse eines gewählten Achsensystems die einzelnen gegebenen Belastungen von dem Ursprunge des Systems aus in Kilo oder Tonnen im frei gewählten Maassstabe und als zugehörige Ordinaten die diesen einzelnen Belastungen entsprechenden Formveränderungen (Einbiegungen, Dehnungen, Verkürzungen oder Verdrehungen) gleichfalls in einem beliebigen Maassstabe in Millimeter aufgetragen werden. Man erhält dadurch eine Kurve, die im ersten Theile geradlinig oder nahezu geradlinig verläuft, daran sich ein mehr oder weniger gekrümmtes Stück, an dieses entweder wieder eine Gerade oder ein sehr schwach gekrümmtes Stück schliesst, so dass eine hyperbelähnliche Kurve entsteht. Der erste Theil derselben zeigt die Grössen der Längenveränderungen innerhalb der Elasticitätsgrenze an (nach der Theorie sollen dieselben proportional den äusseren Belastungen sein, was natürlich des inhomogenen Materials wegen nicht immer genau eintritt); die Elasticitätsgrenze selbst liegt an jenem Punkte der Kurve, welchem der kleinste Krümmungsradius entspricht. Ueber diesen Punkt hinaus sind die Formveränderungen des Probematerials nicht blos von der äusseren Belastung abhängig, sondern auch von der Zeit, während welcher diese einwirkt, und sind dieselben bleibende. Die Dauer dieser Belastungsphasen wird bedeutend grösser, da man den Zeitpunkt abwarten muss, bis Gleichgewicht zwischen den äusseren Belastungen und den Cohäsionskräften des Materials eingetreten ist. Diese Zeit dauert bei den weichen Materialien im Allgemeinen länger als bei den härteren.

Die Verzeichnung des Diagramms hat also den Hauptzweck: die praktische Bestimmung der Elasticitätsgrenze und der Formveränderungen des Materials an derselben zu ermöglichen, sowie ein anschauliches Bild der durch die einzelnen Belastungen hervorgerufenen Formveränderungen zu geben.

Das Diagramm dient weiters dazu, um den mittleren Elasticitätsmodul innerhalb der Elasticitätsgrenze zu bestimmen. Es werden zu diesem Zwecke die Berechnungsdaten

## Verzeichniss der Holzarten

aus den fürstl. Johann Adolf zu Schwarzenberg'schen Waldungen im Böhmerwald,  
mit welchen Festigkeits-Proben durchgeführt wurden.

Zeichen	Holzart	Baumtheil (Ausschnitt)	Alter	Mittlerer Durchmesser des Ausschnittes	Lage und Beschaffenheit des Standortes	Revier	Bemerkung
I.	Fichte	ober dem Stoche	106	280	Ebenes Terrain Sandiger Boden Westliche Lage	Alt- thier- garten	Astausschnitt anderem Baum entnommen
II.	<i>Abies excelsa</i>	12 M. über dem Stoche	77	215			
III.	DC.	Ast	68	73			
IV.	Tanne	ober dem Stoche	180	280	Ebenes Terrain Sandiger Lehm- boden Nördliche Lage	detto	Astausschnitt anderem Baum entnommen
V.	<i>Abies pectinata</i>	12 M. über dem Stoche	168	265			
VI.	DC.	Ast	83	75			
VII.	Kiefer	ober dem Stoche	74	285	Sandboden Westliche Lehne	detto	Astausschnitt anderem Baum entnommen
VIII.	<i>Pinus sylvestris</i>	12 M. über dem Stoche	56	220			
IX.	L.	Ast	68	80			
X.	Lärche	ober dem Stoche	65	280	Ebenes Terrain Sandboden Südliche Lage	detto	Astausschnitt anderem Baum entnommen
XI.	<i>Larix europaea</i>	10 M. über dem Stoche	60	210			
XII.	DC.	Ast	43	85			
XIII.	Schwarzerle	ober dem Stoche	56	295	Sandiger Lehm- boden Nordseite; am Bache	Ponie- schitz	Astausschnitt anderem Baum entnommen
XIV.	<i>Alnus glutinosa</i>	7.0 M. über dem Stoche	50	230			
XV.	L.	Ast	58	70			
XVI.	Weisserle	ober dem Stoche	60	280	Feuchter Boden Thal	Alt- thier- garten	Aeste zu schwach, daher nicht ver- wendbar
XVII.	<i>Alnus incana</i> L.	8 M. über dem Stoche	33	170			
XVIII.	Salweide	ober dem Stoche	—	—	Sandboden Oestliche Ab- dachung	detto	Aeste zu schwach, daher nicht ver- wendbar
XIX.	<i>Salix caprea</i> L.	4 M. über dem Stoche	25	160			
XX.	Winterlinde	ober dem Stoche	79	280	Lehmboden mit Sand gemengt Feucht Sanfte Lehne gegen Westen	Ponie- schitz	Astausschnitt anderem Baum entnommen
XXI.	<i>Tilia parvifolia</i>	5.5 M. über dem Stoche	61	210			
XXII.	L.	Ast	30	70			

Zeichen	Holzart	Baumtheil (Ausschnitt)	Alter	Mittlerer Durchmesser des Ausschnittes	Lage und Beschaffenheit des Standortes	Revier	Bemerkung
XXIII.	Feldulme	ober dem Stoche	84	300	Humoser sandi- ger Lehm, zwi- schen Steingeröll Südliche Ab- dachung am Fusse des Berges	detto	Astausschnitt von demselben Baum
XXIV.	<i>Ulmus campestris</i>	5.5 M. über dem Stoche	67	220			
XXV.	L.	Ast	52	78			
XXVI.	Bergahorn	ober dem Stoche	83	270	detto	detto	Astausschnitt von demselben Baum
XXVII.	<i>Acer Pseudo- Platanus</i>	6 M. über dem Stoche	72	190			
XXVIII.	L.	Ast	33	100			
XXIX.	Weissbuche	ober dem Stoche	153	260	Hügliches Terrain Feucht Westliche Ab- dachung	Alt- thier- garten	Astausschnitt von demselben Baum
XXX.	<i>Carpinus Betulus</i>	8 M. über dem Stoche	—	—			
XXXI.	L.	Ast	—	—			
XXXII.	Rothbuche	ober dem Stoche	132	320	Sandiger Lehm- boden Nördliche Ab- dachung	Ponie- schütz	Astausschnitt von demselben Baum
XXXIII.	<i>Fagus sylvatica</i>	7 M. über dem Stoche	91	270			
XXXIV.	L.	Ast	68	78			
XXXV.	Trauben- eiche	ober dem Stoche	225	330	Ebene Sandboden Südliche Lage	Alt- thier- garten	Astausschnitt anderem Baum entnommen
XXXVI.	<i>Quercus Robus</i>	9 M. über dem Stoche	159	260			
XXXVII.	L.	Ast	80	108			
XXXVIII.	Stioleiche	ober dem Stoche	63	310	Ebenes Terrain Lehmiger, feuch- ter Boden	detto	Astausschnitt von demselben Baum
XXXIX.	<i>Quercus pedunculata</i>	8 M. über dem Stoche	38	250			
XL.	Hoffm.	Ast	28	80			

(Belastung und Formveränderung) an jener Stelle des Diagramms bestimmt, bei welcher noch wenigstens sehr nahe die Formveränderungen proportional den äusseren Belastungen sind. Der nach diesen Daten berechnete Werth gibt den mittleren Elasticitätsmodul innerhalb der Elasticitätsgrenze.

Der grossen Zahl wegen (nahezu zweihundert) sind die Diagramme nicht in den Text aufgenommen.

Bezüglich des verwendeten Probematerials sei noch Folgendes bemerkt:

Die Probestücke waren möglichst genau bearbeitet, und zwar kurz vor der Vornahme des Versuches nochmals gerichtet, um ein etwaiges Werfen oder Verziehen des

Stückes zu beheben. (Die Anfertigung der Probestücke wurde unter meiner Aufsicht in Prag vorgenommen.) Die Dimensionen des Querschnittes der Probestücke wurden an acht bis zehn Stellen gemessen, und aus diesen das arithmetische Mittel genommen, um den mittleren Probequerschnitt in Rechnung ziehen zu können.

Die mechanischen Grössen, sowie die verschiedenen Coefficienten (wie auch die sämtlichen Versuchsergebnisse) wurden entweder mittelst Tabellen oder mit der Thomas'schen Rechenmaschine bestimmt.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen sei nun das Versuchsmaterial und die Resultate der Versuche selbst besprochen.

Durch die Munificenz Sr. Durchlaucht des Herrn Fürsten Johann Adolf zu Schwarzenberg wurden mir aus den fürstlichen Waldungen bei Frauenberg vierzehn verschiedene Holzarten zu den Versuchen zur Verfügung gestellt, und zwar je ein Ausschnitt vom untersten Theile des Stammes, sowie von jenem Theil desselben, der in einer gewissen Höhe über dem Stocke lag, und endlich vom Astholze (also drei Ausschnitte von jedem Baume), je 1 Meter lang sammt Rinde geliefert.

In der auf Seite 4 und 5 befindlichen Tabelle sind die einzelnen Holzarten benannt und ist zugleich angegeben: welcher Stelle des Baumes der betreffende Ausschnitt entnommen, sowie die Zahl der Jahresringe (Alter), der mittlere Durchmesser und der Standort, die Lage und Bodenbeschaffenheit, endlich das Revier, aus dem die untersuchten Holzmaterialien stammen.

Die Forste, welchen diese Bäume entstammen, haben eine Seehöhe von 410 bis 500 Meter. Genaue Daten bezüglich der meteorologischen Verhältnisse standen mir nicht zu Gebote. Nach einer in der Nähe befindlichen Beobachtungsstation war die mittlere Niederschlagsmenge pro Jahr 580 Mm., die mittlere Sommertemperatur 18.0 Grad, die mittlere Wintertemperatur  $-0.25$  Grad, die mittlere Jahrestemperatur 8.75 Grad.

Die Fällung der Bäume erfolgte in der Zeit vom 22. und 23. Mai 1878.

Die Zusendung der Ausschnitte erfolgte von Frauenberg zu Wasser, und zwar als Oberladung eines Prahmes, daher die Versuchsmaterialien (als Ausschnitte) von ungeflössten Hölzern stammen.

Die betreffenden Holzarten wurden sofort, ohne zu lagern, der Bearbeitung unterzogen; doch waren sämtliche Probestücke zur Zeit der Durchführung der Versuche vollständig lufttrocken.

Weitere Bemerkungen sind bei der Besprechung der einzelnen Versuche angeschlossen.

### Zugversuche.

Zur Erprobung des Materials auf seine Zugfestigkeit in der Faserrichtung waren Probestücke von rechteckigem Querschnitt verschiedener Grösse vorbereitet. Die Schwierigkeit bei diesen Versuchen liegt, wie schon früher erwähnt, hauptsächlich darin, die richtige Form des Probestückes zu wählen und auch theilweise den verschiedenen Holzarten entsprechend anzupassen. Es folgt im anderen Falle sehr häufig ein Abscheeren oder Ausreißen des Kopfes desselben. Die Probestücke waren von durchaus gleicher Breite, und die beiden Enden (Einspannköpfe) auf circa 15 Mm. (bei weichen Hölzern durch Aufleimen von harter Fournier etc.) verstärkt. Die Enden der Probestücke wurden dann mittelst Gebisse von autoclavischer Wirkung in die Maschine eingespannt. Hierbei handelte es sich

aber wesentlich darum, eine vollständig centrische und richtige Einspannung zu erreichen, da sonst ein Verziehen des Stabes unvermeidlich stattfinden müsste.

Die Stücke sind sämmtlich aus nahe der Mitte des Querschnittes gelegenen Theilen desselben entnommen, daher sämmtlich Kernholz.

Da die eine Dimension des Querschnittes stets viel grösser als die andere war, und auch grössere Querschnitte vorkamen, so wurden zwei Instrumente zum Messen der Ausdehnungen angewendet. Die Instrumente, welche natürlich gleichzeitig functioniren, sind an möglichst entfernt von einander liegenden Punkten des Querschnittes in gleicher horizontaler Lage befestigt, um auf diese Weise zwei möglichst entfernt von einander liegende Fasern zu beobachten und schliesslich die mittleren Dehnungen bestimmen zu können.

Um bezüglich des Verhaltens der verschiedenen Holzarten bei gleichartigen Versuchen einen Vergleich machen zu können, wurde die Probelänge (Markenentfernung, d. i. Entfernung der Befestigungspunkte der Instrumente) bei fast allen Zugversuchen gleich genommen und sind die erhaltenen Werthe der Dehnungen sowohl absolut als auch in Beziehung zur Probelänge bestimmt.

In der nachfolgenden Tabelle sind nun die Resultate von dreiunddreissig Zugversuchen zusammengestellt und dürften dieselben einer weiteren Erklärung nicht benöthigen. Die Angaben über die Streckung nach dem Bruche fehlen, und zwar deshalb, weil dieselben entweder sehr klein sind (das Holz zieht sich wieder zusammen) oder wegen Reissen des Stabes derselbe nicht mehr ganz zusammengebracht werden kann. Von einer Contraction ist ebenfalls nichts zu merken, und zwar schon in Folge des unregelmässigen Bruches.

Was nun die Resultate selbst betrifft, so wäre Folgendes zu bemerken:

Die Zug-Elasticitätsgrenze zeigt sich im Allgemeinen bei dem Untertrummholze höher als beim Mitteltrummholze und diese liegt in manchen Fällen sehr bedeutend höher als jene beim Astholze.

Die Elasticitätsgrenze für Zug liegt circa zwischen 0.2 und 0.5 des Werthes der absoluten Zugfestigkeit (Bruchgrenze). Die Ausdehnungen an derselben sind beim Untertrummholze am grössten, kleiner beim Mitteltrummholze, am kleinsten beim Astholze.

Der Elasticitätsmodul zeigt sich bei allen Holzarten beim Mitteltrummholze am grössten, beim Untertrummholze kleiner, jedoch in den meisten Fällen noch immer grösser als beim Astholze.

Die absolute Zugfestigkeit (Bruchgrenze) zeigt sich dagegen hauptsächlich beim Unterholze grösser als beim Mittelholze und Astholze.

Es stellt sich somit nach diesen Zugversuchen heraus, dass das Unterholz nicht nur eine grössere Elasticität, sondern auch eine grössere Festigkeit besitzt als das Mittelholz, welchem eine grössere Steifheit zukommt. In Bezug auf die Festigkeit steht das Astholz dem Mittelholze nach, bezüglich der Elasticität dagegen hält es zwischen dem Unter- und Mittelholze die Mitte.

Der Bruch erfolgte bei den meisten Stäben (wo eben der Kopf nicht abgescheert wurde oder ausriss) nicht in einem Querschnitte, sondern in zwei oder mehreren von einander entfernt liegenden, die durch einen oder mehrere Längsrisse mit einander in Verbindung standen. Manchmal, namentlich bei den Nadelhölzern, war der Bruch sehr splitterig, nur bei wenigen war derselbe stumpf und kurzfasrig.

Die Art des Bruches ist in der Tabelle unter „Bemerkungen“ angegeben.

## Ergebnisse der Zugversuche

mit Holzarten aus den fürstl. Johann Adolf zu Schwarzenberg'schen Waldungen im Böhmerwald.

Zugrichtung parallel mit der Faserrichtung.

Ausgeführt vom 1. bis 7. Juli und 19. bis 21. August 1878.

Fortlaufende Nummer	Material		Dimensionen des Querschnitts				Probeklänge in Ctm.	Elasticitätsgrenze in Klg. pro Ctm.	Ausdehnung an der Elasticitätsgrenze			Elasticitätsmodul in Klg. pro Ctm.	Bruchgrenze in Klg. pro Ctm.	Bemerkung
			Dicke in Ctm.	Breite in Ctm.	Fläche in Ctm.	Absolut in Ctm.			Verhältnissmässig (zur Probeklänge)	Procent der Probeklänge				
1	I.	Fichte	3.27	1.55	5.07	17.0	276.24	0.055	0.00325	0.325	85280	470.8	Bruch sehr splittig.	
2	II.		5.99	1.48	8.865	17.0	141.00	0.025	0.0015	0.15	95880	>277.7	Kopf ausgerissen.	
*3	IV.	Tanne	5.84	0.739	4.316	17.0	165.7	0.0224	0.0013	0.13	134300	>689.4	Bruch zackig-splittig.	
*4	V.		6.64	0.777	5.159	15.9	168.6	0.019	0.0012	0.12	145000	736.6	detto	
5	VII.	Kiefer	4.97	1.42	7.06	17.0	205.32	0.032	0.00188	0.188	115700	>297.4	Kopf abgescheert.	
*6	VIII.		6.62	0.781	5.17	17.0	139.2	0.0193	0.0011	0.11	124000	556.1	Bruch zackig.	
*7	X.	Lärche	5.88	0.75	4.41	17.0	170.0	0.0243	0.0014	0.14	114800	>799.3	Kopf ausgerissen.	
*8	XI.		5.68	0.725	4.118	17.0	174.8	0.022	0.0013	0.13	137600	376.4	Bruch wenig splittig.	
*9	XIII.	Schwarzzerle	5.75	0.711	4.088	17.0	134.5	0.0262	0.0015	0.15	87800	397.5	Bruch mehr kurzfasrig.	
*10	XIV.		8.72	1.817	7.124	17.0	98.3	0.0162	0.00095	0.095	108400	343.9	detto	
*11	XVI.	Weisserle	8.73	0.766	6.687	17.0	112.1	0.017	0.001	0.10	113500	516.0	Bruch stumpf.	
*12	XVII.		8.57	0.781	6.692	17.0	145.0	0.0182	0.0011	0.11	135400	395.2	detto	
13	XVIII.	Salweide	4.95	1.493	7.36	17.0	203.8	0.055	0.00325	0.325	102140	>271.7	Kopf ausgerissen.	

*14	XX.	Untertrumm	4·69	1·48	6·941	17·0	172·9	0·0338	0·002	0·20	89700	>245·0	Kopf ausgerissen.
*15	XXI.	Mitteltrumm	9·13	0·78	7·121	17·0	119·4	0·019	0·0011	0·11	111900	372·3	Bruch kurzfaserig.
16	XXII.	Ast	4·89	0·886	4·33	17·0	57·73	0·014	0·0008	0·08	70060	174·36	Kernstück. <sup>1)</sup>
*17	XXIII.	Untertrumm	5·92	1·458	8·633	17·0	104·2	0·0165	0·00097	0·097	107000	>240·3	Kopf ausgerissen.
*18	XXIV.	Mitteltrumm	4·90	0·803	3·935	17·0	190·5	0·022	0·0013	0·13	158000	660·7	Bruch sehr splittiger.
19	XXV.	Ast	3·64	0·923	3·36	17·0	59·52	0·0115	0·00068	0·068	101900	275·3	Kernstück.
20	XXVI.	Untertrumm	5·91	1·445	8·54	17·0	329·27	0·062	0·00365	0·365	91670	520·2	Mit einer Aststelle. Bruch wenig splittiger.
*21	XXVII.	Mitteltrumm	4·90	0·803	3·935	17·0	228·7	0·0416	0·0024	0·24	100800	559·1	Astlos. Kernholz. Bruch splittiger.
22	XXVIII.	Ast	6·00	0·98	5·88	17·0	238·1	0·039	0·0023	0·23	111910	382·65	Kernstück. Astlos.
*23	XXIX.	Untertrumm	4·82	0·813	3·758	17·0	266·1	0·0436	0·0024	0·24	101800	763·6	Astlos. Kernholz. Bruch stumpf.
*24	XXX.	Mitteltrumm	5·86	0·77	4·512	17·0	149·6	0·026	0·0015	0·15	94200	471·0	Aststelle im Bruchquerschnitt. Bruch stumpf.
25	XXXII.	Untertrumm	5·87	1·457	8·55	17·0	175·44	0·035	0·0021	0·21	92040	>342·1	Ausreißen des Kopfes. Bruch kurzfaserig.
26	XXXIII.	Mitteltrumm	4·27	0·95	4·066	17·0	313·57	0·028	0·00165	0·165	189600	>385·6	detto
27	XXXIV.	Ast	6·00	1·05	6·30	17·0	142·86	0·0235	0·0014	0·14	115510	>317·5	Kernstück. Ausreißen der Köpfe; theilw. Abscheeren.
28	XXXV.	Untertrumm	5·97	1·45	8·669	16·8	302·79	0·0573	0·0034	0·34	89000	>608·4	Ausreißen des Kopfes.
29	XXXVI.	Mitteltrumm	5·22	1·48	7·725	17·0	261·5	0·059	0·0035	0·35	76350	>323·6	Ausreißen des Kopfes. Stumpfer Bruch.
30	XXXVII.	Ast	4·99	1·56	7·784	15·0	128·5	0·04	0·0023	0·23	60740	212·0	Probestab hatte Trocknungsrisse und riss auch an dieser Stelle. Kernstück.
*31	XXXVIII.	Untertrumm	4·80	0·826	3·965	17·0	365·7	0·062	0·0036	0·36	104700	725·1	Astlos. Bruch sehr stumpf.
32	XXXIX.	Mitteltrumm	8·36	0·753	6·29	17·0	333·86	0·0575	0·0035	0·35	101350	643·9	Astlos. Bruch mehr zackig.
33	XL.	Ast	5·13	0·93	4·79	17·0	156·6	0·021	0·00124	0·124	104400	656·63	An einer Aststelle gerissen. Kernstück. Bruch splittiger.

Mittheil. a. d. forstl. Versuchswesen Oesterr. II.

2

Die mit \* bezeichneten Versuche wurden in der Zeit vom 19. bis 21. August ausgeführt.

<sup>1)</sup> Kernstück bedeutet, dass der Kern im Probestücke (und zwar gewöhnlich in der Mitte) enthalten war.

Ergebnisse der Druckversuche

mit Holzarten aus den fürstl. Johann Adolf zu Schwarzenberg'schen Waldungen im Böhmerwald.

Druckrichtung parallel mit Faserrichtung.

Ausgeführt vom 7. bis 17. Juli 1878.

Fortlaufende Nummer	Material		Dimensionen						Probeklänge in Ctm.	Elasticitäts-grenze in Klg. pro □Ctm.	Zusammendrückung an der Elasticitätsgrenze			Elasticitätsmodul in Klg. pro □Ctm.	Absolute Druckfestigkeit in Klg. pro □Ctm.	Bemerkung
			Holzart	Baumtheil	Grundfläche			Höhe in Ctm.			Verhältnissmäßig (zur Probeklänge)	Procent der Probeklänge	Absolute in Ctm.			
					Breite in Ctm.	Länge in Ctm.	Fläche in Ctm.									
1	I.		5.97	5.97	35.64	5.98	3.00	119.95	0.00176	0.0008	0.08	236740	294.61	Bruch durch Knicken der Fasern der oberen Schichte.		
2	II.	Fichte	5.71	5.76	32.90	5.91	3.00	246.2	0.0235	0.0078	0.78	32570	300.15	Knicken der Fasern der obersten Schichte, theilweises Spalten.		
3	III.		4.95	4.95	24.50	4.95	2.50	229.6	0.00425	0.0017	0.17	135050	397.95	Kernstück. Bruch plötzlich durch Knicken der Fasern.		
4	IV.		5.96	5.96	35.52	5.92	3.00	274.47	0.0085	0.0028	0.28	98700	309.67	Plötzlicher Bruch. Knicken der Fasern mit Spalten.		
5	V.	Tanne	5.91	5.86	34.928	5.92	3.00	286.3	0.0034	0.0011	0.11	246000	314.93	Plötzlicher Bruch.		
6	VI.		4.70	4.68	21.996	4.68	2.50	215.95	0.036	0.0014	0.14	150400	443.26	Kernstück. Fasern S-förmig.		
7	VII.		5.95	5.97	35.52	5.97	3.00	310.38	0.00176	0.0006	0.06	—	337.83	Bruch durch deutliches Knicken der Fasern.		
8	VIII.	Kiefer	5.46	5.48	29.92	5.93	3.00	200.53	0.0091	0.003	0.30	66100	267.37	detto		
9	IX.		5.56	5.58	31.065	5.61	3.00	181.07	0.015	0.005	0.50	39500	181.07	Kernstück. Bruch durch Knicken der Fasern. Spalten des Würfels.		
10	X.		5.98	5.93	35.46	5.97	3.00	274.96	0.0148	0.0049	0.49	55170	>324.31	Versuch d. Max.-Belast. v. 11500 Klg. unterbrochen. Fasern schwach S-förmig.		
11	XI.	Lärche	5.95	5.96	35.462	5.99	3.00	211.5	0.0196	0.0065	0.65	31720	310.10	Fasern sehr stark S-förmig gewunden.		
12	XII.		4.96	4.95	24.55	4.98	2.50	160.5	0.0079	0.0031	0.31	52870	407.3	Kernstück. Ast durch das ganze Prisma gehend. Bruch durch denselben.		
13	XIII.		5.83	5.83	33.99	5.94	3.00	119.15	0.005	0.00168	0.168	73550	191.23	Bruch durch deutliches Knicken der Fasern.		
14	XIV.	Schwarz-erle	5.95	5.84	34.748	5.84	3.00	129.5	0.0049	0.0016	0.16	91050	197.85	detto		
15	XV.		4.72	4.74	22.373	4.74	2.50	150.85	0.0064	0.0026	0.26	54137	268.18	Kernstück. Bruch durch deutliches Knicken der Fasern.		

16	XVI.	Weiss- erle	Unter- trum Mittel- trum	5·48 5·83	5·49 5·85	30·085 34·10	5·90 5·89	3·00 3·00	138·34 115·48	0·0025 0·0039	0·0008 0·0013	0·08 0·13	168273 98970	224·36 157·62	Bruch allmählig. Knicken der Faser.  deto
17	XVII.														
18	XVIII.	Salweide	Unter- trum Mittel- trum	5·65 5·99	5·67 5·95	32·035 35·64	5·96 0·02	3·00 3·00	156·08 126·26	0·0063 0·0045	0·0021 0·0018	0·21 0·18	88760 101000	249·72 272·16	— Kernholz. Sprung pa- rallel zur Druckrichtung.
19	XIX.														
20	XX.		Unter- trum Mittel- trum	5·92 5·76	5·91 5·79	34·987 33·35	5·91 5·93	3·00 3·00	150·0 224·89	0·0006 0·011	0·0002 0·0036	0·02 0·36	— 60000	228·65 258·62	Kernholz. Spalten des Würfels.  deto
21	XXI.	Winter- linde	Mittel- trum Ast	5·76 4·56	5·79 4·58	33·35 20·885	5·93 4·57	3·00 2·50	224·89 161·6	0·011 0·0036	0·0036 0·0014	0·36 0·14	60000 117100	258·62 239·46	Kernstück. Spalten und Knicken der Faser.
22	XXII.														
23	XXIII.		Unter- trum Mittel- trum	5·83 4·92	5·83 4·90	33·99 24·11	6·00 5·44	3·00 3·00	123·57 186·57	0·00504 0·005	0·00168 0·00166	0·168 0·166	75650 131170	235·37 238·4	Kernholz. Einknicken der gegen den Kern gelegenen Fasern. Kern i. d. Druckfläche. Der- selbe ist schwach u. er- folgte Bruch b. denselben.
24	XXIV.	Feld- ulme	Mittel- trum Ast	4·92 5·54	4·90 5·54	24·11 30·69	5·44 5·63	3·00 3·00	186·57 134·4	0·005 0·0069	0·00166 0·0023	0·166 0·23	131170 66640	238·4 224·0	Kernstück. Knicken der Faser sehr deutlich.
25	XXV.														
26	XXVI.	Berg- ahorn	Unter- trum Mittel- trum	5·97 5·55	5·92 5·55	35·34 30·80	5·98 6·04	3·00 3·00	254·67 135·16	0·0115 0·005	0·0038 0·0017	0·38 0·17	67730 96690	293·6 243·51	deto Kernholz. Bruch durch eine Aststelle.
27	XXVII.														
28	XXIX.	Weiss- buche	Unter- trum Mittel- trum	5·88 5·73	5·83 5·74	34·28 32·89	5·95 5·90	3·00 3·00	161·9 127·7	0·0066 0·0030	0·0022 0·001	0·22 0·10	83800 144000	262·54 281·24	Die Seitflächen biegen sich aus. Bruch durch Einknicken der Fasern der oberen Schichte.
29	XXX.														
30	XXXII.		Unter- trum Mittel- trum	5·59 5·95	5·56 5·94	31·08 35·34	5·99 5·95	3·00 3·00	144·8 353·7	0·00064 0·0072	0·00021 0·0024	0·021 0·24	— 174300	398·16 374·93	deto deto
31	XXXIII.	Roth- buche	Mittel- trum Ast	5·95 5·30	5·94 5·32	35·34 28·196	5·95 5·33	3·00 3·00	353·7 212·8	0·0072 0·009	0·0024 0·003	0·24 0·30	174300 78670	374·93 297·91	Kernstück. Mit Aststelle. Bruch durch Knicken der Faser in oberster Schicht.
32	XXXIV.														
33	XXXV.		Unter- trum Mittel- trum	5·97 5·96	6·00 5·94	35·82 35·40	6·00 5·92	3·00 3·00	195·42 222·45	0·006 —	0·002 —	0·2 —	93300 —	251·26 264·81	Ausbauchen der Seiten- flächen. Einknicken der Fasern an mehre. Stellen. Ausbauchen der Seiten- flächen.
34	XXXVI.	Trauben- eiche	Mittel- trum Ast	5·96 4·67	5·94 4·67	35·40 21·809	5·92 4·73	3·00 2·50	222·45 172·0	— 0·0177	— 0·0071	— 0·71	— 25286	264·81 275·11	Kernstück. Knicken und Ausbauchen der Fasern bez. Flächen.
35	XXXVII.														
36	XXXVIII.		Unter- trum Mittel- trum	5·98 5·90	5·95 5·88	35·581 35·868	5·98 6·01	3·00 3·00	210·78 233·5	0·0048 0·011	0·0016 0·00366	0·16 0·366	184100 66030	382·92 345·01	deto Kern in der Druckfläche. Scharf geknickte Fasern.
37	XXXIX.	Stiel- eiche	Mittel- trum Ast	5·90 5·48	5·88 5·46	35·868 29·92	6·01 6·03	3·00 3·00	233·5 285·76	0·011 0·0121	0·00366 0·0040	0·366 0·40	66030 70281	345·01 401·07	Kernstück. Kern in der Druckfläche. Scharf ge- knickte Fasern.
38	XL.														

### Druckversuche.

Die bei denselben verwendeten Probestücke waren von prismatischer Form, und zwar dem Würfel sehr angenähert. Die Herstellung vollkommener Würfel wäre sehr umständlich und zeitraubend gewesen, weshalb davon abgesehen wurde. Die Schwierigkeiten, welche sich diesen Versuchen entgegenstellen, machen dieselben zu den langwierigsten und die meiste Vorsicht erfordernden. Diese Schwierigkeiten sind mehrfacher Art: die bedeutende Inhomogenität des Materials bedingt eine grosse Verschiedenheit im Verhalten der einzelnen Fasern unter der Einwirkung des äusseren Druckes, und ist es hier deshalb unerlässlich, zwei Instrumente anzuwenden. Die Adjustirung derselben ist wesentlich umständlicher, weil auch hier nur kleine Probelängen anwendbar sind, wodurch es bei den kleinen Längenänderungen erhöhter Aufmerksamkeit bedarf, um genaue Resultate zu erhalten. Noch vollkommener würden sich diese Versuche gestalten, wenn man bei sämtlichen Seitenflächen die Zusammendrückung messen würde. Die Versuche werden aber dadurch wesentlich schwieriger. Nicht minder einflussreich ist die Bearbeitung des Prisma (Probestückes), um nicht nur genau ebene und parallele Druckflächen, sondern auch gegen die Druckachse senkrechte Flächen zu erhalten, damit ein vollständiges Auflager an den Druckplatten erreicht wird. Die richtige centrische Lage des Stückes hat gleichfalls sehr wesentlichen Einfluss auf die Genauigkeit des Resultates.

Die Berücksichtigung aller dieser Momente macht eben diese Versuche zu den schwierigsten und langwierigsten von allen.

Die Probestücke wurden direct zwischen die Druckplatten gelegt. Der Bruch erfolgte bei den Würfeln gewöhnlich plötzlich, und zwar in der Weise, dass sich ein Umknicken der Fasern nach einer gegen die Druckachse geneigten Fläche zeigte. Nur bei einigen weichen Holzarten zeigte sich ein Einknicken in horizontaler Richtung und trat dann ein Ausbauchen der Seitenflächen ein.

Die grosse Verschiedenheit in der Homogenität des Materials brachte es mit sich, dass bei manchem Probestücke ein ungleichmässiges Zusammendrücken erfolgte, so dass die ursprünglich parallelen Druckflächen schliesslich sich schneidende Ebenen bildeten. Es erfolgte dann auch häufig ein sehr starkes Ausbiegen der einen Seitenfläche. Einzelne wenige Prismen waren nach dem Bruche S-förmig gekrümmt. Nachdem der Bruch erfolgt ist, kann man das Stück noch beliebig weit zusammendrücken. Es wird dadurch dasselbe entweder ganz zerspalten und ausgebaucht, oder es werden die Stücke nach der oben erwähnten schrägen Fläche so stark verschoben, dass ein Ausspringen desselben zu befürchten ist. Die Versuche wurden nach dem Eintritte der Bruchgrenze unterbrochen, da auch für die Resultate das Verhalten nach dem Bruche ohne Bedeutung ist. Es ist deshalb auch hier die Grösse der Zusammendrückung an der Bruchgrenze in die Resultate nicht aufgenommen.

In der auf Seite 10 und 11 befindlichen Tabelle sind die Resultate der vorgenommenen achtunddreissig Druckversuche zusammengestellt. Die Einrichtung derselben ist der früheren ähnlich.

Die Schlussresultate lassen sich in folgender Weise zusammenfassen:

Die Elasticitätsgrenze für Druck stellt sich (bei der Mehrzahl der Hölzer) beim Mittelholze höher als beim Unterholze, und beim Astholze bei vielen höher als beim Unter- und Mittelholze.

Die Zusammendrückungen sind beim Unterholze kleiner als beim Mittelholze, und diese wieder bei nahezu allen Holzarten kleiner als beim Astholze. Der Elasticitätsmodul ist beim Unterholze bei der Mehrzahl der Holzarten grösser als beim Mittelholze, beim Astholze ist bezüglich dieses Werthes eine grosse Verschiedenheit zu constatiren.

Die absolute Druckfestigkeit ist beim Unterholze nur wenig grösser als beim Mittelholze, beim Astholze dagegen grösser als bei beiden ebengenannten Arten. Es zeigt sich daher, dass die absolute Druckfestigkeit des Unterholzes wenig grösser als jene des Mittelholzes, hingegen jene des Astholzes am grössten ist; dagegen ist das Unterholz steifer als das Mittelholz, während das Astholz mancher Sorten steifer, anderer Sorten wieder elastischer ist als das Mittel- und Unterholz derselben Baumgattung.

### Biegungsversuche.

Der Querschnitt der hiebei zur Behandlung gelangten Probestücke war ein rechteckiger und wurden die Stäbe auf die Hochkante gestellt. Die Spannweite war bei sämtlichen Stäben mit 500 Mm. angenommen. Die Stäbe waren frei aufliegend. Bei der Adjustirung derselben musste auf ein gleichmässiges Auflager an den beiden Widerlagern (Rollen) und am Angriffspunkte der Kräfte gesehen werden.

Die Instrumente wurden an einer Faser der neutralen Schichte befestigt, und zwar ebenfalls so, dass die Einsenkungen der beiden Endpunkte der Probelänge, welche nicht bei allen Stäben gleich gross war, vollkommen selbstständig angegeben werden konnten. Diese Einsenkungen sind hier grösser als bei anderen Versuchsarten und deshalb die Biegungsversuche auch einfacher, wie auch die Adjustirung leichter richtig durchgeführt werden kann.

Bei diesen Versuchen erfolgt der Bruch immer in der Weise, dass die auf der Zugseite gelegenen Fasern reissen, und zwar ist der Bruch entweder stumpf (die Fasern sind kurz abgebrochen) oder derselbe ist splitterig (es werden manche Fasern auf grössere oder kleinere Längen abgelöst, manche dagegen kurz abgerissen). Manchmal erfolgt ein Abschieben des oberen Theiles von dem unteren in oder nahe der neutralen Fasern auf der Zugseite, ein Reißen der Zugfasern tritt dann nur selten ein. Die Fasern auf der Druckseite werden gewöhnlich geknickt, und zwar tritt dies auf der Oberfläche des Probestückes in Form eines Dreieckes auf, dessen Basis mit der Breite des mittleren Auflagestückes übereinstimmt und dessen Seiten nahezu 45 Grad gegen diese geneigt sind.

Ein vollständiger Bruch in Theile wurde nicht erhalten, da die Druckfasern immer zusammenhängen.

Die Resultate von vierzig Biegungsversuchen sind in der nachfolgenden Tabelle (Seite 14 und 15) zusammengestellt.

Nach denselben stellt sich die Elasticitätsgrenze für Biegung beim Unterholze höher als beim Mittelholze und jene beim Astholze höher als bei den beiden anderen Holzarten heraus. Sie liegt circa bei 0.25 bis 0.50 der Inanspruchnahme an der Bruchgrenze.

Die Einbiegungen an derselben sind beim Unterholze am kleinsten, beim Astholze am grössten. Der Elasticitätsmodul ist beim Astholze der meisten Holzarten kleiner als beim

**Ergebnisse der Biegeversuche**

mit Holzarten aus den fürstl. Johann Adolf zu Schwarzenberg'schen Waldungen im Böhmerwalde.

Ausgeführt vom 19. bis 26. Juli 1878.

Fortlaufende Nr.	Material		Dimensionen			Probeklänge in Ctm.	Elasticitäts-grenze in Klg. pro Ctm.	Einbiegung an der Elasticitätsgrenze		Elasticitäts-modul in Klg. pro Ctm.	Biege-festigkeit in Klg. pro Ctm.	Bleibende Einbiegung an der Bruchgrenze			Bemerkung		
	Zeichen	Holzart	Querschnitt	Höhe in Ctm.	Breite in Ctm.			Querschnitts-modul bez. auf Ctm.	Absolut in Ctm.			Verhältnissmäßig (zur Probeklänge)	Proc. der Probeklänge	Absolut in Ctm.		Procent der Probeklänge	Selne
1	I.	Unter-trumm	9.30	4.97	71.786	50.0	87.06	0.064	0.0013	0.13	62700	383.08	49.95	99.9	0.50	1.00	Kernholz auf der Druckseite, Aestig. Bruch splitterig. Kernholz auf der Zugseite, Astlos. Bruch splitterig. Kernstück. Sehr ästig. Bruch splitterig.
2	II.	Mittel-trumm	6.28	4.56	29.498	40.0	171.7	0.094	0.00235	0.235	78840	466.13	39.85	99.6	1.10	2.75	
3	III.	Ast	5.45	3.95	19.553	40.0	383.6	0.283	0.00708	0.708	67400	767.13	40.0	100.0	0.40	1.00	
4	IV.	Unter-trumm	7.88	3.94	40.775	50.0	160.94	0.100	0.0020	0.20	84790	444.51	49.8	99.6	1.60	3.20	Kernholz auf der Druckseite, Astlos. Gespalten. Kernholz neutrale Faser, Aestig. Bruch splitterig. Kernstück. Aestig. Bruch splitterig.
5	V.	Mittel-trumm	8.90	5.15	67.988	50.0	124.1	0.0875	0.00175	0.175	66300	432.06	49.9	99.8	0.70	1.40	
6	VI.	Ast	5.15	3.64	16.090	40.0	271.9	0.192	0.0048	0.48	77370	699.18	39.88	99.7	1.20	3.00	
7	VII.	Unter-trumm	9.46	5.26	78.454	50.0	82.85	0.0615	0.0012	0.12	70180	366.45	49.9	99.8	0.85	1.70	Kernholz, Zugfaser, Aestig. Bruch splitterig. Kernholz neutrale Faser. Mit grossen Aesten, Gespalten an denselben. Kernstück. Sehr ästig. Bruch stumpf.
8	VIII.	Mittel-trumm	9.70	5.21	81.601	50.0	76.6	0.06	0.0012	0.12	53300	287.21	49.8	99.6	1.60	3.20	
9	IX.	Ast	5.75	3.71	20.442	40.0	125.81	0.149	0.0037	0.37	41700	504.46	39.95	99.9	0.60	1.50	
10	X.	Unter-trumm	9.91	5.23	85.595	50.0	102.23	0.067	0.00134	0.134	64300	394.3	50.0	100.0	0.45	0.90	Kernholz in der neutralen Faser, Aestig. Bruch stumpf. Zugseite, Splintholz, Aestig. Bruch splitterig. Kernstück. Sehr ästig. Bruch stumpf.
11	XI.	Mittel-trumm	6.78	4.64	35.549	40.0	211.0	0.1147	0.0029	0.29	72350	545.00	40.0	100.0	0.50	1.25	
12	XII.	Ast	5.66	3.73	19.926	40.0	203.88	0.14	0.0035	0.35	68200	564.58	40.0	100.0	0.50	1.25	
13	XIII.	Unter-trumm	8.53	5.00	60.634	50.0	123.7	0.107	0.00214	0.214	59600	350.46	4.99	99.8	0.30	0.60	Kernholz, Druckfaser, Aestig. Bruch splitterig. Kernholz neutrale Faser, Aestig. Bruch splitterig. Kernstück. Sehr ästig. Bruch splitterig.
14	XIV.	Mittel-trumm	8.22	4.94	55.639	50.0	118.0	0.10	0.002	0.2	63180	393.15	4.98	99.6	0.83	1.66	
15	XV.	Ast	5.20	3.44	15.494	40.0	181.6	0.19	0.00475	0.475	51700	443.7	39.9	99.7	0.90	2.25	
16	XVI.	Unter-trumm	9.14	4.70	65.439	50.0	95.51	0.06	0.0012	0.12	74500	429.8	49.9	99.8	0.62	1.24	Astlos. Bruch splitterig. Aestig. Bruch splitterig.
17	XVII.	Mittel-trumm	7.15	3.93	33.485	40.0	141.8	0.089	0.0022	0.22	64260	438.63	39.9	99.7	0.70	1.75	

18	XVIII.	Unter- trum Salweide	9·60	5·24	80·486	50·0	102·51	0·072	0·0014	0·14	62200	407·68	49·6	99·2	1·04	2·08	Astlos. Bruch splittiger.
19	XIX.	Mittel- trum	6·26	4·23	27·627	40·0	204·05	0·106	0·00265	0·265	78670	588·40	39·8	99·5	1·00	2·50	Wenig astig. Bruch splittiger.
20	XX.	Unter- trum	9·05	4·91	67·160	50·0	111·67	0·089	0·0018	0·18	62000	335·0	49·9	99·8	1·40	2·80	Kernholz neutrale Faser. Astlos. Bruch splittiger.
21	XXI.	Mittel- trum Winter- linde	7·53	5·02	47·439	50·0	79·05	0·060	0·0012	0·12	73900	382·06	49·95	99·9	0·80	1·60	Astlos. Bruch splittiger.
22	XXII.	Ast	5·54	3·91	20·011	40·0	231·12	0·228	0·0057	0·57	60200	437·26	39·95	99·9	0·60	1·50	Kernstück. Astlos. Bruch stumpf.
23	XXIII.	Unter- trum	9·39	5·10	74·946	50·0	112·6	0·0715	0·0014	0·14	69880	375·27	49·8	99·6	0·80	1·60	Astlos. Bruch splittiger.
24	XXIV.	Mittel- trum Feld- ulme	7·69	4·56	44·932	40·0	200·25	0·124	0·0031	0·31	59660	500·63	39·8	99·5	1·50	3·75	Kernholz. Druckseite. Astig. Bruch splittiger.
25	XXV.	Ast	6·36	4·15	27·991	40·0	189·8	0·168	0·0042	0·42	47540	435·4	40·0	100·0	0·40	1·00	Kernstück. Astig. Bruch stumpf.
26	XXVI.	Unter- trum	8·76	5·05	64·587	50·0	174·2	0·1116	0·0022	0·22	73700	580·6	49·7	99·4	0·77	1·54	Astlos. Bruch stumpf. Theilweise gespalten.
27	XXVII.	Mittel- trum Berg- ahorn	7·32	4·88	43·580	40·0	186·44	0·108	0·0027	0·27	63940	501·94	40·0	100·0	0·30	0·75	Kernholz neutrale Faser. Astig. Bruch splittiger.
28	XXVIII.	Ast	8·59	5·24	64·441	50·0	213·37	0·133	0·0026	0·26	79000	509·18	49·9	99·8	0·47	0·94	Kernstück. Astig. Bruch stumpf.
29	XXIX.	Unter- trum	9·22	4·73	66·015	50·0	204·5	0·16	0·0032	0·32	60500	497·04	49·9	99·8	0·70	1·40	Kernholz. Zugfaser; in derselben Ast. Astig. Bruch stumpf.
30	XXX.	Mittel- trum Weiss- buche	6·71	4·74	35·569	40·0	302·2	0·163	0·0041	0·41	70400	632·57	40·0	100·0	0·30	0·75	Astlos. Bruch stumpf.
31	XXXI.	Ast	5·53	3·51	17·890	40·0	314·42	0·185	0·0046	0·46	84200	733·83	39·9	99·7	0·68	1·70	Kernstück. Astig. Bruch splittiger.
32	XXXII.	Unter- trum	8·68	4·97	62·534	50·0	219·00	0·112	0·00224	0·224	94700	784·57	49·8	99·6	1·00	2·00	Mit Ast. Bruch splittiger.
33	XXXIII.	Mittel- trum Roth- buche	8·65	5·07	63·225	50·0	177·9	0·085	0·0017	0·17	100600	632·66	49·8	99·6	1·12	2·24	Kernholz. Druckfaser. Astlos. Bruch splittiger.
34	XXXIV.	Ast	5·60	3·50	18·283	40·0	239·3	0·1485	0·0037	0·37	77500	588·6	40·0	100·0	0·54	1·35	Kernstück. Astig. Bruch splittiger.
35	XXXV.	Unter- trum	9·78	4·74	75·562	50·0	140·61	0·10	0·002	0·20	60700	434·24	49·9	99·8	0·30	0·60	Kernholz. Druckfaser Astlos. Bruch stumpf. Theilweise gespalten.
36	XXXVI.	Mittel- trum Trauben- eiche	7·98	4·98	52·854	50·0	212·84	0·185	0·0037	0·37	63300	473·0	49·9	99·8	0·70	1·40	Kernholz. Druckseite. Wenig astig. Bruch stumpf.
37	XXXVII.	Ast	8·64	5·24	65·194	50·0	172·6	0·16	0·0032	0·32	54200	450·58	50·0	100·0	0·42	0·84	Kernstück. Grossastig. Bruch splittiger.
38	XXXVIII.	Unter- trum	9·33	5·20	75·442	50·0	227·84	0·142	0·0028	0·28	73500	559·22	50·0	100·0	0·29	0·58	Kernholz. Druckseite. Wenig astig. Bruch splittiger.
39	XXXIX.	Mittel- trum Stiel- eiche	7·40	4·80	43·808	40·0	313·87	0·1575	0·0039	0·39	73400	677·92	39·9	99·7	1·00	2·50	Astig. Bruch splittiger.
40	XL.	Ast	6·10	4·21	26·109	40·0	402·16	0·22	0·0055	0·55	78480	790·0	39·9	99·7	0·6	1·50	Kernstück. Astig. Gespalten.

### Ergebnisse der Torsionsversuche

mit Holzarten aus den fürstl. Johann Adolf zu Schwarzenberg'schen Waldungen im Böhmerwalde.

Ausgeführt vom 10. bis 30. Juni 1878.

Portlaufende Nummer	Material		Dimensionen		Probeklänge in Ctm.	Elasticitätsgrenze in Klg. pro Ctm.	Verdrehung an der Elasticitätsgrenze		Elasticitätsmodul Klg. pro Ctm.	Torsionsfestigkeit Klg. pro Ctm.	Bleibende Verdrehung an der Bruchgrenze		Bemerkung
	Zeichen	Holzart	Durchmesser in Ctm.	Querschnittsmodul bez. auf Ctm.			Absolut in Ctm.	in Graden			Absolut in Ctm.	in Graden	
1	I.	Untertrum	8.29	111.865	40.0	30.17	0.190	2°37'33"	63850	53.64	1.60	22° 7' 0"	Mit kleinen Aesten. Riss der Länge nach.
2	II.	Mitteltrum	7.98	99.792	40.0	30.06	0.209	3° 0' 0"	40083	52.60	0.80	11°30' 0"	Kernstück. Mit kleinen Aststellen. Bruch plötzlich.
3	III.	Ast	5.95	41.349	40.0	41.72	0.202	3°53'24"	84110	81.62	1.05	20°12'35"	Kernstück. Theile trennen sich schraubenförmig ab. Mit kleinen Aesten.
4	IV.	Untertrum	8.53	121.864	40.0	22.16	0.190	2°33' 0"	49246	37.95	1.80	24° 9'22"	Astlos. Sehr stark verdreht. Der ganzen Länge nach gespalten in zwei Theile.
5	V.	Mitteltrum	7.38	78.922	40.0	33.26	0.278	4°20' 0"	46730	54.167	0.50	7°45'45"	Mit einer Aststelle, an welcher der Bruch erfolgt.
6	VI.	Ast	4.53	18.252	40.0	69.85	0.323	8°10'10"	88050	90.4	0.40	10° 7' 0"	Kernstück mit Aesten. Schalenförmige Theile abgespalten.
7	VII.	Untertrum	7.13	71.170	40.0	42.22	0.328	5°16' 0"	78670	57.96	1.10	17°40'45"	Mit Aesten. Splittiger Bruch; stark verdreht.
8	VIII.	Mitteltrum	8.41	116.793	40.0	23.12	0.159	2° 9'50"	60200	51.37	—	—	—
9	IX.	Ast	4.59	18.982	40.0	49.39	0.308	7°41'24"	65850	79.01	—	—	Kernholz. Sehr spröde. Ganz entzwei.
10	X.	Untertrum	8.43	118.048	40.0	47.01	0.29	3°56'30"	66380	73.06	1.05	14°16' 0"	Astlos; mit grossen Spiegeln.
11	XI.	Mitteltrum	6.71	59.319	40.0	35.4	0.305	5°12'36"	48170	56.72	0.50	8°32'56"	Mit Ast; Bruch nach den Spiegeln erfolgt.
12	XII.	Ast	3.96	12.193	40.0	36.91	0.164	4°45' 0"	—	180.72	0.48	13°53'24"	Kernstück mit vielen Aesten. Grosse Spiegel, nach diesen getheilt.
13	XIII.	Untertrum	7.85	94.981	40.0	21.32	0.102	1°30' 0"	90243	63.17	0.60	8°45' 5"	—
14	XIV.	Mitteltrum	7.13	71.170	40.0	33.72	0.241	3°52'23"	55463	60.07	0.65	10°26' 0"	Ast; mit dunklen Kern. Schalen abgetrennt.
15	XV.	Ast	4.82	21.98	40.0	37.53	0.32	7°37'30"	47060	85.30	1.25	29°46'50"	Kernstück; mit Aesten. Sehr zähe; stark zu verdrehen. Bruch splittig.
16	XVI.	Untertrum	7.83	94.257	40.0	20.70	0.127	1°51'30"	70000	47.74	1.10	16° 5'53"	Astlos. Schalenförmig abgesprengt.
17	XVII.	Mitteltrum	8.07	103.193	40.0	27.62	0.239	3°23'35"	51600	43.61	1.08	15°20' 0"	Astlos. Sehr dichtes Holz. Bruch langsam erfolgt.

18	XVIII.	Salweide	Unter- trum	7.74	91.044	40.0	26.36	0.127	1.052'48"	94140	78.26	1.15	17 <sup>0</sup> 0' 0"	Mit Aesten; schlechte Stelle in der Mitte, im Kern auch gerissen.
19	XIX.		Mittel- trum	5.70	36.362	40.0	30.94	0.137	2.045' 0"	93750	109.3	0.90	18 <sup>0</sup> 5' 0"	Mit dem Kern; Stab biegt sich S-förmig aus.
20	XX.	Winter- linde	Unter- trum	6.10	44.567	40.0	25.24	0.149	2.047'38"	67313	75.73	0.360	6.046' 0"	Dicht mit kleinen Aesten. Bruch plötzlich der ganzen Länge nach.
21	XXI.		Mittel- trum	6.68	58.527	40.0	20.50	0.14	2.024' 0"	56250	76.88	2.35	40.020' 0"	Stark verdreht; biegt sich S-förmig aus.
22	XXII.		Ast	3.95	12.006	40.0	24.99	0.416	12 <sup>0</sup> 4' 0"	23430	49.97	0.60	17.024' 0"	Kernstück; innen schlechte Stelle. Bruch durch Spaltung erfolgt.
23	XXIII.	Feld- ulme	Unter- trum	8.01	100.908	40.0	29.73	0.27	3.051'47"	44044	78.04	0.50	7.010' 0"	Bruch erfolgt allmählig.
24	XXIV.		Mittel- trum	5.50	32.667	40.0	27.55	0.162	3.023' 6"	72310	80.35	3.65	76 <sup>0</sup> 0' 0"	Mit Kern, Stark verdreht und sehr langsam entzwei.
25	XXV.		Ast	6.82	62.269	40.0	28.9	0.205	3.026'24"	55060	72.16	0.85	14.026'45"	Kernstück mit durchgehenden Aesten, Bruch splitterig.
26	XXVI.	Berg- ahorn	Unter- trum	8.25	110.253	40.0	57.82	0.385	5.020'50"	60000	105.44	2.10	29.010' 0"	Astlos; dichtes Holz. Bruch plötzlich.
27	XXVII.		Mittel- trum	8.16	106.684	40.0	49.21	0.282	3.057'36"	73360	94.90	1.10	15.027' 0"	Dichtes Holz; kleiner Ast. Bruch plötzlich erfolgt.
28	XXVIII.		Ast	5.90	40.316	40.0	70.69	0.355	6.054' 0"	93000	107.9	0.75	14.034' 0"	Kernstück, Längssprung bis zum Kern gehend.
29	XXIX.	Weiss- buche	Unter- trum	7.29	76.078	40.0	31.54	0.183	2.052'26"	96180	122.24	1.35	21.013' 0"	Astlos; sehr dichtes Holz.
30	XXX.		Mittel- trum	5.40	30.918	40.0	33.96	0.12	2.032'50"	110220	109.20	1.70	36.030' 0"	Mit Aesten; sehr dichtes Holz. Nach Längsachse gespalten.
31	XXXII.		Unter- trum	6.62	56.964	40.0	42.13	0.203	3.030'40"	85600	98.75	2.74	47.025'30"	Astlos; mit dunklem Kern. Sehr zähes Holz.
32	XXXIII.	Roth- buche	Mittel- trum	8.03	101.666	40.0	38.36	0.20	2.051'18"	78700	84.84	1.55	22 <sup>0</sup> 7' 0"	Astlos; sehr gleichmässiges Holz.
33	XXXIV.		Ast	7.95	98.658	40.0	30.41	0.164	2.027'50"	74170	83.62	1.65	23.047' 0"	Kernstück; mit Aesten. Sehr dicht. Keilförmige Stücke abgespalten.
34	XXXV.		Unter- trum	8.04	102.046	40.0	48.50	0.321	4.034'30"	61250	77.17	2.60	37 <sup>0</sup> 3'25"	Astlos. Stark verdreht.
35	XXXVI.	Trauben- eiche	Mittel- trum	8.41	116.793	40.0	32.11	0.205	2.048' 0"	6590	73.85	1.25	15.040' 0"	Astlos. Nach den Jahresringen abgedreht.
36	XXXVII.		Ast	4.98	22.500	40.0	50.00	0.34	7 <sup>0</sup> 5' 0"	60600	161.1	0.75	17.015'30"	Kernstück mit Aesten. Schalenförmige Theile nach den Spiegeln abgedreht.
37	XXXVIII.		Unter- trum	7.53	83.833	40.0	59.05	0.335	5 <sup>0</sup> 5'24"	74550	98.41	0.50	7.037'12"	Mit Aststelle, an welcher der Bruch erfolgt.
38	XXXIX.	Stiel- eiche	Mittel- trum	8.22	109.055	40.0	48.14	0.249	3.028'12"	82530	96.28	0.85	11.051' 0"	Bruch plötzlich, Längs- gespalten.
39	XL.		Ast	5.85	39.30	40.0	66.79	0.355	6.033'36"	86420	105.00	1.15	22.031'36"	Kernstück. Sehr dicht. Längssprünge entstanden.

Unter- und Mittelholze, und diese sind nahezu einander gleich, weiters ist die Biegefestigkeit beim Unterholze am kleinsten, beim Astholze am grössten.

In Bezug auf diese Festigkeit zeigt sich das Astholz am festesten, das Unterholz am wenigsten fest; bezüglich der Elasticität stellt sich gleichfalls das Unterholz minder elastisch, also steifer als das Mittelholz heraus, während das Astholz die grösste Elasticität besitzt. In den Rubriken über die bleibende Einbiegung nach dem Bruche ist das Verhalten der Probestücke nach dem Bruche charakterisirt.

### Torsionsversuche.

Die für diese Versuche verwendeten Probestücke hatten einen kreisförmigen Querschnitt und waren mit quadratischen Köpfen versehen, mit welchen sie in die Maschine centrisch eingepasst wurden. Zur Bestimmung der Verdrehungen wurde blos eine Faser beobachtet, was hier, wo die Formveränderungen regelmässig sind, ohne Schaden der Genauigkeit geschehen konnte. Es gestalten sich daher diese Versuche viel einfacher und leichter durchführbar, als die früher erwähnten.

Der Bruch der Torsionsstäbe erfolgte hiebei in der Weise, dass die Stücke der Länge nach gespalten wurden. Der Spalt erstreckte sich oft bis in die Mitte (neutrale Faser) des Probestückes. Bei Einigen erfolgte sogar eine Theilung in zwei oder mehrere Stücke. Wo dies nicht eintrat, wurden die Fasern kurz abgerissen; es zeigte sich daher bei einigen weichen Holzarten der Bruch splitterig. Dem Bruche ging vielfach eine bedeutende (bis 160 Grad) Verdrehung voraus und war mit dieser gewöhnlich ein S-förmiges Verdrehen und eine Verkürzung des Stabes in Verbindung, welche letzterem Bestreben die Befestigungsstücke in Folge der Einrichtung der Maschine folgen konnten.

In der auf Seite 16 und 17 befindlichen Tabelle sind die Ergebnisse der neununddreissig Torsionsversuche enthalten. Diese lassen sich in Folgendem zusammenfassen:

Die Elasticitätsgrenze für Torsion liegt beim Astholze am höchsten, beim Mittelholze am tiefsten und befindet sich circa bei  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{3}{4}$  der Inanspruchnahme des Materials an der Bruchgrenze. Die Verdrehungen sind beim Astholze ebenfalls am grössten, beim Mittelholze entweder grösser als diese oder nahezu gleich jenen beim Unterholze. Der Elasticitätsmodul ist beim Mittelholze am kleinsten, beim Unterholze theils grösser, theils kleiner als beim Astholze. Die Torsionsfestigkeit ist beim Astholze am grössten, beim Mittelholze am kleinsten. Es ist deshalb das Astholz am festesten, das Mittelholz am wenigsten fest, während mit Rücksicht auf die Elasticitätsverhältnisse das Mittelholz am steifsten, Ast- und Unterholz sich aber in dieser Beziehung nahezu gleich verhalten.

Die den Tabellen angeschlossenen Rubriken betreffs der bleibenden Verdrehung an der Bruchgrenze wurden gegeben, um ein beiläufiges Bild des Verhaltens der einzelnen Probestücke an der Bruchgrenze und nach dem Bruche zu geben.

### Abscheerversuche.

Bei diesen Versuchen wurden cylindrische Probestücke von kreisförmigem Querschnitte verwendet, und zwar war der Durchmesser bei sämtlichen Stücken nahezu gleich. Jedes Probestück wurde auf seine Scheerfestigkeit sowohl in der Faserrichtung als auch quer

gegen dieselbe untersucht und sind diese Resultate in der folgenden Tabelle (Seite 20 bis 22) von sechsundsiebzig Versuchen zusammengestellt.

Bei jenen Versuchen, bei welchen das Holz quer zur Faserrichtung untersucht wurde, drangen die beiden Abscheerbacken (deren Scheerflächen einen Winkel von circa 80 Grad mit der Verticalen einschlossen) in das Holzstück oft ziemlich tief ein und erfolgte erst dann durch Abreissen der anderen Fasern der Bruch, wobei die zwei Stücke mit Gewalt abflogen. Bei jenen Probestücken, deren Abscheerfestigkeit in der Faserrichtung untersucht wurde, war das Eindringen nur schwach und wurden die Stücke auch ruhig entzwei geschoben.

Die Festigkeit in der Richtung quer gegen die Fasern ist beim Astholz am kleinsten, beim Unterholze theils grösser, theils kleiner als beim Mittelholze, in der Richtung der Fasern ist die Festigkeit bei der Mehrzahl der Holzarten beim Mittelholze grösser als beim Ast- und Unterholze, welch' letztere sich in dieser Beziehung nahezu gleich stellen.

Fasst man nun die sämmtlichen Versuchsergebnisse zusammen, so zeigt sich, dass wegen der grossen Verschiedenheit der Werthe für die Elasticitäts- und Bruchgrenze, sowie der Moduli, für die Holzarten untereinander, eine sehr grosse Zahl<sup>1)</sup> von Versuchen nothwendig wäre, um genügende Mittelwerthe aufstellen zu können. Es wurde daher in dieser Arbeit von einer solchen Aufstellung abgesehen. Folgenden Schluss lassen die angeführten Versuche trotz ihrer verhältnissmässig geringen Zahl dennoch ziehen: Nimmt man speciell auf die Festigkeit Rücksicht, so ergibt sich nachstehende Reihe, wenn die grösste Festigkeit vorangesetzt wird: Astholz, Unterholz, Mittelholz. In Bezug auf Elasticität, wenn die grösste Elasticität vorausgesetzt wird: Astholz, Unterholz, Mittelholz, woraus das Schlussergebniss resultirt, dass dem Holze von grösserer Festigkeit auch die grössere Elasticität zukommt.

Schliesslich mögen noch die Resultate einer kleinen Reihe von Zug- und Druckversuchen mit Hölzern aus dem Flachlande Böhmens (Tabellen Seite 23 und 24) angeschlossen werden. Die Bäume, denen die Probestücke (Ausschnitte) entnommen sind, waren auf einer gegen Norden gelegenen Lehne gestanden. Der Untergrund war Lehm mit Kies gemischt.

Diese Holzarten wurden blos auf Zug- und Druckfestigkeit untersucht. Die Probestücke hatten für die Zugversuche kreisförmigen Querschnitt, waren für die Druckversuche nahezu als gleichseitige Cylinder adjustirt und wurden dieselben direct zwischen die beiden Druckplatten gelegt.

Bei vielen Zugstäben sind die Befestigungsköpfe abgescheert, und für diese Fälle die approximative Abscheerfestigkeit eingesetzt worden.

Es zeigt sich auch hier wieder, dass im Allgemeinen das Astholz fester als das Unterholz, und dieses fester als das Mittelholz ist.

<sup>1)</sup> Es liegt in der Absicht der k. k. forstlichen Versuchsleitung derartige Untersuchungen in grösserem Massstabe, für Fichte, Lärche und Schwarzkiefer durchführen zu lassen. v. Seckendorff.

### Ergebnisse der Abscheerversuche

mit Holzarten aus den fürstl. Johann Adolf zu Schwarzenberg'schen Waldungen im Böhmerwald.

Ausgeführt vom 17. bis 19. Juli 1878.

Fortlaufende Nummer	Material			Richtung des Drucks gegen die Faserichtung	Dimensionen		Abscheerfestigkeit Klg. pro □Ctm.	Bemerkungen	
	Zeichen	Holzart	Baumtheil		Durchmesser in Ctm.	Fläche des Querschnitts in □Ctm.			
1	I.	Fichte	Untertrumm	⊥	3·55	9·90	295·4		
2					3·53	9·78	43·4		
3	II.		Mitteltrumm	⊥	3·55	9·90	222·2		
4					3·53	9·78	58·8		
5	III.		Ast	⊥	3·53	9·78	224·9		Kernstück
6					3·55	9·90	37·8		
7	IV.	Tanne	Untertrumm	⊥	3·54	9·84	266·7		
8					3·55	9·90	25·2		
9	V.		Mitteltrumm	⊥	3·54	9·84	279·5		
10					3·56	9·95	37·7		
11	VI.		Ast	⊥	3·53	9·78	217·3		Kernstück
12					3·52	9·73	66·8		
13	VII.	Kiefer	Untertrumm	⊥	3·54	9·84	223·5		
14					3·53	9·78	30·67		
15	VIII.		Mitteltrumm	⊥	3·55	9·90	204·5		
16					3·55	9·90	32·8		
17	IX.		Ast	⊥	3·54	9·84	162·6		Kernstück
18					3·56	9·95	60·3		
19	X.	Lärche	Untertrumm	⊥	3·56	9·95	231·1	Die Fasern wurden förmlich abgeschnitten	
20					3·54	9·84	38·1		
21	XI.		Mitteltrumm	⊥	3·55	9·90	262·6		
22					3·55	9·90	48·0		
23	XII.		Ast	⊥	3·52	9·73	154·1		Kernstück
24					3·55	9·90	65·6		

Fortlaufende Nummer	Material			Richtung des Drucks gegen die Faser-richtung	Dimensionen		Abscheerfestigkeit Klg. pro □Ctm.	Bemerkungen	
	Zeichen	Holzart	Baumtheil		Durchmesser in Ctm.	Fläche des Querschnitts in □Ctm.			
25	XIII.	Schwarz- erle	Unter- trumm	⊥	3·54	9·84	254·0		
26					3·53	9·78	58·8		
27	XIV.		Mittel- trumm	⊥	3·53	9·78	204·5		
28					3·55	9·90	55·5		
29	XV.		Ast	⊥	3·55	9·90	227·2		Kernstück detto
30					3·55	9·90	60·6		
31	XVI.	Weisserle	Unter- trumm	⊥	3·52	9·73	192·7		
32					3·51	9·84	33·0		
33	XVII.		Mittel- trumm	⊥	3·50	9·62	239·0		
34					3·55	9·90	30·0		
35	XVIII.	Salweide	Unter- trumm	⊥	3·55	9·90	179·3		
36					3·56	9·95	67·84		
37	XIX.		Mittel- trumm	⊥	3·58	10·06	273·4		
38					3·55	9·90	70·7		
39	XX.	Linde	Unter- trumm	⊥	3·54	9·84	256·6		
40					3·60	10·18	39·3		
41	XXI.		Mittel- trumm	⊥	3·51	9·67	217·1		
42					3·56	9·95	42·7		
43	XXII.		Ast	⊥	3·54	9·84	193·0		Kernstück detto
44					3·57	10·00	50·0		
45	XXIII.	Feldulme	Unter- trumm	⊥	3·54	9·84	304·9		
46					3·56	9·95	45·2		
47	XXIV.		Mittel- trumm	⊥	3·55	9·90	237·4		
48					3·52	9·73	77·0		
49	XXV.		Ast	⊥	3·56	9·95	301·5		Kernstück detto
50					3·54	9·84	45·7		

Fortlaufende Nummer	Material			Richtung des Drucks gegen die Faser-richtung	Dimensionen		Abscheerfestigkeit Klg. pro □Ctm.	Bemerkungen		
	Zeichen	Holzart	Baumtheil		Durchmesser in Ctm.	Fläche des Querschnitts in □Ctm.				
51	XXVI.	Bergahorn	Untertrumm	⊥	3·55	9·90	265·1			
52				3·55	9·90	55·5				
53	XXVII.		Mitteltrumm	⊥	3·54	9·84	340·4			
54				3·55	9·90	90·9				
55	XXVIII.		Ast	⊥	3·53	9·78	317·0		Kernstück detto	
56				3·55	9·90	70·7				
57	XXIX.	Weissbuche	Untertrumm	⊥	3·55	9·90	303·0			
58				3·55	9·90	70·7				
59	XXX.		Mitteltrumm	⊥	3·53	9·78	317·0			
60				3·55	9·90	73·2				
61	XXXII.		Rothbuche	Untertrumm	⊥	3·55	9·90		414·1	
62					3·54	9·84	71·1			
63	XXXIII.	Mitteltrumm		⊥	3·53	9·78	368·1			
64				3·54	9·84	91·4				
65	XXXV.	Traubeneiche		Untertrumm	⊥	3·53	9·78	204·5		
66					3·54	9·84	66·0			
67	XXXVI.		Mitteltrumm	⊥	3·55	9·90	176·7			
68				3·55	9·90	75·7				
69	XXXVII.		Ast	⊥	3·53	9·78	276·1	Kernstück detto		
70				3·55	9·90	37·8				
71	XXXVIII.	Stieleiche	Untertrumm	⊥	3·55	9·90	323·2			
72				3·52	9·73	107·91				
73	XXXIX.		Mitteltrumm	⊥	3·54	9·84	376·0			
74				3·54	9·84	76·21				
75	XL.		Ast	⊥	3·56	9·95	397·0		Kernstück detto	
76				3·56	9·95	70·4				

Sämmtliche Versuchsstücke waren aus Kernholz hergestellt. Bei denen der Aeste war der Kern im Stücke enthalten (Kernstück).

### Ergebnisse der Zugversuche

mit Holzarten aus den gräfl. Althann'schen Waldungen bei Jitschin (Böhmen).

Ausgeführt am 28. Juli 1878.

Fortlaufende Nummer	Material		Alter	Dimensionen des Probestabes		Absolute Zugfestigkeit Klg. pro □Ctm.	Abscheer- festigkeit (approximativ) Klg. pro □Ctm.	Bemerkung
	Holzart	Stamm- theil		Durch- messer in Ctm.	Fläche in □Ctm.			
1	Eiche	Unter- trumm	28	2·06	3·33	> 675·7	63·6	Kopf abgeseert Kernstück
2		Mittel- trumm	24	2·04	3·27	634·5	—	Kernstück
3	Weissbuche	Unter- trumm	23	2·10	3·46	> 722·5	78·1	Kopf abgeseert Kernstück
4		Mittel- trumm	20	2·04	3·27	> 779·8	80·0	Kopf abgeseert Kernstück
5	Ulme	Unter- trumm	40	1·96	3·02	> 705·6	45·2	Kopf abgeseert Kernstück
6		Mittel- trumm	20	2·03	3·23	> 650·1	61·7	Kopf abgeseert Kernstück
7		Gipfel	18	2·14	3·60	> 520·8	61·7	Kopf abgeseert Kernstück
8	Spitzahorn	Unter- trumm	23	2·09	3·43	634·1	—	Kernstück
9	Aspe	Unter- trumm	23	2·07	3·36	> 357·1	36·0	Kopf abgeseert Kernstück
10		Mittel- trumm	16	1·99	3·11	209·0	—	Kernstück
12	Linde	Unter- trumm	25	2·03	3·60	> 464·4	45·0	Kopf abgeseert Kernstück
13		Mittel- trumm	20	2·03	3·23	232·2	—	Kernstück

### Ergebnisse der Druckversuche

mit Holzarten aus den gräfl. Althann'schen Waldungen bei Jitschin (Böhmen).

Ausgeführt am 26. und 27. Juli 1878.

Fortlaufende Nummer	Material		Alter	Dimensionen des Probestückes			Absolute Druckfestigkeit Klg. pro □Ctm.	Bemerkung
	Holzart	Stammtheil		Durchmesser in Ctm.	Druckfläche in □Ctm.	Höhe in Ctm.		
1	Eiche	Untertrumm	28	4.49	15.83	4.77	281.1	Ausbauchen der Mantelfläche. Theilweises Knicken der Fasern.
2		Mitteltrumm	24	4.77	15.975	4.96	234.7	detto.
3	Weissbuche	Untertrumm	23	4.86	18.55	4.90	270.6	Ausbiegen der Mantelfläche.
4		Mitteltrumm	20	4.11	13.267	4.52	282.6	detto.
5	Ulme	Untertrumm	40	5.96	27.90	6.10	344.3	Kernstück. Die Fasern geknickt.
6		Mitteltrumm	20	4.65	16.98	4.65	304.8	Knicken der Fasern.
7		Gipfel	18	4.93	19.09	5.05	196.4	Scharfes Knicken der Fasern vorkommend.
8	Spitzahorn	Untertrumm	23	5.19	21.155	5.31	270.6	Knicken der Fasern.
9	Aspe	Untertrumm	22	4.44	15.48	4.52	185.7	Knicken und Splintern.
10		Mitteltrumm	16	4.51	15.975	4.57	234.74	Ausbiegen der Mantelfläche.
11	Linde	Untertrumm	30	4.72	17.497	4.90	185.74	Spalten des Cylinders.
12		Untertrumm	24	4.34	14.79	4.70	229.9	detto.
13		Mitteltrumm	18	4.40	15.20	4.67	172.6	Knicken der Fasern und Spalten des Cylinders.

# *Melampsora salicina*, der Weidenröst.

Eine monographische Studie

von

F. v. Thümen.

(Mit Tafel I.)

## I. Allgemeines.

Seitdem Castagne<sup>1)</sup> die Gattung *Melampsora* aufgestellt und zuerst auf die, lebende und welke Pflanzen von *Euphorbia Peplus* Lin. bewohnende Art begründet hat, wozu er im Supplement später auch bereits ganz richtig diejenige Species rechnete, welche auf abgestorbenen Pappelblättern vegetirt (*Melampsora populina* Cast. Tul.), haben sich zahlreiche Botaniker mit diesem Genus beschäftigt und hat dasselbe ganz besonders deren Aufmerksamkeit auf sich gezogen und das Interesse der beteiligten Kreise erweckt.

Hierzu trug vornehmlich der eigenthümliche Charakter der in diese Gattung gehörigen Pilze bei; die Stylosporen- (*Uredo*- oder Sommersporen-) Form ist allerdings sofort für Jedermann als Uredinee erkenntlich, umgekehrt jedoch verhält es sich mit den Teleutosporen (Dauer- oder Wintersporen), der eigentlichen *Melampsora*, welche in ihrem Habitus, makroskopisch betrachtet, gar nichts von einer Uredinee an sich hat. Die festen, flachen, oft weit ausgebreiteten, dunkelbraun, meist tiefschwarz gefärbten Lager, stets von der Cuticula bedeckt und nur äusserst schwer oder gar nicht vom Nährboden ablösbar, entsprechen durchaus nicht dem allgemein angenommenen Characteristicum der Rostpilze.

Daher kommt es denn auch, dass verhältnissmässig sehr spät erst die richtige Stellung der hierher gehörigen Pilze erkannt wurde. Castagne a. a. O. war der Erste, welcher nicht nur die Zusammengehörigkeit seiner *Melampsora Euphorbiae* mit der *Uredo Euphorbiae* Pers. ahnte „*cette plante est quelquefois entourée de l'Uredo Euphorbiae, qui semble s'être développé auparavant*“, sondern welcher auch bereits die systematische Stellung seiner neuen Gattung bei den Uredineen richtig erkannte.

Im Jahre 1847 stellte dann Leveillé<sup>2)</sup> die ihm bis dahin bekannt gewordenen, allerdings nur wenigen *Melampsora*-Arten als eventuelle Uredineen zusammen.

Vier Jahre später als Castagne noch, 1849, brachte der grösste, genialste und scharfblickendste aller Mykologen aller Zeiten, Elias Fries, in seiner classischen „*Summa vegetabilium Scandinaviae*“ auf Seite 482 die Gattung *Melampsora* in den Appendix zu der

<sup>1)</sup> Catalogue des plantes qui croissent naturellement aux environs de Marseille (Aix 1845) p. 206 und Supplement p. 80.

<sup>2)</sup> Annales des sciences naturelles, Botanique. 1847, VIII. p. 375.

Mittheil. a. d. forstl. Versuchswesen Oesterr. II.

Gruppe der Illosporaceen der Gymnomyceten-Ordnung, setzte hinter das Wort „sporae“ ein Fragezeichen, erkannte aber doch andererseits bereits instinctiv richtig, dass seine nunmehrigen *Melampsora*, die früheren *Sclerotium salicinum* Fr. und *Sclerotium areolatum* Fr., letzteres auf *Prunus Padus*-Blättern, ebenfalls zu diesem, ihm wohl noch etwas fragwürdig erscheinenden Genus gehörten. Doch auch der eventuellen Zusammengehörigkeit mit der *Uredo*-Form gedenkt er in der Anmerkung zu *Melampsora (Sclerotium) populina* mit den Worten „in *Populo balsamifera* vidi tubercula, quorum dimidia pars erat *Uredo*, altera *Melampsora*! *Structura tamen magis differt, quam que conjungatur*“.

In älteren Zeiten wurden die jetzt als *Melampsora*-Arten bekannten Pilze alle für Sclerotien gehalten und Persoon<sup>1)</sup> führt ein *Sclerotium populinum* an, während De Candolle<sup>2)</sup> ein *Sclerotium salicinum* aufstellte, welchem dann Fries<sup>3)</sup> noch *Sclerotium areolatum* hinzufügte und später<sup>4)</sup> alle drei in seine Gruppe *Xyloma* der Sclerotien mit noch mehreren anderen heterogenen Formen vereinigte.

Erst im Jahre 1854 wurden durch die Gebrüder Tulasne in ihrem „*Second Mémoire sur les Ustilaginées et Uredinées*“<sup>5)</sup> die gesammte Entwicklungsgeschichte der Gattung *Melampsora* bekannt gemacht, ihre Stellung unter den echten Uredineen, nahe bei *Coleosporium* präcisirt und eine grössere Anzahl von Species unterschieden und diagnosirt. Sie waren es auch zuerst, welche in richtiger Consequenz, entsprechend ihren bahnbrechenden, lichtspendenden Entdeckungen innerhalb aller Ordnungen des Pilzreiches hier einen regelrechten Generationswechsel, welcher früher nur geahnt, nur schüchtern angedeutet worden, erkannten und nachwiesen und die Zusammengehörigkeit der *Uredo*-Formen mit den Teleosporen zur unumstösslichen Gewissheit erhoben.

Was nun diese *Uredo*- oder Stylosporenformen anbelangt, so wurden sie von jeher, wie bereits früher erwähnt, als echte Uredineen, als typische Rostpilze anerkannt und so unter dem Gattungsnamen *Uredo* von Persoon,<sup>6)</sup> von Duby,<sup>7)</sup> von Chevallier<sup>8)</sup> beschrieben, während hingegen sie Link<sup>9)</sup> zu seiner die heterogensten Formen umfassenden Cumulativgattung *Caecoma* brachte. Leveillé<sup>10)</sup> stellte sie sowohl in dem früher erwähnten Artikel als auch später noch einmal<sup>11)</sup> zu seinen neubegründeten Gattungen *Lecythea* und *Podosporium* Lév. non Schweinz., während endlich Fries<sup>12)</sup> die Namen *Epitea* und *Podocystis* wählte und auch zuletzt<sup>13)</sup> noch beibehielt, der erstere dieser beiden Gattungsnamen ward auch später von De Bary<sup>14)</sup> acceptirt.

Die bisher unter dem Sammelnamen *Melampsora salicina* Lév. bekannten Pilze haben natürlicherweise sowohl in ihrem ganzen Habitus wie in ihrem mikroskopischen Bau, in

1) Synopsis methodica fungorum p. 125.

2) Mémoires du Musée d'histoire naturelle p. 420.

3) Observationes mycologicae Tom. II. p. 358.

4) Systema mycologicum Tom. II. p. 262—263.

5) Annales des sciences naturelles, Botanique. 1854, II. p. 94—105, p. 133 und p. 178.

6) Synopsis methodica fungorum p. 215—219.

7) Botanicum gallicum p. 893—896.

8) Flore générale des environs de Paris Tom. I. p. 408—410.

9) Caroli a Linné Species plantarum, cura Willdenow, Tom. VI. Pars 2. p. 38—41.

10) Annales des sciences naturelles, Botanique. 1847, VIII. p. 373—374.

11) D'Orbigny, Dictionnaire universel d'histoire naturelle, Art. „Uredinées“.

12) Systema mycologicum, Tom. III. p. 510

13) Summa vegetabilium Scandinaviae p. 510—511.

14) Untersuchungen über die Brandpilze p. 40.

ihrer Entwicklung und Keimung, wie in ihrem Auftreten und Vorkommen sehr viel Aehnlichkeiten und Analogien, wie diess ja auch schon daraus zu entnehmen ist, dass sie eben bis heute noch nicht gesichtet und getrennt wurden, sondern trotz ihrer — wie ich später nachzuweisen mich bemühen werde — bedeutenden Unterschiede, in den Fructificationsorganen vornehmlich, als zu einer Species gehörig betrachtet wurden.

Was nun zuvörderst den *Uredo*, die Stylosporenform, anbelangt, so tritt sie ausschliesslich im Sommer auf, und zwar vom Monat Juni angefangen; sie bewohnt nicht nur die Laubblätter (vornehmlich, bei einigen Arten ausschliesslich, die Unterseite), sondern auch zuweilen die grüne Rinde der jungen Triebe, ferner die Bracteen und selbst die Ovarien.

Die Form und Gestalt der Pilzhäufchen ist eine sehr verschiedene, bald sind sie ausserordentlich klein, halbkugelig, bald wieder sehr gross, bis zu einem Millimeter im Durchmesser und flach gewölbt, bald stehen sie vereinzelt, bald wieder in grosser Anzahl, dicht zusammengedrängt beieinander. Nicht selten laufen mehrere Häufchen ineinander, ein anderes Mal wieder bilden sie fast ganz regelmässig gestellte kleine Kreise oder Kränzchen. Die Farbe ist im Allgemeinen gelb-orangeroth, doch durchläuft sie zuweilen alle Nuancen vom hellsten Schwefelgelb bis zum brennenden Ziegelroth, auch fast graue kommen vor. Die Consistenz der Häufchen ist zu Anfang stets, da dann noch von der Cuticula bedeckt, eine ziemlich harte, feste, späterhin aber nach Zersprengung der Oberhaut sind sie stets pulverig-locker.

Das Mycelium hat eine intercellulare Verbreitung,<sup>1)</sup> und zwar in excentrischer Richtung. Aus demselben entwickeln sich in ungemein grosser Anzahl die Basidien oder Sporenträger, welche von verschiedener Länge, sehr schlank und dünn und farblos sind; an ihrer Spitze bilden sich die Sporen, jedoch durchaus nicht an allen, sondern eine nicht unbeträchtliche Anzahl bleibt steril. Die Sporen sind von sehr verschiedener Gestalt, von vollkommen kugelig-bis cylindrisch-elliptisch und, wie bei den Beschreibungen der einzelnen Species nachzusehen ist, auch von sehr verschiedenen Dimensionen, nicht aber, wie Tulasne a. a. O. sagen, nur zwischen 16 und 19 Mikromillimeter im Diameter schwankend, ebenso wie sie auch nicht, nach der Meinung jener Forscher nur „ovato-globosa“ sind! Die Oberfläche der Sporen, das Episporium ist ohne Ausnahme gekörnelt oder manchmal sogar fast stacheligkörnelig, ziemlich dick und wasserhell, der innere Kern, das Lumen, stets schwach gelblich tingirt.

Ausser den Sporen aber entstehen aus dem Mycelium noch zahlreiche, zwischen und neben denselben befindliche Paraphysen, jene eigenthümlichen Gebilde, deren Zweck noch immer nicht enträthselt ist, welche wir bei so unendlich vielen Species aus fast allen Ordnungen der Pilze antreffen und von denen nur das Eine feststeht, dass sie nicht, wie irrthümlicher Weise von Einzelnen früher angenommen ward, Sexualorgane sind. Die Form dieser Paraphysen bei den uns hier speciell beschäftigenden Pilzen ist eine ebenso verschiedene wie diejenige der Sporen, denn man findet sie von kugelrund bis zu langkeulenförmig, mit und ohne eigentlichen Stiel, gross und klein, aber immer farblos und mit ziemlich starker Membran. Zur Zeit wenn die Uredosporen völlig ausgereift sind und sich von ihren Basidien abgelöst haben, trennen sich auch fast stets die Paraphysen von ihren eigentlichen Stielen (deren Länge ausserordentlich variirt) und behalten nur einen längeren oder kürzeren

<sup>1)</sup> Diess hat P. Magnus sehr richtig und treffend benutzt, um die, die Familie der Melampsoreen bildenden, Gattungen zu charakterisiren. Vergleiche Sitzungsberichte der Gesellschaft der naturforschenden Freunde zu Berlin vom 20. April 1875.

Ansatz am unteren Ende, eine Art von Stielrudiment. In den späteren Beschreibungen sind immer nur diese bereits abgelösten Paraphysen gemeint und ist bei der Längen-Angabe der eigentliche Stiel stets unberücksichtigt geblieben.

Ganz abweichend und verschieden von diesen hier beschriebenen Stylosporen ist Aussehen, Bau und Entwicklung der Dauer- oder Teleutosporen, der eigentlichen *Melampsora*. Diese Teleutosporenlager oder Polster beginnen bereits in der zweiten Hälfte des Sommers sich zu zeigen, neben oder untermischt mit den Stylosporenhäufchen, mit welchen auch ihre Farbe in der allerersten Zeit übereinstimmt. Sehr bald jedoch verdunkelt sich diese, wird erst bräunlich, dann braunroth, purpurschwärzlich bis zuletzt matt tiefschwarz. Die *Melampsora* bildet grössere oder kleinere, aber stets flache, kaum merklich gewölbte Lager von einer fast immer rundlichen Gestalt; die Consistenz ist ziemlich fest, je älter desto fester und im Zustande der völligen Reife ist ein solches Lager vom Nährboden (also hier vom Weidenblatte) gar nicht loszulösen, ohne denselben zu verletzen. Die Blattepidermis bedeckt vom Anfang an bis zum Ende diese Lager, niemals werden dieselben völlig frei, stets bleiben sie intercellular oder subcutan. Im Frühjahr, wenn die *Melampsora* völlig ausgereift ist, findet man dann die Epidermis so stark reducirt und so dünn geworden, dass nur lediglich die Cuticula noch übrig geblieben ist, welche alsdann mit den Spitzen der Sporen fest verwachsen ist.

Diese Sporen selbst füllen den ganzen Innenraum des Lagers aus und sind mehr oder minder unregelmässig prismatisch-cylindrisch geformt, entweder mit abgerundeten oder abgestumpften vier Ecken oder auch fünf bis sechs Ecken besitzend, sie stehen so eng und dicht aneinander gepresst und gedrückt, dass sie förmliche Pallisaden bilden und ihre Gestalt durch den starken gegenseitigen Druck ausnahmslos eine völlig unregelmässige geworden ist. Ihre Farbe ist ein nicht zu dunkles Braun, dabei sind sie aber ziemlich durchscheinend, ihr Episporium ist glatt, dick, die Grösse schwankt nach meinen zahlreich vorgenommenen Messungen zwischen 30 und 38 Mikromillimeter in der Länge und 12 bis 16 Mikromillimeter in der Breite, respective Dicke; es stimmen diese Maasse mit den a. a. O. von Tulasne mitgetheilten 32 bis 38 für die Länge, 13 bis 16 für die Dicke fast völlig überein.

Trotz der, mit völlig apodictischer Bestimmtheit, durch zahlreiche Versuche bewiesenen Zusammengehörigkeit von Stylo- und Teleutosporen kommen doch auch bei den hier allein in Frage stehenden Formen der ehemaligen *Melampsora salicina* Fälle vor, wo nur die eine dieser Fructificationsformen isolirt auftritt, ohne dass die andere vorhergegangen oder respective nachgefolgt wäre. So beobachteten Tulasne auf *Salix viminalis* Lin. in der Nähe von Paris nicht selten ein massenhaftes Auftreten der eigentlichen *Melampsora*, ohne dass vorher auch nur eine Spur vom *Uredo* vorhanden gewesen wäre, und andererseits fanden dieselben Forscher beispielsweise auf *Salix Caprea* Lin. in grosser Menge die Stylosporen, ohne dass dann im Herbst oder Winter darauf auch Teleutosporen gefolgt wären. Ich selbst hatte ebenfalls in verschiedenen Ländern häufig Gelegenheit, eine derartige Isolation der einzelnen *Melampsora*-Generationsformen zu beobachten, da aber dergleichen auch bei anderen Uredineen nicht selten ist und durchaus nicht die eine Form auch unbedingt an das Auftreten der anderen gebunden ist (um nur ein Beispiel anzuführen, erwähne ich das häufige Auftreten von *Puccinia graminis* Pers. in Gegenden, wo *Aecidium Berberidis* Gmel. absolut fehlt, wo demzufolge sich die *Puccinia* auch fortpflanzt mit Uebersprungung der Hymenialform), so ist einem solchen Vorgange ein grösseres Gewicht keineswegs beizulegen, am allerwenigsten aber wäre aus solchen vereinzelt Fällen ein negirender Schluss auf die Zusammengehörigkeit beider Generationsformen zu ziehen.

Die Keimung ist selbstverständlich ebenfalls eine völlig verschiedene bei den Stylo- und bei den Teleutosporen. Diejenige der *Uredo*-Form, welche a. a. O. von Tulasne sehr treffend mit dem Ausdruck Sommerkeimung, „*germinatio aestivalis*“, belegt ward, geht in der Art vor sich, dass aus den Sporen in genügend mit Feuchtigkeit geschwängelter Luft sich in kurzer Zeit ein, zwei oder auch drei Keimschläuche entwickeln, welche ziemlich lang, linealisch-cylindrisch, hin- und hergebogen, einfach oder nur wenig verästelt und farblos sind. Nach Hartig a. a. O. sind die Keimschläuche, welche sich auf dem Objectglase entwickeln, sehr dick, während umgekehrt die auf Weidenblättern ausgesäten Sporen, also auf der ihnen natürlich zukommenden Unterlage, nur ausserordentlich dünne Keimschläuche entsenden.

Die Keimung der Teleutosporen ist ein etwas complicirterer Vorgang als der soeben beschriebene; Tulasne nennen sie im Gegensatz zu jener der Stylosporen „*germinatio serotina*“ oder „*germinatio vernalis*“, späte oder Frühjahrskeimung. Bei ihr bilden sich an der Spitze oder, allerdings weniger häufig, an der Basis der Teleutosporen lang-cylindrische, ziemlich dicke und farblose Promycelien oder unechte Keimschläuche, welche entweder gerade aufgerichtet oder spiralig gewunden oder auch verschiedentlich hin- und hergebogen, meistens mehrgliedrig (die einzelnen Glieder dann von ungleicher Länge) sind und fast regelmässig gegen die Spitze hin sich in vier, nur ausnahmsweise in drei Aestchen spalten. Aus dem Scheitel dieser 12 bis 16 Mikromillimeter langen, wasserhellen, füglich auch als Sterigmen zu bezeichnenden Seitenästchen entstehen die eigentlichen Sporidien, die allein zur Keimung und Fortpflanzung geeigneten Fructificationsorgane.

Die Sporidien sind fast genau kugelig, von goldgelber, glänzender Farbe und haben einen Durchmesser von 10 Mikromillimeter, ihre Membran ist glatt und dünn.

Dieser ganze Keimungsprocess fällt erst in das Ende des Winters und den Beginn des Frühjahrs, von Ende Februar bis in den April, je nach den klimatischen Verhältnissen und nur auf bereits fast ganz zersetzten Blättern sind solche *Melampsora*-Lager zu finden, welche bis zur Sporidienentwicklung vorgeschritten sind. Diese letzteren scheinen eine geraume Zeit ihre Keimfähigkeit bewahren zu können, da sie ja erst mehrere Monate nach ihrer Bildung aufs Neue die *Uredo*-Form auf den jungen Blättern hervorrufen. Andererseits wäre es jedoch auch denkbar, dass das völlige Ausreifen der *Melampsora*-Lager und die damit in Zusammenhang stehende Bildung von Sporidien durch eine ziemlich lange Zeit fort dauere, indem von den auf feuchtem Boden liegenden, bereits völlig vernichteten und gar nicht mehr erkennbaren Blättern und Blattfragmenten die Pilzlager sich ab- und auflösen, allein weiter entwickeln und erst die Sporidien dieser zuletzt, vielleicht erst im April und Mai ausgereiften Lager das Neuentstehen der Stylosporen, also die Ansteckung bewirken.

Die künstliche Infection, die Impfung, gelingt sehr leicht sowohl bei den Uredosporen als auch bei den Sporidien der Teleutosporen. Man hat nichts weiter nothwendig als bei ersteren junge, angefeuchtete Blätter mit Sporenstaub, von dessen Keimfähigkeit man sich vorher die Ueberzeugung verschafft hat, zu bestreichen und dieselben dann in einer feuchten Atmosphäre zu halten. Bei grossem Feuchtigkeitsgehalte der Luft zeigen sich schon nach sechs Tagen die ersten auf diese Weise künstlich hervorgerufenen *Uredo*-Häufchen, bei trockenerer Luft aber erst nach Ablauf von manchmal sogar zwei Wochen.

Ebenso verhält es sich auch mit den Sporidioten der Teleutosporen, welche ungefähr in demselben Zeitraum im Stande sind, neue Stylosporenhäufchen hervorzubringen.

Sehr zahlreiche, von mir durch mehrere Jahre und an verschiedenen Localitäten unternommene Versuche haben mir jedoch die unumstössliche Gewissheit verschafft, dass die Impfung mit Sporen, von der einen Weidenart entnommen, durchaus nicht immer von Erfolg gekrönt war auf den Blättern aller anderen Weidenspecies, sondern immer nur auf einzelnen davon! Ganze Versuchsreihen habe ich angestellt und beispielsweise Uredosporen von *Salix Caprea* auf junge, leicht inficirbare Blätter von *Salix aurita*, *nigricans*, *viminalis*, *purpurea* und *alba* übertragen, und zwar an demselben Tage, unter ganz gleichen äusseren Verhältnissen und unter denselben Vorsichtsmassregeln. Aber auf den Blättern der *Salix aurita* ganz allein erzielte ich ein günstiges Resultat, indem nach neun Tagen bereits auf ihnen eine Anzahl von *Uredo*-Häufchen sichtbar wurde, während noch nach vierzehn Tagen die Blätter aller anderen aufgeführten Weidenarten völlig pilzfrey waren und eine mikroskopische Untersuchung mich belehrte, dass die aufgetragenen Stylosporen wohl ausgekeimt hatten, die Keimschläuche aber sämmtlich vertrocknet und abgestorben erschienen.

Ein zweiter — gleichzeitig und unter ganz denselben Vorsichtsmassregeln und Erfolgsbedingungen — vorgenommener Controlversuch mit Uredosporen von *Salix alba* auf den Blättern von *Salix Caprea*, *aurita*, *nigricans*, *viminalis* und *purpurea* hatte analoge Resultate, denn in diesem Falle blieb die Infection auf *Salix Caprea* und *aurita* erfolglos, während sich die Blätter der drei anderen Weidenarten nach kaum einer Woche bereits erkrankt zeigten und eine grössere Anzahl *Uredo*-Häufchen gebildet waren.

Später dann unternommene Versuche mit den Stylosporen von *Salix fragilis* auf allen oben genannten Weidenarten brachten nur lauter negative Resultate, und alle im Jahre darauf mit grösster Vor- und Umsicht angestellten Versuche in derselben Richtung, wobei die mannigfachsten Combinationen von Impfungssporen und zu inficirenden Blättern zur Anwendung gelangten, hatten alle nur immer dasselbe Endergebniss.

Ziehe ich nun die Summe aus meinen nicht etwa einzelnen, sondern, wie ersichtlich, zahlreichen derartigen Uebertragungsversuchen und nehme ich dazu die bei genauer Prüfung von Hunderten von Exemplaren von mir constatirte mikroskopische Verschiedenheit von Sporen und Paraphysen, ferner auch die makroskopischen und biologischen Unterschiede so glaube ich nicht in der Annahme zu irren, dass wir es bei der bisherigen Cumulativspecies *Melampsora salicina* Lév. mit mehreren, gut und constant von einander unterschiedenen Arten zu thun haben.

Wenn auch bisher nur von einem Theil derselben beide Fruchtformen bekannt sind, während wir von den übrigen nur die Stylosporen kennen, so ist diess noch kein Grund, die von mir vorgeschlagene und weiterhin auch begründete Trennung zu negiren. Ich halte eben unerschütterlich fest an der früher<sup>1)</sup> von mir aufgestellten These: „Ist bei einer Uredinee auch nur irgend eine Fruchtform, sei es Spermogonium, Uredo, Teleutospore oder Aecidium verschieden, so ist der betreffende Pilz auch eine eigene gute Art und ist von den verwandten, mit welchen er bisher zusammengefasst wurde, zu trennen“. Eine These, gegen deren Richtigkeit und Begründung wohl kaum ein irgend stichhaltiger Einwurf zu erheben sein dürfte.

<sup>1)</sup> „Aphorismen über den sogenannten Generationswechsel der Pilze, speciell der Uredineen“ im V. Bericht des Botanischen Vereins in Landshut (Bayern) über die Vereinsjahre 1874 und 1875.

Die Ansichten Leveillé's<sup>1)</sup> waren übrigens bereits früher der hier ausgesprochenen Meinung äusserst günstig, denn er brachte die *Uredo*-Formen, welche späterhin sämmtlich als Stylosporen zu *Melampsora salicina* gezogen wurden, und welche ich nunmehr wieder als gute Species restituire, sogar in verschiedenen Gattungen unter, nämlich theils zu *Lecythea epitea* (Knz. et Schm.) Lév. und *Lecythea mixta* (Knz. et Schm.) Lév., theils zu *Podosporium Capraearum* (De C.) Lév.

Hartig<sup>2)</sup> hingegen äussert sich über diesen Punkt folgendermassen: „Die Frage, ob die auf verschiedenen Weidenarten vorkommenden Melampsoren derselben Species angehören oder specifisch verschieden sind, ist neuerdings mehr zu Gunsten der ersteren Ansicht entschieden. Ich halte aber diese Frage noch nicht als entschieden und bemerke nur, dass, während die Infection von Blättern der *Salix acutifolia* durch Uredosporen dieses Pilzes ausnahmslos gelang, wiederholte Infectionsversuche der *Salix daphnoides*, *purpurea*, *nigricans*, *silesiaca*, *triandra*, *viminialis*, *pentandra* und *cinerea* mit Uredosporen von erkrankten Blättern der *Salix acutifolia* fehlschlügen. Ich beabsichtige, diese Versuche fortzusetzen und umgekehrt die Infection der kaspischen Weide durch Sporen der *Melampsora* von Blättern anderer Weidenarten vorzunehmen“.

Man sieht, dass auch ein so gewissenhafter und genialer Beobachter wie Hartig eine Entscheidung der Frage: ob eine Species oder mehrere, noch „in suspenso“ liess, doch wird man zugeben, dass seine Versuche weit mehr für als gegen meine Ansichten sprechen.

Meine Versuche und Untersuchungen dürften die Angelegenheit wohl nun endgiltig entschieden haben, und zwar zu Gunsten der Trennung in verschiedene Species, ja es ist mir gar nicht unwahrscheinlich, dass bei fortgesetzter Beobachtung sich noch mehr gut unterschiedene Arten herausstellen werden, und zwar namentlich bei aussereuropäischen Formen. Endlich sei auch noch eines Umstandes Erwähnung gethan, welcher wesentlich geeignet erscheint, meine Ansicht zu unterstützen, und zwar ist diess die Thatsache, dass noch Niemandem ein solch' reichhaltiges Untersuchungsmaterial zu Gebote stand wie mir, dass noch Niemand ausser den zahlreichen Formen auf unseren europäischen Weidenarten auch Gelegenheit hatte, solche auf einer grösseren Anzahl von asiatischen, afrikanischen und amerikanischen *Salices* zu untersuchen!

Sehr auffallend ist auch der Umstand, dass die einzelnen von mir umgrenzten und neu aufgestellten Species nicht immer den im System angenommenen natürlichen Gruppen innerhalb der Gattung *Salix* entsprechen, sondern dass nicht nur oft dieselbe *Melampsora*-Art auf Weiden aus den verschiedensten Gruppen vorkommt, und umgekehrt wieder nicht selten auf *Salices* aus derselben Gruppe mehrere Melampsoren vegetiren. So findet sich auf Weidenarten aus fünf verschiedenen Gruppen die *Melampsora epitea* Thüm., während wir auf Arten aus der Gruppe der Saalweiden drei verschiedene Melampsoren kennen. Ein Analogon hierzu findet man nur schwer bei den übrigen Uredineen, und wenn auch Ausnahmen constatirt werden können, so findet sich doch auf nahe verwandten, zu einer Gruppe innerhalb eines Genus gehörenden Arten fast in der Regel auch dieselbe Pilzspecies.

1) Annales des sciences naturelles, Botanique. 1847, VIII. p. 373—374.

2) Wichtige Krankheiten der Waldbäume p. 121.

Was nun den durch die Stylosporenformen der ehemaligen *Melampsora salicina* verursachten Schaden anbelangt, denn nur der *Uredo* wirkt direct schädlich auf die befallenen Pflanzen ein, während die Teleutosporen nur die Fortpflanzung der Art besorgen, so ist hier nicht der Ort, darauf näher einzugehen, auch hat Hartig<sup>1)</sup> sich nicht nur in seinem grossen Werke, sondern auch noch in einer anderen kleineren Schrift<sup>2)</sup> so ausführlich darüber geäussert, dass wohl kaum viel des Neuen zu berichten wäre. Ich will mich daher beschränken auf die Bemerkung, dass ich in verschiedenen Ländern Gelegenheit hatte, mich mit der Frage des schädigenden Einflusses der Weidenrostarten bekannt zu machen, und dass ich allüberall zu constatiren vermochte, welch verderbliche Wirkung der Pilz ausübte. Am härtesten mitgenommen fand ich allerwärts die Saalweide, *Salix Caprea* Lin., ferner die Bruch-, Weiss- und Purpurweide, *Salix fragilis* Lin., *alba* Lin. und *purpurea* Lin., also lauter Arten, deren Anbau nicht zu industriellen Zwecken stattfindet. Die *Salix viminalis* Lin., welche, so viel mir bekannt, bis heute noch in den meisten Gegenden, ohne aber cultivirt zu werden, als Korbweide „par excellence“ gilt, welche also für die Bewohner die wichtigste ist, fand ich wohl auch sehr oft von den *Melampsora*-Stylosporen befallen, jedoch immer nur in sehr beschränktem Maasse und keinesfalls das Leben und Gedeihen der Sträucher in Frage stellend.

Ueber die geographische Verbreitung der auf Weiden vegetirenden *Melampsora*-Arten ist genügendes Material zu vergleichenden Bemerkungen und Studien leider noch nicht viel vorhanden. Der Natur der Sache nach sind von den Sammlern in den weniger bekannten und unbekanntem aussereuropäischen Gebieten bisher ausschliesslich nur die sehr in die Augen fallenden Stylosporenformen beachtet worden.

Aus Europa kenne ich bisher *Melampsora*en auf neununddreissig *Salix*-Arten, aus Asien auf fünf, vier aus Sibirien und eine vom Hymalaya, aus den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika auf neun und aus Afrika (Cap der guten Hoffnung) auf einer Art. Auf zwölf *Salices* vegetiren Formen, welche ich leider bisher noch nicht die Gelegenheit hatte persönlich zu untersuchen und von denen ich daher auch noch nicht festzustellen vermochte, zu welcher von meinen neuen Species sie zu bringen sein werden.

### Verzeichniss der *Salix*-Arten,

auf welchen Stylo- oder Teleutosporen der weiterhin beschriebenen *Melampsora*-Species gefunden wurden.

<i>Salix acutifolia</i> Willd. — Stylo- u. Teleutosporen — Europa	<i>Melampsora Hartigii</i> Thüm.
„ <i>alba</i> Lin. — Stylo- u. Teleutosporen — Europa	„ <i>epitea</i> Thüm.
„ <i>ambigua</i> Ehrb. — Stylosporen — Europa	„ ?
„ <i>amygdalina</i> Lin. — Stylosporen — Europa	„ <i>Castagnei</i> Thüm.
„ <i>aurita</i> Lin. — Stylo- u. Teleutosporen — Europa	„ <i>Capraearum</i> Thüm.
„ <i>Bigelowii</i> Ait. — Stylosporen — Nord-Amerika	„ <i>Bigelowii</i> Thüm.
„ <i>capensis</i> Thunbg. — Stylosporen — Süd-Afrika	„ <i>mixta</i> Thüm.

<sup>1)</sup> Wichtige Krankheiten der Waldbäume p. 121—123.

<sup>2)</sup> Die Misserfolge beim Anbau der kaspischen Weide und das Erkranken derselben durch *Melampsora salicina* Lév. in der Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1872, IV. p. 254 ff.

<i>Salix Capraea</i> Lin. — Stylo- u. Teleutosporen — Europa, Asien	<i>Melampsora Capraearum</i> Thüm.
„ <i>cinerea</i> Lin. — Stylo- u. Teleutosporen — Europa	„ <i>Capraearum</i> Thüm.
„ <i>cordata</i> Mühlbg. — Stylosporen — Nord-Amerika	„ <i>Hartigii</i> Thüm.
„ <i>cuspidata</i> Schultz. — Stylosporen — Europa	„ <i>Castagnei</i> Thüm.
„ <i>Cutleri</i> Tuckerm. — Stylosporen — Nord-Amerika	„ <i>Capraearum</i> Thüm.
„ <i>daphnoides</i> Vill. — Stylosporen — Europa, Ost-Indien	„ <i>Hartigii</i> Thüm.
„ <i>discolor</i> Mühlbg. — Stylosporen — Nord-Amerika	„ <i>Capraearum</i> Thüm.
„ <i>fragilis</i> Lin. — Stylosporen — Europa	„ <i>Vitellinae</i> Thüm.
„ <i>glabra</i> Scop. — Stylosporen — Europa	?
„ <i>glauca</i> Lin. — Stylosporen — Europa	?
„ <i>grandifolia</i> Sering. — Stylosporen — Europa	?
„ <i>hastata</i> Lin. — Stylosporen — Europa	„ <i>mixta</i> Thüm.
„ <i>Helix</i> Sm. — Stylosporen — Europa	„ <i>epitea</i> Thüm.
„ <i>herbacea</i> Lin. — Stylosporen — Europa	?
„ <i>humilis</i> Marsh. — Stylosporen — Nord-Amerika	„ <i>Capraearum</i> Thüm.
„ <i>incana</i> Schrank — Stylosporen — Europa	„ <i>epitea</i> Thüm.
„ <i>lanceolata</i> Fr. — Stylosporen — Europa	„ <i>epitea</i> Thüm.
„ <i>lanuginosa</i> Fr. — Stylosporen — Europa	?
„ <i>Lapponum</i> Lin. — Stylosporen — Europa	?
„ <i>longifolia</i> Mühlbg. — Stylosporen — Nord-Amerika	„ <i>mixta</i> Thüm.
„ <i>lucida</i> Mühlbg. — Stylosporen — Nord-Amerika	„ <i>Vitellinae</i> Thüm.
„ <i>mollissima</i> Ehrh. — Stylosporen — Europa	„ <i>Hartigii</i> Thüm.
„ <i>monandra</i> Hoffm. — Stylosporen — Europa	„ <i>epitea</i> Thüm.
„ <i>myrtilloides</i> Sm. — Stylosporen — Europa	?
„ <i>nigra</i> Wahlbg. — Stylosporen — Europa	„ <i>Hartigii</i> Thüm.
„ <i>nigricans</i> Wahlbg. — Stylosporen — Europa	„ <i>epitea</i> Thüm.
„ <i>pentandra</i> Lin. — Stylosporen — Europa	„ <i>Vitellinae</i> Thüm.
„ <i>phlomoides</i> Biebst. — Stylosporen — Asien	„ <i>Capraearum</i> Thüm.
„ <i>phyllicifolia</i> Lin. — Stylosporen — Europa, Asien	„ <i>Capraearum</i> Thüm.
„ <i>purpurea</i> Lin. — Stylosporen — Europa	„ <i>epitea</i> Thüm.
„ <i>pyrolaefolia</i> Ledeb. — Stylosporen — Asien	„ <i>mixta</i> Thüm.
„ <i>repens</i> Lin. — Stylosporen — Europa	„ <i>Capraearum</i> Thüm.
„ <i>reticulata</i> Lin. — Stylosporen — Europa	„ <i>Capraearum</i> Thüm.
„ <i>retusa</i> Lin. — Stylo- u. Teleutosporen — Europa	„ <i>epitea</i> Thüm.
„ <i>rosmarinifolia</i> Lin. — Stylosporen — Europa	„ <i>Capraearum</i> Thüm.
„ <i>rubra</i> Huds. — Stylosporen — Europa	„ <i>epitea</i> Thüm.
„ <i>silesiaca</i> Willd. — Stylosporen — Europa	„ <i>epitea</i> Thüm.
„ <i>stipularis</i> Sm. — Stylosporen — Europa	?
„ <i>triandra</i> Lin. — Stylosporen — Europa	„ <i>mixta</i> Thüm.
„ <i>tristis</i> Ait. — Stylosporen — Nord-Amerika	„ <i>Capraearum</i> Thüm.
„ <i>undulata</i> Ehrh. — Stylosporen — Europa	?
„ <i>viminalis</i> Lin. — Stylosporen — Europa	„ <i>epitea</i> Thüm.
„ <i>viridis</i> Fr. — Stylosporen — Europa	?
„ <i>vitellina</i> Lin. — Stylo- u. Teleutosporen — Europa	„ <i>Vitellinae</i> Thüm.

Endlich sei noch erwähnt, dass auch die Melampsoren und unter diesen speciell die Weiden bewohnenden Arten, obgleich selbst Parasiten, doch nicht frei von Schmarotzern sind; auf den *Uredo*-Häufchen verschiedener *Salices*, namentlich von *Salix purpurea*, tritt nämlich nicht selten ein zu den Sphaeropsideen gehöriger kleiner Pilz auf, *Darluca Filum* Biv., welcher unscheinbare schwärzliche Peritheciën und elliptisch-cylindrische, oben und unten schwach zugerundete, ein- bis dreimal quer getheilte, fast farblose Sporen besitzt und dessen Abbildung ich auf Taf. I. Fig. 11 gab.

Zum Schluss erübrigt mir nur noch, allen den geehrten Freunden und Collegen, welche mich durch so bereitwillige Einsendung von Notizen und von Exemplaren der hier in Frage stehenden Pilze zu unterstützen die Freundlichkeit hatten, meinen herzlichsten Dank auszusprechen. Ganz besonders und in erster Linie gilt derselbe aber meinem langjährigen Freunde, dem Staatsbotaniker Ch. H. Peck zu Albany N. Y., Vereinigte Staaten von Nord-Amerika, welchem ich eine complete Sammlung von Exemplaren aller bisher bekannten nordamerikanischen, *Salix* bewohnenden, *Melampsora*-Arten verdanke, eine Beihilfe, wie ich sie interessanter und wichtiger gar nicht erhalten konnte.

## II. Beschreibung der einzelnen Species.

### A. Stylosporen regelmässig oder fast regelmässig kugelig.

#### 1. *Melampsora Capraearum* Thüm. nov. spec.

Stylosporen (Taf. I. Fig. 1).

- Uredo Capraearum* De C., Flore franç. VI. p. 80. — Rabenh., Deutschl. Kryptogamen-Flora p. 8, no. 72. — Fuckel, Symb. mycol. p. 45 pr. p. — Saccardo, Mycol. ven. p. 77 pr. p.
- Caeoma Capraearum* Schlecht., Fl. Berol. II. p. 125.
- „ *mixtum* Link in Linné Spec. plant., c. Willdenow, VI. 2. p. 40.
- Erysibe Capraearum* Wallr., Fl. germ. cryptog. II. p. 204.
- Podocystis Capraearum* Fr., Summa veg. Scand. p. 512.
- Podosporium Capraearum* Lév. in Annales des sciences naturelles 1847, VIII. p. 374.
- Uredo farinosa* Pers. f. *Salicis*, Synopsis fungorum p. 217.
- „ *salica* De C., Flore franç. VI. p. 79.
- „ *Saliceti* Schlecht. in Klotzsch Herb. mycol. no. 485.
- „ *Salicis* De C., Flore franç. II. p. 230.
- Icones: Pringsheim, Jahrb. für wissenschaftl. Botanik II. Tab. 27, fig. 7. — Bischoff, Kryptogam. no. 3908.
- Exsiccata: Thümen, Fungi austriaci no. 41. — Id. Herbarium mycolog. oeconom. no. 443. — Rabenhorst, Fungi europaei no. 1773. — Klotzsch, Herb. mycolog. no. 485. — Fuckel, Enum. fung. Nassov. no. 28 d. — Id. Fungi rhenani no. 298. — Saccardo, Mycotheca veneta no. 380. — Cooke, Fungi britan. Ser. II. no. 69 (sub *Lecythea Capraearum* Lév.) — Karsten, Fungi fennici no. 393 (sub *Physonemate pallido* Bons.) — Westendorp, Herb. cryptog. Belg. no. 670. — Erbario crittogamico Italiano Ser. I. no. 798.

Diagnose: U. acervulis hypophyllis, sparsis, aut gregariis aut subsolitariis, saepe in circulo dispositis, primo firmis plano-hemisphaericisve, demum pulveraceis, aurantiacis, in speciminibus siccis subachrois vel griseo-flavidis; sporis plus minusve globosis, episporio aculeato-granuloso, 3 mm. crasso, hyalino, intus dilute aureis, 12—17 mm. diam.; paraphysibus numerosissimis, clavatis, rectis vel deorsum minime curvatis, vertice dilatato-obtusatis, hyalinis, 40 mm. long., 20 mm. crass., membrana laevi. Germinatio semper bina, opposita.

Beschreibung: Häufchen auf der Unterseite zerstreut, entweder zu zwei bis drei oder in grösserer Anzahl vereinigt, häufig förmliche kleine Kränzchen bildend, niemals die ganze Blattfläche oder wenigstens ganze grosse Partien derselben bedeckend, zu Anfang flach-halbkugelig, rund, ziemlich fest, orangeroth (bei trockenen Exemplaren ziemlich stark und schnell verblassend), zuletzt vollkommen pulverig werdend, auf der Oberseite ziemlich scharf umgrenzte dunkelstrohgelbe Flecken bildend. Die Sporen werden auf ziemlich langen aber ungleichen, schlanken, wasserhellen Trägern oder Basidien gebildet, von denen sie sich jedoch sehr bald loslösen, sie sind mehr oder minder genau kugelig, nur manchmal schwach an das Breitelliptische streifend und auch dann nur durch gegenseitigen Druck. Das Episporium ist gekörnelt, sehr dick, bis zu 3 mm., fast farblos, das Innere zwischen gold- und schwefelgelb die Mitte haltend, im Herbar aber ebenfalls sehr bald alle Farbe verlierend; der Durchmesser der Sporen beträgt 12—17 mm. Zwischen den Sporen finden sich in sehr grosser Anzahl und deren Menge weit überragend die Paraphysen von einer fast genau keulenförmigen Gestalt, sie sind entweder gerade oder gegen das untere Ende hin etwas schwach gekrümmt, farblos, 40 mm. lang, 20 mm. breit und mit glatter, circa 2 mm. dicker Membran. — Die Keimung erfolgt mit, wie es scheint ausnahmslos, zwei Keimschläuchen, welche stets eine fast genau opposite Stellung haben und ausserordentlich schlank sind, im Innern führen sie ein undeutlich körniges Plasma. Meine Infectionen mit Sporen dieser Art auf derselben Weidenspecies waren regelmässig erfolgreich.

Geographische Verbreitung: Norwegen, Kiaer! — Finnland, Karsten — Dänemark Rostrup! — Niederlande, Oudemans! — England, Cooke, Plowright! — Wallis, Vize! — Ostpreussen, Körnicke! — Lübeck, Brehmer! — Westphalen, Weihe! — Schlesien, Thümen! — Preussisch-Sachsen, Kunze! — Baiern, Thümen! — Böhmen, Thümen! — Mähren, Niessl — Nieder-Oesterreich, Thümen! — Steiermark, Niessl — Krain, Voss! — Ungarn, Kalchbrenner! — Venetien, Saccardo! — Parma, Passerini! — Schweiz, Zollikofer! — Frankreich, De Candolle, Tulasne — Belgien, Westendorp — Sibirien, Martianoff!

Ausser derjenigen Weide, welcher diese Art ihren specifischen Namen verdankt, kenne ich die betreffende *Melampsora* in ihrer Stylosporenform noch auf folgenden elf Nährpflanzen: *Salix aurita* Lin. Typisch und in nichts von der Hauptform abweichend.

Exsiccata: Thümen, Fungi austriaci no. 39. — Oudemans, Fungi neerlandici no. 14.

Geographische Verbreitung: Finnland, Karsten — Dänemark, Rostrup! — Niederlande, Oudemans! — Schlesien, Thümen! — Sachsen, Thümen! — Baiern Thümen! — Böhmen, Thümen! — Nieder-Oesterreich, Thümen! — Steiermark, Niessl — Venetien, Saccardo! — Parma, Passerini!

*Salix cinerea* Lin. Typisch.

Geographische Verbreitung: Finnland, Karsten — Fünen, Rostrup! — Pommern Sydow! — Brandenburg, Magnus — Mähren, Niessl — Krain, Voss! — Schweiz, Morthier!

- Salix Cutleri* Tuckerm. — Adirondack Mountains, New-York, Peck!
- Salix discolor* Mühlbg. Ganz typisch, die Häufchen bilden häufig die gewissen Kränzchen. — Adirondack Mountains, New-York, Peck!
- Salix humilis* Marsh. Das Auftreten des Pilzes auf dieser Nährpflanze ist oft so massenhaft, dass eine Krümmung und Kräuselung der Blätter dadurch hervorgerufen wird, aber auch auf den Bracteen finden sich zahlreiche kleinere Pilzhäufchen. — Center, New-York, Peck!
- Salix phlomoides* Bieberst. — Minussinsk in Sibirien, Martianoff!
- Salix phylicifolia* Lin. — Dänemark, Rostrup — Sibirien, Martianoff!
- Salix repens* Lin. Die Häufchen stehen auf den Blättern dieser Nährpflanze mehr vereinzelt und niemals Kränzchen bildend, sie sind ziemlich hoch, pustel- oder warzenförmig, im inneren Bau ganz mit der Normalform übereinstimmend. Auf den Bracteen ebenfalls nicht selten erscheinend.  
Geographische Verbreitung: Fünen, Rostrup! — Seeland, Thomsen! — Holland, Oudemans — Insel Usedom, Magnus — Parma, Passerini.
- Salix reticulata* Lin. — Ostpreussen, Körnicke — Schweiz, Morthier, Bernet!
- Salix rosmarinifolia* Lin. Die Häufchen entsprechen hier vollkommen jenen auf *Salix repens* und ebenso finden sich ebenfalls dergleichen auf den Bracteen.  
Geographische Verbreitung: Finnland, Karsten! — Seeland, Mortensen! — Ostpreussen, Körnicke.
- Salix tristis* Ait. — Center, New-York, Peck!

*Teleutosporen* (Taf. I. Fig. 2).

- Leptostroma salicinum* Lk., Handb. d. Gewächskunde III. p. 345. — Rabenhorst, Deutschl. Kryptogamen-Flora p. 141, no. 1284.
- Melampsora salicina* Lévl. in Ann. sc. nat. 1847, VIII. p. 375. — Tulasne in Ann. sc. nat. 1854, II. p. 98. — Fuckel, Symb. mycol. p. 45. — Saccardo, Mycologia veneta p. 77. — Heufler, Cryptog. Venet. p. 69. — Karsten, Mycologia fennica IV. p. 55. — Cooke, Handb. British Fungi p. 522, no. 1558.
- Sclerotium salicinum* Fr., Observ. mycol. II. p. 358. — De C. in Mem. de Musée d'hist. natur. p. 420.
- Xyloma frustulatum* Fr., Observ. mycol. II. p. 358.
- Xyloma salicinum* Duby, Botanicon gallicum II. p. 875.  
Exsiccata: Mougeot et Nestler, Cryptog. Voges. Rhen. no. 386 (sub *Sclerotio salicino*). — Cooke, Leaf-Fungi no. 49. — Id. Fungi britannici no. 55. — Id. Fungi britannici Ser. II. no. 155. — Thümen, Fungi austriaci no. 514 (sub *Rhytismate umbonato*). — Fuckel, Fungi rhenani no. 1665. — Oudemans, Fungi neerlandici no. 13.

Diagnose: M. acervulis epiphyllis, sine macula, semper epidermide tectis, dense gregariis, saepe confluentibus et deinde crustas subfirmas formans, mediis, plano-adpressis, subinduratis, primo aurantiacis, fero stylosporiarum coloris, demum fuscis, postremo nigris vel purpureo-atris; sporis palliformibus, plus minusve parallelogrammis, deorsum minime angustatis, vertice vix subdilatis, accumbentibus, episporio 2.5—3 mm. crasso, laevi, dilute fuscescentibus, diaphanis, 34—38 mm. long., 14—16 mm. crass.

Beschreibung: Die auf der Blattoberseite befindlichen Lager sind stets, auch noch ganz zuletzt von der endlich sehr reducirten Epidermis bedeckt, sehr dicht bei einander stehend, oft sogar zusammenfliessend und alsdann förmliche Krusten bildend, nicht sehr gross, flach, fest anliegend, ziemlich hart, zu Anfang von derselben Farbe wie die *Uredo*-Häufchen, je älter aber desto dunkler, zuletzt tief purpurschwarz werdend, auf der Unterseite des Blattes ist kein missfarbener Fleck wahrnehmbar; völlig ausgereift sind sie erst auf abgefallenen, halbfaulen Blättern. Die Sporen haben eine unregelmässige parallelogramme Gestalt, nach meiner Meinung nicht mit prismatisch zu bezeichnen, am Scheitel meist etwas breiter als an der Basis, sie stehen auf das Engste aneinander gequetscht, wodurch ihre Gestalt wesentlich alterirt wird, und bilden, wie Hartig es sehr richtig bezeichnet, förmliche Pallisaden. Das Episporium ist 2·5–3 mm. dick, glatt und ebenso wie das Innere der Spore durchscheinend bräunlich. Die Länge beträgt 34–38 mm., die Dicke 14–16 mm. Die Keimung erfolgt auf die in der ganzen Gruppe gleichen Weise, wie sie oben ausführlich beschrieben wurde.

Geographische Verbreitung: Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass auch in allen jenen Ländern, wo die Stylosporenform vorkommt, sich ebenfalls die eigentliche *Melampsora* findet und nur dem Zufall, zum Theil wohl auch der Nachlässigkeit der Beobachter es zuzuschreiben ist, dass sie noch nicht überall gefunden ward. Mir ist die Teleutosporenform auf *Salix Capraea* Lin. aus folgenden Localitäten bisher bekannt: Finnland, Karsten — Dänemark, Rostrup! — Niederlande, Oudemans! — England, Cooke! — Ostpreussen, Körnicke — Baiern, Thümen! — Württemberg, Kemmler! — Böhmen, Thümen! — Hessen, Winter! — Nassau, Fückel! — Nieder-Oesterreich, Thümen! — Mähren, Niessl — Steiermark, Niessl — Schweiz, Morthier — Parma, Passerini — Frankreich, Leveillé, Tulasne.

Ausser auf dieser Nährpflanze kenne ich die Teleutosporenform noch auf den folgenden zwei Species:

*Salix aurita* Lin. — Böhmen, Thümen! und

*Salix cinerea* Lin. — Parma, Passerini.

## 2. *Melampsora Bigelowii* Thüm. nov. spec.

*Stylosporen* (Taf. I. Fig. 9).

Diagnose: U. acervulis hypophyllis, sparsis, numquam orbiculatis, aurantiacis demum expallescens, fere hemisphaericis, subfirmis, tantum pulveraceis; sporis majoribus ut in *Melampsora Capraearum*, globosis, hyalinis (in speciminibus siccis!), episporio granuloso-spinuloso, 4 mm. crasso, hyalino, 19–24, plerumque 22 mm. diam.; paraphysibus non crebris, ovoideis vel fere globosis cum pedicello longissimo, curvulato, achrois, 30–40 mm. diam., cum pedicello 75–78 mm. longis, membrana 3·5–4·5 mm. crassa, laevi.

Beschreibung: Obwohl die Stylosporenform dieses Pilzes ziemlich viel Aehnlichkeit mit derjenigen der vorigen Species besitzt, auch die Teleutosporen noch ganz unbekannt sind, habe ich mich doch durch die so ungeheuer abweichenden Paraphysen besonders bestimmt gefühlt, vorliegende Form als eigene Art aufzufassen. Ob eventuell neue Untersuchungen reichlichen frischen Materials an Ort und Stelle diese Meinung alteriren werden, diess muss der Zukunft überlassen bleiben. — Die Häufchen stehen auf der Blattunterseite entweder einzeln oder zu mehreren beisammen, aber niemals wie bei der vorigen Species

kranzförmig angeordnet, sie sind hell orangeroth, später mattgelb, oberseits strohgelbe verschwommene Flecken verursachend, fast halbkugelig, zuerst ziemlich fest, dann pulverig werdend. Die Sporen sind grösser als bei *Melampsora Capraearum*, kugelig, haben ein warzig-stacheliges, bis 4 mm. dickes, farbloses Episporium, sind bei den trockenen Exemplaren ebenfalls ungefärbt und messen 19—24, durchschnittlich 22 mm. im Durchmesser. Die nicht so zahlreich als bei voriger Art vorhandenen Paraphysen sind eiförmig oder fast kugelig mit ungemein langem, schwach gekrümmtem, stets bleibendem, Stiel, farblos, ihr Diameter beträgt 30—40 mm., ihre Länge, den Stiel mitgerechnet, 75—80 mm., die Membran ist ziemlich dick, 3.5—4.5 mm., glatt, farblos.

Geographische Verbreitung: Bisher nur aus Californien auf lebenden Blättern der *Salix Bigelowii* Ait. Torr. bekannt. Prof. W. G. Farlow von Harvard-University theilte mir diese Art freundlichst mit, jedoch ohne den Namen des Sammlers zu erwähnen.

### 3. *Melampsora epitea* Thüm. nov. spec.

*Stylosporen* (Taf. I. Fig. 5).

*Uredo epitea* Knz. et Schm., Mykol. Hefte I. p. 68. — Fuckel, Symb. mycol. p. 45 pr. p.

— Rabenhorst, Deutschl. Kryptogamen-Flora p. 8, no. 73.

*Aecidium Salicis* Sow., Brit. Fungi Tab. 398, fig. 4.

*Caecoma epiteum* Schlecht., Flora berol. II. p. 124. — Link in Linné, Spec. plant., c. Willdenow, VI. 2. p. 41, no. 112.

*Epitea vulgaris* Fr., Summa vegetab. Scand. p. 512.

*Lecythea epitea* Lév. in Ann. d. scienc. nat. 1847, VIII. p. 373.

*Uredo orbicularis* Mart., Flora erlang. p. 318.

Icones: Sowerby; Brit. Fungi Tab. 398, fig. 4.

Exsiccata: Thümen, Herb. mycol. oeconom. no. 245. — Oudemans, Fungi neerlandici no. 16. — Fuckel, Enum. fung. Nassov. no. 28 b. — Desmazieres, Crypt. de France no. 36. — Westendorp, Herb. cryptog. Belge no. 843.

Diagnose: U. acervulis hypophyllis, raro etiam epiphyllis, sine macula sed in pagina superiore maculam determinatam, rubro-fuscam formans, minutissimis vel majoribus, irregulariter dispositis, primo epidermide tectis, subfirmis, hemisphaericis vel subplanis, demum libero-pulveraceis, dilute aurantiacis, postremo cito expallescentibus; sporis regulariter fere globosis vel rarissime subellipsoideo-globosis, episporio laevi, tenui, 2 mm. crasso, subgranuloso-spinuloso, hyalinis vel pallidissime flavescens, 20 mm. diam.; paraphysibus numerosissimis, clavato-guttulaeformibus, hyalinis, basi acutatis, membrana laevi, 40 mm. long., 22 mm. crass.

Beschreibung: Die Hauptform dieser Art, auf *Salix viminalis* vegetirend, ist bei nachfolgender Beschreibung allein die massgebende gewesen, denn bei den auf den anderen Nährpflanzen vorkommenden Formen ist die Gestalt und namentlich die Grösse der Häufchen ausserordentlich schwankend, bald sind sie winzig klein und dichtstehend, halbkugelig, bald verhältnissmässig sehr gross, mehr vereinzelt und abgeflachter. Nicht selten kommen auch, dann allerdings in verschiedenen Ländern, auf derselben Weidenart solche differente Formen vor; da Form und Grösse der Sporen und ebenso der Paraphysen jedoch äusserst constant ist, so ist eine spezifische Trennung ganz unstatthaft. — Häufchen unterseits, ganz

ausserordentlich klein, unregelmässig über die ganze Blattfläche verbreitet, ohne indessen hier Flecken zu verursachen, wohingegen oberseits sich stets dergleichen von bräunlichrother Farbe finden. Zu Anfang sind, wie bei allen Arten, auch hier die Häufchen von der Oberhaut bedeckt und ziemlich fest, halbkugelig-warzenförmig, zuletzt aber pulverig, die Farbe ist hellorangeroth, bald verblassend. Die Sporen sind fast ganz genau kugelig, nur ausnahmsweise etwas elliptisch-kugelig, ihr Episorium ist dünn, nur circa 2 mm. dick, gekörnelt-spitzelig, auch bei frischen Exemplaren fast farblos; die Grösse beträgt 20 mm. im Durchschnitt, obwohl auch manchmal, wenn auch selten, solche von 24 mm. Diameter vorkommen. Die Paraphysen sind zahlreicher als die Sporen, ihre Gestalt schwankt zwischen dem Keulen- und Tröpfchenförmigen, sie sind wasserhell, messen in der Länge 40 mm., am oberen Ende in der Breite 22 mm. und besitzen eine glatte, 2—3 mm. dicke Membran.

Geographische Verbreitung der typischen Form auf *Salix viminalis* Lin.: Finnland, Karsten — Dänemark, Rostrup! — Niederlande, Oudemans! — Schlesien, Schneider! — Baiern, Thümen! — Böhmen, Peyl! — Nieder-Oesterreich, Thümen! — Ungarn, Haszinsky! — Parma, Passerini — Schweiz, Bernet!

Ausser auf dieser ist mir vorliegende Species noch auf folgenden zehn anderen Nährpflanzen bekannt:

*Salix alba* Lin. Hier kommen nicht selten auch auf der oberen Blattseite Häufchen vor, doch ist die typische Form die allgemein verbreitete; die oberseitigen Häufchen sind stets um wenigstens vier Mal grösser als die unterseitigen, stehen nur einzeln und haben (vielleicht nur scheinbar, der grünen Blattfläche wegen, im Gegensatz zu der unteren fast weissen) eine viel schönere, tiefere Farbe.

Geographische Verbreitung: Dänemark, Rostrup! — Niederlande, Oudemans — England, Cooke, Britain! — Baiern, Thümen! — Hessen, Winter! — Böhmen Hennevo! — Nieder-Oesterreich, Thümen! — Steiermark, Thümen! — Krain, Voss! — Venetien, Saccardo — Parma, Passerini! — Schweiz, Morthier — Sibirien, Martianoff!

Exsiccata: Thümen, Mycotheca universalis no. 145. — Cooke, Fungi britanici Ser. II. no. 63.

*Salix Helix* Lin. Auch auf dieser Nährpflanze findet man häufig auf der Blattoberseite Pilzhäufchen, ja ich besitze böhmische Exemplare, wo sie lediglich diese Seite bewohnen; es sind dieselben ebenfalls sehr gross, kreisrund, auch die unterseitigen finden sich etwas grösser als bei der Normart und von goldröthlicher Farbe. Sonst übereinstimmend.

Geographische Verbreitung: Dänemark, Rostrup! — Böhmen, Hennevo!

*Salix incana* Schrank. Häufchen nur auf der unteren Seite, später, wenn die Oberhaut zerplatzt ist, oft weit ausgebreitet und dann habituell an *Melampsora Capraearum* erinnernd. Im Uebrigen übereinstimmend.

Exsiccata: Saccardo, Mycotheca veneta no. 114 (sub *Uredine mixta* Duby).

Geographische Verbreitung: Baiern, Winter! — Krain, Voss! — Venetien, Saccardo!

*Salix lanceolata* Fr. Habituell sehr der Form auf *Salix incana* ähnlich. — Jütland, Rostrup!

*Salix monandra* Hoffm. Häufchen nur unterseitig, ziemlich gross und vereinzelt. — Schweiz, Bernet!

*Salix nigricans* Wahlbg. Häufchen meistens typisch, sehr klein, manchmal, wie z. B. bei den norwegischen Exemplaren, aber auch sehr gross.

Geographische Verbreitung: Norwegen, Kiaer! — Finnland, Karsten! — Pommern, Sydow! — Baiern, Thümen! — Parma, Passerini.

*Salix purpurea* Lin. Typische Form.

Geographische Verbreitung: Dänemark, Rostrup! — Schlesien, Schröter — Baiern, Thümen! — Nieder-Oesterreich, Wiesbauer — Steiermark, Niessl — Krain, Voss! — Venetien, Saccardo!

*Salix retusa* Lin. Häufchen nur unterseits, entweder wie bei den Tiroler Exemplaren sehr klein oder so gross wie bei *Melampsora Capraearum*, so bei jenen aus der Schweiz. Die Maasse von Sporen und Paraphysen sind genau mit der Normalform übereinstimmend, nur das Episporium ist etwas dicker, bis zu 3·5 mm.

Exsiccata: Fuckel, Fungi rhenani no. 2621. — Schenk et Wartmann, Schweizer Kryptogamen no. 515.

Geographische Verbreitung: Nieder-Oesterreich, Juratzka! — Tirol, Rehm! — Schweiz, Fuckel, Bernet! — Venetien, Saccardo.

*Salix rubra* Huds. Ganz typisch. — Baiern, Thümen!

*Salix silesiaca* Lin. Typisch. — Brandenburg, Hartig — Schlesien, Schneider!

#### *Teleutosporen* (Taf. I. Fig. 8).

Diagnose: M. acervulis hypophyllis, eximie minutis obsoletisve, primo fusco brunneis, demum fusco-atris, postremo aterrimis, subverrucaeformibus, hemisphaericis, emersis, plus minusve dense gregariis, sine macula; sporis ut in *Melampsora Capraearum*, sed paullulo minoribus, irregulariter parallelogrammis, palliformibus, dilute fuscis, subdiaphanis, 30—34 mm. long., 12—14 mm. crass., episporio laevi, 2 mm. crasso.

Beschreibung: Häufchen oberseits, ausserordentlich klein und unscheinbar, zu Anfang braunroth, dann immer dunkler werdend, bis sie zuletzt tiefschwarz sind, wärzchenförmig, flach-halbkugelig hervorragend, ziemlich dicht beieinander stehend, ohne weder oben noch unten einen Fleck hervorzurufen. Die Sporen ähneln ganz jenen der *Melampsora Capraearum*, sie haben ebenfalls die Form eines unregelmässigen Parallelogramms (Prismen möchte ich dieselben ebensowenig nennen wie jene, obgleich sowohl Tulasne wie Hartig diesen Ausdruck wählten, denn die wohl auch vereinzelt vorkommende prismatische Form ist lediglich dem starken gegenseitigen Druck zuzuschreiben, welchen die dicht aneinander gedrängten, pallisadenartig aufgerichteten Sporen ausüben. Ich bin der Meinung, dass die einzelne Spore, wenn vom Seitendruck abstrahirt wird, eine regelmässige Parallelogrammgestalt mit schwach abgestumpften Ecken hat), ihr Episporium ist glatt, 2 mm. dick und wie das Innere halbdurchscheinend, die Farbe ein helleres Braun. Die Länge beträgt 30—34 mm., die Dicke 12—14 mm. Die Keimung ist jener von *Melampsora Capraearum* analog.

Exsiccata: Thümen, Herb. mycol. oeconom. no. 338. — Erbario crittogam. Italiano Ser. I. no. 798.

Geographische Verbreitung: Ebenso wie Diagnose und Beschreibung, sowie Angabe der betreffenden Exsiccaten-Nummern sich auf Exemplare gründen, welche auf *Salix alba* Lin. vegetiren, so beziehen sich auch auf diese Nährpflanze folgende wenige Localitätsangaben: Baiern, Thümen! — Krain, Voss! — Istrien, Bolle!

Ausser auf *Salix alba* kenne ich bis jetzt die Teleutosporenform nur noch auf folgenden zwei Nährpflanzen:

*Salix nigricans* Wahlbg. — Parma, Passerini.

*Salix retusa* Lin. Häufchen weit grösser als bei der Normalform, tief mattschwarz, sehr zahlreich auf der Blattoberseite, aber doch niemals zusammenfliessend oder Krusten bildend, jedenfalls aber weit mehr in die Augen fallend als auf *Salix alba*. Sporen und Paraphysen typisch. — Nieder-Oesterreich, Juratzka!

## B. Stylosporen mehr oder minder elliptisch.

### 4. *Melampsora Hartigii* Thüm. nov. spec.

*Stylosporen* (Taf. I. Fig. 4).

Diagnose: U. acervulis hypophyllis, raro amphigenis sed interdum etiam ramuliculis, miminis, dense gregariis, hemisphaerico-convexulis, primo subfirmis, epidermide tectis, aurantiaco-luteis, postremo liberis pulveratisve, expallescens, sine macula in pagina inferiore sed maculam non limitatam, parvam, stramineo-flavam, demum fuscam in pagina superiore formans; sporis ellipticis vel rotundatis, regularibus, numerosis, flavidis, cito expallidis, 16—18 mm. long., 12—14 mm. crass., episporio granuloso-mucronulato, 2—2.5 mm. crasso, achroo; paraphysibus numerosissimis, mixtis, clavatis, hyalinis, 30 mm. long., 16 mm. crass., membrana tenui, laevi.

Beschreibung: Im Allgemeinen finden sich die Häufchen dieser Species nur auf der unteren Blattfläche, nur selten sind solche auch oberseits, viel häufiger finden sie sich auch auf den jungen Trieben und Aestchen; sie sind sehr klein, dicht stehend, halbkugelig gewölbt, zu Anfang fest und von der Cuticula bedeckt, tiefgelb, dann staubig, frei werdend und baldigst ablassend, unterseits verursachen sie keinen Fleck, hingegen oberseits einen nicht fest umgrenzten, gelblichen, später braun werdenden. Die Sporen haben im Allgemeinen eine elliptische Gestalt, sie sind regelmässig, zahlreich, mit körnelig-stacheligem, nur circa 2 mm. dickem, farblosem Episporium, gelblich, 16—18 mm. lang und 12—14 mm. dick, vermisch mit zahlreichen Paraphysen von fast genau keulenförmiger Gestalt. Diese besitzen eine glatte und dünne Membran, sind farblos und messen in der Länge 30 mm., in der Dicke circa 16 mm.

Exsiccata: Thümen, Herb. mycolog. oeconom. no. 142.

Icones: Hartig, Wichtige Krankheiten der Waldbäume Taf. VI. fig. 26—28.

Geographische Verbreitung: Die Normalform auf *Salix acutifolia* Willd. kenne ich bisher nur aus Dänemark, Rostrup! — Brandenburg, Hartig!

Ferner findet sich die Stylosporenform dieses Pilzes noch auf folgenden vier weiteren Nährpflanzen:

*Salix cordata* Mühlbg. Typische Form. — Albany, New-York, Peck!

*Salix daphnoides* Vill. Ebenfalls typisch. Hartig gibt allerdings an, dass ihm Infectionsversuche zwischen den Uredosporen dieser Weide und der *Salix acutifolia* nicht geglückt seien, ich kann selbst darüber ein Urtheil nicht abgeben, wohl aber constatiren, dass der Pilz auf beiden *Salices* vollständig übereinstimmt!

Geographische Verbreitung: Brandenburg, Hartig! — Nieder-Oesterreich, Thümen!  
Parma, Passerini. — Ost-Indien.

*Salix mollissima* Ehrh. Typisch. — Insel Seeland, Nielsen!

*Salix nigra* Marsh. Mit der Normalform übereinstimmend. — Albany, New-York, Peck!

*Teleutosporen.*

Ich selbst hatte niemals Gelegenheit, Dauersporen dieser Art zu untersuchen, konnte mir solche auch trotz aller Mühe nicht verschaffen. In der gesammten Literatur ist Hartig der Einzige, welcher ihrer Erwähnung thut. Doch er gibt in seinen „Wichtige Krankheiten der Waldbäume“ keine makroskopische Beschreibung, sondern sagt nur über den inneren Bau auf Seite 121: „Im Herbst und während des Winters bestehen die Polster des Pilzes, welche von der Epidermis des Blattes noch bedeckt sind, aus pallisadenförmig aufrecht stehenden, eng unter einander vereinigten Zellen von Gestalt eines fünf- oder sechseckigen Prismas, dessen Länge 32—38 mm., dessen Breite 13—16 mm. beträgt, die Membran ist dick und schwach braun gefärbt“. — Ein wesentlicher Unterschied im mikroskopischen Bau und den Sporenmaassen ist also im Vergleich zu den anderen oben beschriebenen Melamporen nicht vorhanden.

Geographische Verbreitung: Bisher nur auf *Salix acutifolia* Willd. aus Brandenburg von Hartig angegeben.

5. *Melampsora mixta* Thüm. nov. spec.

*Stylosporen* (Tab. I. Fig. 6).

*Uredo mixta* Duby, Botanicon gallicum II. p. 231. — Rabenhorst, Deutschl. Kryptogamen-Flora p. 8, no. 74. — Fuckel, Symbolae mycologicae p. 45 pr. p. — Saccardo, Mycologia veneta p. 77 pr. p.

*Caeoma mixtum* Lk., Observ. mycolog. II. p. 528. — Id. in Linné, Species plant., c. Willdenow, VI. 2. p. 40, no. 110.

*Epitea mixta* Fr., Summa vegetab. Scand. p. 512.

*Erysibe mixta* Wallr., Flora cryptog. german. II. p. 204.

*Lecythea mixta* Lév. in Ann. scienc. nat. 1847, VIII. p. 374. — Cooke, Handb. British Fungi p. 531, no. 1592. — Id. Microscopic Fungi p. 206.

Exsiccata: Klotzsch, Herb. mycolog. no. 149. — Fuckel, Enum. fung. Nassov. no. 28 a. — Berkeley, Fungi britanici no. 120. — Westendorp, Herbier cryptog. Belge no. 842. — Oudemans, Fungi neerlandici no. 15.

Diagnose: U. acervulis hypophyllis, mediis, dense gregariis sed sine ordine dispositis, in pagina inferiore maculas nullas, in pagina superiore maculas subparvulas, rubroaurantiicas formans; primo epidermide tectis, subfirmis, demum liberis pulveraceisve, citissime expallescens; sporis ellipticis, plerumque basi verticeque minime acutatulis, episporio subgranuloso, non verruculoso-aculeato, tenui, 1.5—2 mm. crasso, achroo, dilute flavidis demum hyalinis, 14—18 mm. long., 12 mm. crass.; paraphysibus subpaucis, fere globosis, basi cum processo parvulo, achrois, laevibus, 24 mm. long., 20 mm. crass.

Beschreibung: Die nur unterseitigen Häufchen sind grösser als jene von *Melampsora epitea*, hingegen kleiner als die von *Melampsora Capraearum*, zahlreich, ziemlich dicht beisammen stehend, aber ohne jede bestimmte Anordnung, unterseits keine, oberseits schwach röthlichgelbe, kleine Flecken verursachend, zu Anfang von der Cuticula bedeckt, später frei und locker-pulverig, gelbroth, bald ablassend. Die Sporen sind elliptisch, zumeist am Scheitel und an der Basis unmerklich zugespitzt, mit sehr schwach gekörneltem, nicht stachelig zu nennendem, feinem, farblosem, kaum 1·5—2 mm. dickem Episporium, hellgelblich von Farbe, sehr bald verblassend, 14—20 mm. lang, 12—16 mm. dick. Die nicht eben zahlreich vorhandenen Paraphysen haben eine fast kugelige Gestalt mit einem unbedeutenden Fortsatz an der Basis, sind farblos, glatt, 24—30 mm. lang und 20 mm. breit.

Geographische Verbreitung: Die auf *Salix triandra* Lin. vorkommende Normalform ist bisher nur erst aus wenigen Gegenden bekannt. Niederlande, Oudemans! — Pommern, Sydow! — Hessen, Winter!

Auf folgenden vier weiteren Nährpflanzen konnte ich diese Species bisher nachweisen: *Salix capensis* Thunbg. Bei dieser Form sind die Sporen etwas grösser, nämlich bis 22 mm. lang und 16—17 mm. breit, die Paraphysen zahlreicher als bei der Normalform und mit längerem Stiel, sonst stimmt alles überein.

Exsiccata: Thümen, Mycotheca universalis no. 1140.

Geographische Verbreitung: Cap der guten Hoffnung, Mac Owan!

*Salix hastata* Lin. Typisch. — Dänemark, Rostrup! — Sibirien, Martianoff!

*Salix longifolia* Mühlbg. Die unterseitigen Häufchen sind ausserordentlich zahlreich und dicht beieinander stehend, die Sporen messen 18 mm. durchschnittlich in der Länge, die Paraphysen sind jenen auf *Salix capensis* gleich.

Geographische Verbreitung: Colorado (Nord-Amerika), Brandegee, com. Peck!

*Salix pyrolaefolia* Ledeb. — Sibirien, Martianoff!

Bisher wurden Teleutosporen, so viel mir bekannt, nicht aufgefunden.

## 6. *Melampsora Vitellinae* Thüm. nov. spec.

*Stylosporen* (Taf. I. Fig. 3).

*Uredo Vitellinae* De C., Flore franç. II. p. 231. — Rabenhorst, Deutschl. Kryptogamen-Flora p. 8, no. 75. — Fuckel, Symbolae mycolog. p. 45 pr. p. — Saccardo, Mycotheca veneta p. 77 pr. p.

*Caeoma Saliceti* Schlcht., Flora berol. II. p. 124.

*Caeoma Vitellinae* Lk. in Linné, Spec. plant., c. Willdenow, VI. 2. p. 41, no. 111.

*Epitea Vitellinae* Fr., Summa vegetab. Scandin. p. 512.

*Erysibe vitellina* Wallr., Flora cryptog. german. II. p. 204.

*Lecythea Saliceti* Lév. in Ann. scienc. nat. 1847, VIII. p. 374. — Cooke, Handb. British Fungi p. 531, no. 1593. — Id. Microscopic Fungi p. 207. — Berkeley, Outlines of Fungology p. 334.

Exsiccata: Fuckel, Enum. fung. Nassov. no. 28c. — Id. Fungi rhenani no. 2114. — Westendorp, Herb. cryptog. Belge no. 86. — Saccardo, Mycotheca veneta no. 429. — Erbario crittogam. Italiano Ser. I. no. 1492.

Diagnose: U. acervulis hypo- vel etiam non raro epiphyllis, dense gregariis vel interdum confluentibus, aureis vel dilute aurantiaco-flavis, minutis, primo subfirmis, verruciformibus, demum liberis pulverosisve in macula amphigena, straminea, distincta sed non determinata; sporis ovoideis vel rotundo-ovatis numquam fere globosulis, primo aureis demum pallidis, episporio granuloso, tenui, vix 2—2.5 mm. crasso, 26—28 mm. long., 20 mm. crass.; paraphysibus paucis, fere guttulaeformibus vel interdum quin etiam globosis cum processo vel propagulo tantulo ad basin, membrana laevi, 2 mm. crassa, 30—36 mm. long., 30 mm. crass.

Beschreibung: Häufchen unterseits auf oben und unten deutlich sichtbaren gelblichen Flecken, sehr klein, dicht beieinander stehend und zuweilen zusammenfliessend, nicht selten auch oberseits hervorbrechend, matt goldgelb, zuerst ziemlich fest, flach-warzenförmig, später locker-pulverig werdend. Die Sporen sind eiförmig oder rundlich-eiförmig, jedoch niemals von vollkommener Kugelgestalt, ihr Episporium ist körnelig-stachelig, nicht sehr dick, nur 2—2.5 mm., die Farbe anfangs gelblich, später verblassend, die Länge beträgt 26—28 mm., die Breite 20 mm. Die wenig zahlreichen Paraphysen haben eine fast genau tröpfchenförmige Gestalt, zuweilen sogar an das Kugelrunde streifend, und nur mit unbedeutendem Stiel, ihr Membran ist glatt, ungefähr 2 mm. dick, in der Länge messen sie 30—36 mm., in der Breite durchschnittlich 30 mm.

Geographische Verbreitung: Niederlande, Oudermans — Nassau, Fuckel! — Hessen, Winter! — Böhmen, Peyl! — Mähren, Niessl — Nieder-Oesterreich, Voss, Thümen! — Schweiz, Bernet! — Venetien, Saccardo.

Die Normalform vegetirt auf *Salix vitellina* Lin. Ausser auf dieser Weide kenne ich vorliegende Species noch auf drei anderen Arten, und zwar:

*Salix fragilis* Lin. Bei dieser Form sind die Häufchen meistens etwas grösser als bei der Normart, sonst aber stimmt sie mit derselben völlig überein.

Exsiccata: Cooke, Fungi britanici Ser. I. no. 316 (sub *Lecythea Saliceti* Lévy).

Geographische Verbreitung: Finnland, Karsten — Dänemark, Rostrup! — Niederlande, Oudemans — England, Cooke! — Anhalt, Staritz! — Schlesien, Schröter — Baden, Schröter — Baiern, Thümen! — Mähren, Niessl — Nieder-Oesterreich, Thümen! — Ungarn, Kalchbrenner! — Parma, Passerini.

*Salix lucida* Mühlbg. Auf dieser Nährpflanze entstehen in Folge des sehr dichten Beisammenstehens vieler Pilzhäufchen ungemein grosse Flecken. — Adirondack Mountains, New-York, Peck!

*Salix pentandra* Lin. Die Häufchen entsprechen hier völlig jenen auf *Salix fragilis*, doch finden sie sich nicht nur auf der Unterseite der Blätter, sondern auch sehr häufig auf den Bracteen.

Exsiccata: Thümen, Herbarium mycologicum oeconomicum no. 498 (sub var. *ovariicola* Thüm.).

Geographische Verbreitung: Finnland, Karsten! — Dänemark, Rostrup! — Schlesien, Schröter — Schweiz, Morthier — Sibirien, Martianoff!

Die Teleutosporen dieser Species kenne ich aus eigener Anschauung nicht, auch werden dieselben nirgends beschrieben, nur Erwähnung geschieht ihrer in Briefen an mich, und zwar von Saccardo, welcher sie auf *Salix vitellina* in Venetien gefunden hat, und von Rostrup, welcher sie auf *Salix pentandra* aus Dänemark angibt.

7. *Melampsora Castagnei* Thüm. nov. spec.*Stylosporen* (Taf. I. Fig. 7).

Diagnose: U. acervulis plerumque amphigenis, numerosis, sed non dense gregariis, in pagina superiore maculas parvas, flavido-rubras demum fuscas formans, subtus epidermide primo tectis, demum liberis pulverosisve, in pagina superiore e contrario semper liberis, dilute aurantiacis sed cito expallescens; sporis maximis, ellipsoideis vel ovoideo-ellipticis vel longe ellipticis, utrinque subangustatis, dilute flavescens cito pallidioribus, episporio 3—3.5 mm. crasso, mucronulato, 34—40 mm. long., 16—18 mm. crass.; paraphysibus paucis, clavato-guttulaeformibus, achrois, 50 mm. long., 24 mm. crass., membrana tenui, laevi.

Beschreibung: Bei dieser Species finden sich die Pilzhäufchen meistens auf beiden Blattseiten gleichzeitig, und zwar in ziemlich grosser Anzahl, doch aber nicht sehr dicht beieinander stehend, auf der oberen Seite verursachen sie kleine, gelbrothe, später braunrothe Fleckchen. Die Häufchen sind unterseits zu Anfang immer von der Cuticula bedeckt und werden erst späterhin frei und locker-pulverig, oberseits hingegen sind sie sofort frei, hellorangeroth, aber schnell verblässend. Die Sporen sind sehr gross, wohl überhaupt die grössten aller Weiden bewohnenden Melampsoren, elliptisch oder ovoid, sogar zum Theil lang-elliptisch, beiderseits etwas verschmälert, mit ziemlich dickem, 3—3.5 mm., Episporium, welches fast stachelwarzig, schwach gelb tingirt, aber bald farblos ist, die Länge beträgt 34—40 mm., die Breite 16—18 mm. Die nicht in grosser Menge vorhandenen Paraphysen sind keulen-tröpfchenförmig, 50 mm. lang, 24 mm. dick und haben eine farblose, glatte, dünne Membran.

Geographische Verbreitung: Diese Species, welche auf *Salix amygdalina* Lin. vegetirt, ist mir bisher aus folgenden Localitäten bekannt geworden: Ostpreussen, Körnicke — Baiern, Thümen! — Schlesien, Schröter! — Mähren, Thümen! — Parma, Passerini!

Ausserdem tritt diese Art, wenigstens so viel bis heute bekannt ist, nur noch auf einer anderen *Salix*-Species auf:

*Salix cuspidata* Schultz. Hier sind die Mehrzahl der Pilzhäufchen unterseitig, alle übrigen Merkmale stimmen jedoch mit der Normform völlig überein. — Dänemark, Rostrup!

## Verzeichniss jener Weidenarten,

auf welchen ebenfalls Melampsoren angegeben werden, welche ich jedoch noch nicht Gelegenheit hatte zu untersuchen.

*Salix ambigua* Ehrh. — Dänemark, Rostrup.  
 „ *glabra* Scop. — Venetien, Saccardo.  
 „ *glauca* Lin. — Island, Far-Oer-Inseln,  
 Rostrup.  
 „ *grandifolia* Seringe. — Krain, Voss.  
 „ *herbacea* Lin. — Island, Rostrup.  
 „ *languinosa* Fr. — Norwegen, Ployright.

*Salix Lapponum* Lin. — Finnland, Karsten —  
 Schlesien, Schröter.  
 „ *myrtilloides* Sm. — Nied.-Oest., Niessl.  
 „ *stipularis* Sm. — Dänemark, Rostrup —  
 Niederlande, Oudemans.  
 „ *undulata* Ehrh. — Dänemark, Rostrup.  
 „ *viridis* Fr. — Dänemark, Rostrup.

### Erklärung der Tafel I.

- Figur 1. Stylosporen und Paraphysen von *Melampsora Capraearum* Thüm.  
" 2. Teleutosporen von *Melampsora Capraearum* Thüm.  
" 3. Stylosporen und Paraphysen von *Melampsora Vitellinae* Thüm.  
" 4. Stylosporen und Paraphysen von *Melampsora Hartigii* Thüm.  
" 5. Stylosporen und Paraphysen von *Melampsora epitea* Thüm.  
" 6. Stylosporen und Paraphysen von *Melampsora mixta* Thüm.  
" 7. Stylosporen und Paraphysen von *Melampsora Castagnei* Thüm.  
" 8. Teleutosporen von *Melampsora epitea* Thüm.  
" 9. Stylosporen und Paraphysen von *Melampsora Bigelowii* Thüm.  
" 10. Keimende Sporen von *Melampsora Vitellinae* Thüm.  
" 11. Sporen von *Darluca Filum* Biv.
-

# Ueber die Transpirationsgrössen der forstlichen Holzgewächse mit Beziehung auf die forstlich-meteorologischen Verhältnisse.

Von

**Dr. Franz R. v. Höhnel.**

Im Herbste 1877 wurde ich von Seite des Herrn k. k. Ministerialrathes Ritter v. Lorenz im Sinne seines Programmes<sup>1)</sup> zur Ausführung von Transpirationsversuchen aufgefordert, welche den Zweck haben sollten, uns mit dem thatsächlichen Gange und der Grösse der Transpiration der forstlich wichtigeren Holzgewächse bekannt zu machen.

Bekanntlich waren über diesen Punkt bereits von verschiedenen Seiten Versuche angestellt und Angaben gemacht worden, ohne dass jedoch Resultate zu Tage gefördert waren, die man als Lösung der Frage hätte betrachten können, indem weder die Methode und die Zeitdauer der Versuche zur Lösung derselben genügten, noch die gefundenen Zahlen das Gepräge der Wahrscheinlichkeit an sich trugen; überdiess erstreckten sich die Versuche immer nur auf einzelne Arten, und konnten daher schon aus diesem Grunde keineswegs zur vollständigen Erledigung der einschlägigen Fragen dienen.

Es ist fast selbstverständlich, dass eine endgiltige Lösung der vorliegenden Frage nur durch mit lebenden und fortwachsenden Pflanzen angestellte Versuche, die sich über mehrere Vegetationsperioden erstrecken, erreicht werden kann, und dass daher die ganze Versuchseinrichtung derartig beschaffen sein muss, dass sie eine lange fortgesetzte Beobachtung ermöglicht. Wie diess nun bei allen lange fortgesetzten Versuchen der Fall ist, sind auch die von mir im Frühjahre 1878 begonnenen nicht nur mit einem bedeutenden Aufwande an Zeit, sondern auch an materiellen Mitteln verbunden, und wurde die Einleitung der Versuche nur durch die ausgiebigste materielle Unterstützung von genannter Seite ermöglicht.

Die im Laufe des Jahres 1878 — vom 27. Mai bis 1. December — durchgeführten Versuche können nach dem Gesagten nur als eine Art von im grösseren Maassstabe ausgeführten Vorversuchen betrachtet werden, deren Hauptzweck die Prüfung der angewandten Methode war, die aber, da sich letztere im Wesentlichen ganz gut bewährte, ganz brauchbare Resultate lieferten, deren Darstellung der Zweck vorliegender Zeilen ist.

Wie erwähnt, haben sich schon zahlreiche Forscher mit einschlägigen Arbeiten beschäftigt. Eine ausführliche Besprechung derselben muss ich selbstverständlich der etwa in

---

<sup>1)</sup> Lorenz R. v. Liburnau: Entwurf eines Programmes für forstlich-meteorologische Beobachtungen in Oesterreich, im ersten Bande dieser Mittheilungen p. 84.

anderthalb Jahren erscheinenden Hauptmittheilung über die endgiltigen Versuchsergebnisse überlassen, und mich vorläufig damit begnügen, einige kurze Andeutungen hierüber zu geben. Es kommt mir hiebei weniger darauf an, die thatsächlichen Resultate zu untersuchen, und ihre Möglichkeit oder Wahrscheinlichkeit zu prüfen, da ich auf sie keinen besonderen Werth lege, nicht nur wegen der Art und Weise, wie sie gewonnen wurden, sondern auch weil ich der noch näher zu begründenden Ueberzeugung bin, dass man für keine Pflanze ein genau bestimmtes Maass der Verdunstungsgrösse angeben kann, sondern vielmehr nur Grenzwerte, die für viele Pflanzen zwar charakteristisch und bezeichnend sein mögen, im Allgemeinen aber weit und unbestimmt gezogen sind; hingegen möchte ich an dieser Stelle nur kurz die bisher verwendeten Methoden einer Prüfung unterziehen, soweit dieselben zur Bestimmung der Transpirationsgrössen der Forstbäume angewendet wurden. Dieselben reduciren sich im Wesentlichen auf drei von einander verschiedene Methoden. Die Einen [Knop<sup>1)</sup> und Pfaff<sup>2)</sup>] nahmen abgeschnittene Blätter oder Zweige, und liessen sie durch kurze Zeit an der Luft liegen und bestimmten durch Wägung den als Transpirationsgrösse betrachteten Gewichtsverlust. Der Vorgang wurde täglich einige Male wiederholt und aus den so für nur kurze Zeiträume erhaltenen Zahlen die Gesamttranspiration für die ganze Vegetationsperiode und ganze Bäume berechnet. Es ist klar, dass man auf diese Weise zwar vergleichende Versuche, z. B. mit verschiedenen Blättern, machen kann, dass aber die Gewinnung von absoluten Zahlen auf diesem Wege nicht statthaft ist. In der That sind die auf diesem Wege errechneten Zahlen etwa  $8\frac{1}{3}$  bis über 10 Mal so gross, als die überhaupt möglichen, was ein hinlänglicher Beweis für die Richtigkeit des Gesagten ist. Die Transpiration ist ein von so vielen äusseren und inneren Einflüssen wesentlich bedingter und abhängiger Process, dass es nicht erlaubt ist, aus der Transpirationsgrösse während eines bestimmten Zeitraumes auf die während eines anderen zu schliessen, und um so viel weniger von einem kurzen (bei Pfaff nur wenige Minuten langen) auf einen verhältnissmässig sehr grossen Zeitraum.

Andere machten Versuche in der Weise, dass sie abgeschnittene Zweige in Wasser stellten und durch die verhältnissmässig kurzen Zeiträume von Stunden oder wenigen Tagen beobachteten und daraus Schlüsse auf die Gesamttranspiration von im Boden wurzelnden Pflanzen zogen (Knop z. Th., Unger<sup>3)</sup> und Andere z. Th.).

Auch diese Versuche sind zu dem erstrebten Zwecke gar nicht geeignet. Wie Barthelemy gezeigt hat, hängt die Transpirationsgrösse ganz wesentlich von der der Pflanze zur Verfügung gestellten Wassermenge ab; trocken gehaltene Pflanzen verdunsten viel weniger, als in beständig feuchter Erde wurzelnde. Es werden daher abgeschnittene und in Wasser gestellte Zweige, denen also unbegrenzte Wassermengen zur Verfügung stehen, ungleich stärker transpiriren, als in trockenem Boden wurzelnde Pflanzen. Jeder Schluss aus solchen Versuchen auf die thatsächlichen Transpirationsmengen im Freien erscheint daher schon aus diesem Grunde ungerechtfertigt, ganz abgesehen davon, dass abgeschnittene Blätter oder Zweige langsam absterbende Pflanzentheile sind, mit abnormalen Functionen, und zugleich auch solche Versuche nur kurze Zeiträume andauern können.

<sup>1)</sup> Knop, Landwirthsch. Versuchsstation. Bd. I, und Kreislauf des Stoffes. II. p. 264. Ferner landw. Versuchsst. VI. p. 248.

<sup>2)</sup> Pfaff, Sitzungsberichte d. bair. Akad. d. Wissensch. 1870. I. Bd. 1. Heft. Ferner Zeitschr. d. österr. Gesellsch. f. Meteorologie. VI. Bd. p. 10.

<sup>3)</sup> „Einfluss der Transpiration im Grossen auf den Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre.“ Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. 1861. 44. Bd. II. Th. p. 344 ff.

Die einzige Methode, welche daher zu brauchbaren Ergebnissen führen kann, ist die durch die Verwendung von normalen im Boden wurzelnden Pflanzen gegebene. Auch diese wurde mehrfach zur Bestimmung der absoluten Transpirationsquantitäten der Forstbäume in Anwendung gebracht. Indessen wurden die Versuche in keinem Falle die ganze Dauer der Vegetationsperiode hindurch fortgesetzt, oft nur wenige Tage und im höchsten Falle durch einige Monate. Es trifft daher auch diese Versuche der schon gemachte Vorwurf, Resultate, die in einem Theile der Vegetationsperiode erhalten wurden, auf die ganze Dauer derselben durch Umrechnung übertragen zu haben. Von eben solcher Wichtigkeit ist noch der Umstand, dass auch bei ihnen der Einfluss der Feuchtigkeit des Bodens auf die Transpiration unberücksichtigt blieb, was, da die Pflanzen in der Regel durch oftmal wiederholtes Ersetzen der durch die Transpiration verlorenen Wassermengen in einem verhältnissmässig feuchten Boden wuchsen, wie er im Freien kaum wie bei den Versuchen constant vorkommt, offenbar einen die Verdunstungsmenge sehr erhöhenden Einfluss nahm.

Es gilt diess nicht nur zum Theile von den von Unger, Marié Davy, Risler, Schübler u. A. gemachten Versuchen, sondern auch von den besten der bisherigen sich mit den Verdunstungsgrössen der Culturgewächse befassenden Versuchen von Wollny<sup>1)</sup>. Dieser wog seine Zinkblechtöpfe, in denen er die Versuchspflanzen cultivirte, alle drei Tage und ersetzte den Transpirationsverlust sofort durch Nachgiessen von Wasser. Er erhielt nun Zahlen, welche, obwohl sie bei Weitem mehr in dem Bereiche der Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit liegen, als die bis dahin bekannten, doch immerhin noch entschieden und unleugbar zu gross sind. In der Mehrzahl der Fälle erhielt er Transpirationsgrössen, die nur wenig geringer sind, als die auf die Bodenflächen der entsprechenden Culturgefässe entfallenden Regenmengen. In vier Fällen (Gerste, Hafer, Raps und Senf) war jedoch die Transpirationsgrösse im Mittel um den vierten Theil der Regenmenge grösser als diese. Es ist nun zwar allerdings richtig, dass die vor dem Beginne der Vegetation gefallenen Regenmengen, welche zum Theile im Boden aufgespeichert werden, reichlich genügend wären, dieses Deficit zu decken, nur scheint es mir, als wenn es sehr schwierig wäre mit diesem Factor zu rechnen. Es kann wohl die Winterfeuchte zur Erklärung geringer Ueberschüsse der errechneten Transpirationsgrössen über die Regenmenge während der Vegetationsperiode benützt werden, nicht aber so gross, wie die fraglichen. Dazu ist dieselbe eine zu unberechenbare Grösse, um so mehr, als sie die Wassercapacität des Bodens für später auf denselben fallende Regenmengen in einer der Erklärung der Deficite abträglichen Weise beeinflussen muss.

Die Ursachen dieser Deficite, und überhaupt der noch immer zu hohen Zahlen Wollny's liegen vielmehr in der Art der Versuchsanstellung selbst.

1. Der Hauptgrund liegt jedenfalls in der relativ zu starken Feuchthaltung des Bodens, gegenüber den thatsächlichen Verhältnissen im Freien.

2. Waren die Töpfe vor Regen, und daher auch vor Thau geschützt aufgestellt, was jedenfalls die Transpirationsresultate bedeutend erhöhen musste. Im Freien sind die Pflanzen, wenn auch nicht jeden Tag, so doch mindestens drei- bis fünfmal in der Woche von Abends 7—9 Uhr bis Morgens 9—12 Uhr mit Thau bedeckt, der ihre Transpiration ausserordentlich herabdrückt. Diess geschieht nicht nur dadurch, dass die Blattoberseiten ganz

<sup>1)</sup> Der Einfluss der Pflanzendecke und Beschattung auf die physikalischen Eigenschaften und die Fruchtbarkeit des Bodens. Berlin 1877. p. 123. Dasselbst p. 119 ff. eine vorzügliche kritische Darlegung der bisherigen Versuche und Versuchsmethoden in vorliegender Frage.

mit Thautröpfchen bedeckt sind, und daher schon aus diesem Grunde, so lange diese Bedeckung dauert, nicht transpiriren können,<sup>1)</sup> sondern es werden auch die Pflanzen durch den rasch abdunstenden Thau in eine sehr wasserdampfreiche Atmosphäre gehüllt, die die Transpiration der Blattunterseiten sehr herabdrücken muss. Ueberdiess ist es kaum mehr einem Zweifel unterworfen, dass sich die Pflanzen, wenn sie Tags über durch die starke Transpiration erschöpft wurden, Abends durch directe Aufsaugung von Thauwasser laben.<sup>2)</sup>

Es ist klar, dass vor Regen und Thau nicht geschützte Pflanzen unter sonst gleichen Umständen bedeutend weniger transpiriren müssen.

3. Schliesslich waren die Töpfe nicht vor Erwärmung durch directe Bestrahlung und durch die Luftwärme geschützt. Wie aber nachgewiesen ist, hängt die Transpiration auch von der Bodenwärme ab. Je kälter der Boden ist, desto geringer ist die Thätigkeit der Wurzeln in jeder Beziehung, desto weniger Wasser wird durch dieselben in die Pflanze geschafft, so dass, wie Sachs gezeigt hat, Pflanzen bei starker Erkältung ihrer Wurzeln selbst in sehr wasserreichem Boden zu welken beginnen, weil unter diesen Umständen zu wenig Wasser aus dem Boden in die Pflanze geschafft wird. Pflanzen, die in Töpfen cultivirt werden, welche wenigstens zeitweilig stärker erwärmt werden, als der Boden, müssen daher auch mehr transpiriren als direct im Boden wurzelnde. Ich brauche kaum zu erwähnen, dass dieser Factor von geringerem Einflusse ist als die sub 1 und 2 besprochenen.

Trotzdem Wollny's Versuche nicht mit Forstgewächsen angestellt sind, habe ich sie doch hier besprochen, weil sie für die landwirthschaftlichen Pflanzen dasselbe Ziel verfolgen, das ich für die forstlichen im Auge habe, und weil sie unter allen diessbezüglichen Versuchen, auch denen mit forstlichen Pflanzen mit einbegriffen, die strengen Anforderungen entsprechendsten sind, daher auch ihre Resultate der Möglichkeit am nächsten kommen. Alle übrigen Versuchsansteller nahmen sich nicht einmal die Mühe, den Versuch über die ganze Vegetationsdauer fortzusetzen, abgesehen davon, dass im besten Falle die an Wollny's Versuchen gemachten Ausstellungen überall ihre Anwendung finden. Man wird es daher begreiflich finden, wenn ich auf weitere Einzelkritiken verzichte, und namentlich auch auf zahlenmässige Angaben bezüglich der von ihnen erhaltenen Versuchsergebnisse, die, wie man aus dem Gesagten ersieht, ziemlich werthlos erscheinen.

Was nun meine eigenen über die Transpirationsgrösse der Waldbäume angestellten Versuche betrifft, so wurden dieselben durchgehends mit kleinen in Töpfen cultivirten Bäumchen von durchschnittlich 70 Ctm. Höhe angestellt. Wie aus dem Folgenden noch näher hervorgehen wird, wurde dafür Sorge getragen, dass sich dieselben unter ganz ähnlichen Verhältnissen befanden, wie die verschiedenen Partien der Krone der Bäume im

<sup>1)</sup> Wollny gibt an (l. c. p. 116), dass die mit einer Cuticula oder mit Periderm überzogenen oberirdischen Theile der Pflanzen, hinsichtlich der Transpiration, nicht in Betracht kommen. Diess beruht jedoch auf einem Irrthume. Im Gegentheile transpiriren auch die spaltöffnungsfreien Blattoberseiten vieler Pflanzen, ferner die Peridermflächen, mit und ohne Lenticellen, sowie die Borke, viel Wasser. Siehe Unger (Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. W. 44. Bd. II. Abth. p. 327 ff.), Garreau (Ann. des scienc. nat. 1850), Sachs (Experimentalph. p. 225), v. Hönel (in Wollny's Forschung. auf dem Gebiete der Agriculturphysik. I. Bd. IV. Heft. p. 317 f.) etc. Ferner Wiesner und Pacher (Oest. bot. Zeitschr. 1875 Nr. 5), Stahl, Haberlandt etc.

<sup>2)</sup> Diess ist nach den Versuchen von Böhm, Pitra, Detmer, Haberlandt u. A. zweifellos. Siehe Böhm (Ueb. die Aufnahme v. Wasser u. s. w. in Landw. Versuchsst. 1. Heft 1877), A. Pitra (Pringsheim's Jahrbüch. f. wissenschaftl. Botanik 11. Bd. p. 337 ff.), Detmer (Wollny's Forschungen etc. Bd. I. Heft 2 und 3. p. 166); Haberlandt (Wissenschaftl. prakt. Forsch. II. p. 130); vergl. ferner Bonnet, Duchartre, Cailletet, Sachs, Heiden etc.

geschlossenen Bestände. Jedes einzelne Bäumchen kam in einen gewöhnlichen Gartentopf von etwa 16 Ctm. Höhe. Es wurde dafür gesorgt, dass die Pflanzen mit einem möglichst grossen Ballen ausgehoben wurden, so dass die Wurzeln eine möglichst geringe Beschädigung erlitten, und wenigstens zum Theil in die Erde ihres früheren Standortes zu stehen kamen.

Die meisten der etwa 5- bis 6-jährigen Pflanzen entstammten der Pflanzschule des Mariabrunner Forstgartens, nur wenige (Tanne, Else, Birke und Buche) wurden aus dem Walde geholt, und zwar wurden sowohl Schatten- als auch Sonnenpflanzen ausgewählt. Jeder Topf kam nun in ein cylindrisches, aus dünnem Zinkblech verfertigtes Gefäss zu stehen, das um 4 bis 5 Ctm. höher war, und für jeden einzelnen eigens so gemacht wurde, dass der obere Rand desselben an die Wandung des Cylinders genau anpasste. Damit der Boden des Topfes den des Cylinders nicht unmittelbar berührte, wurde auf den des letzteren ein aus etwa  $\frac{3}{4}$  Ctm. dicken Holzstäben verfertigtes Kreuz gelegt, auf das der Topf zu stehen kam, und das zugleich ein einseitiges Durchdrücken des dünnen Zinkblechbodens durch den mit einer Erdlast von  $3\frac{1}{2}$  bis  $4\frac{1}{2}$  bis 5 Kilogr. gefüllten Topfes verhütete.

Nachdem die Pflanzen so vorgerichtet etwa 3 bis 4 Wochen im Freien gestanden waren, und sich die Topferde genügend gesetzt hatte, wurden die Zinkblechcylinder durch Deckel aus demselben Materiale verschlossen. Letztere waren konisch gewölbt, so dass darauf fallendes Regenwasser sofort abfliessen musste, und hatten je eine centrale 3 Ctm. weite Oeffnung, und eine 1 Ctm. weite excentrische. In die erstere kam der Stamm der Pflanze zu stehen, letztere diente zum Begiessen der Pflanzen. Auf diese zweite Oeffnung wurde zum Behufe des durch einen passenden Kork bewirkten Verschlusses eine etwa 2 Ctm. hohe und 1 Ctm. weite Röhre aufgelöthet. Um nun die Deckel auf die entsprechenden bereits mit Pflanzen besetzten Töpfe appliciren zu können, wurden dieselben an einer Stelle vom Rande aus radial bis zur centralen Oeffnung hin eingeschnitten, und so ein Schlitz gebildet, der geöffnet und über den unteren Stammtheil der entsprechenden Pflanze geschoben wurde. Dadurch, dass nun die beiden Ränder dieses Schlitzes übereinander gelegt wurden, wurde nicht nur die konische Wölbung des Deckels erzeugt, sondern konnte auch durch nachträgliches Verlöthen der Schlitz vollständig geschlossen werden. Ein etwa  $\frac{1}{2}$  Ctm. breiter Streifen der Aussenränder der Deckel war nach abwärts gebogen, und schloss fest an den Rand der Cylinder an. Nach Anbringung der so beschaffenen Deckel wurden dieselben sorgfältig angelöthet, ebenso der Schlitz zugelöthet, und es blieb nur noch die centrale Oeffnung frei, durch welche der Stamm reichte. Die vollständige Verschliessung dieser konnte nun durch passend zugeschnittene weiche Korke geschehen, die leicht und dicht zwischen Stamm und Deckel eingeschoben werden konnten, da der Blechrand der centralen Oeffnung nach abwärts gebogen war. Um nun den Verschluss ganz dicht zu machen, wurden der unterste Theil des Stammes, die Korke und ein (2 bis 4 Ctm. breiter) angrenzender Streifen des Deckels zweimal mit einer dicken Schichte von Kautschuck überzogen, der in Benzin gelöst aufgetragen wurde. Im Laufe des Versuchs wurde im Sommer noch eine dritte Kautschuckschichte aufgetragen.

Wie man aus dieser Beschreibung ersieht, stand jede Versuchspflanze in einem Topfe, welcher vollkommen luftdicht von einer Zinkblechhülle umgeben war, die aber nicht an denselben unmittelbar anschloss, sondern mit Ausnahme des oberen wulstigen Randes des Topfes durch den dieser in der Zinkblechhülle fixirt war, überall einen mehr weniger weiten luftefüllten Zwischenraum bildete. Der Boden des Topfes war von dem der Zinkblechhülle  $\frac{3}{4}$  Ctm. weit entfernt, der Deckel von der Bodenoberfläche 4 bis 10 Ctm.

weit, und die Seitenwandung des Topfes  $\frac{1}{2}$  bis 5 Ctm. Dadurch wurde nicht nur die unmittelbare Berührung der Erde mit der Zinkblechumhüllung und die Vergiftung der Pflanzen durch das reichlich entstehende Zinkcarbonat verhindert, sondern auch eine stärkere Luftcirculation im Boden ermöglicht, als diess bei unmittelbarem Anschlusse der Hüllen an die Töpfe möglich gewesen wäre.<sup>1)</sup>

Die Höhe der so vorgerichteten Töpfe betrug 20 bis 21 Ctm., und der Durchmesser 19 Ctm., woraus sich der Topfquerschnitt, d. h. die Bodenfläche auf welcher eine Pflanze wuchs, auf 283·53 □ Ctm. berechnet. Es würden daher auf 1 □ M. 35 Pflanzen zu stehen kommen, und auf 1 Hectar 352600 Pflanzen im Durchschnitt.

Bei einigem Ueberlegen wird man sich nun bald darüber klar, dass die verschiedenen Theile eines Baumes im geschlossenen Waldbestande sehr verschieden stark transpiriren müssen. Der Wipfel des Baumes, die oberen und unteren Aeste desselben finden sich gleichzeitig unter sehr verschiedenen äusseren Verhältnissen.<sup>2)</sup>

Licht, Luftfeuchtigkeit und Temperatur, die drei wichtigsten äusseren Factoren der Transpiration der Pflanzen, sind in den verschiedenen Partien der Krone sehr verschieden. Dazu kommt noch, dass die oberen freien Theile der Krone häufig durch Regen und Thau benetzt werden, was bei den unteren gar nicht der Fall ist, oder nur in viel geringerem Maasse. Ferner sind die Blätter der unteren ganz im Schatten stehenden Aeste in zwar anatomisch unwesentlichen, physiologisch aber wichtigen Punkten von den Gipfelblättern verschieden u. s. w.

Daraus geht hervor, dass man, um die Transpirationsverhältnisse kennen zu lernen, mindestens zwei Reihen von Versuchen machen müsse, die eine im Schatten und vor Thau und Regen mehr minder geschützt, und die andere unter Verhältnissen, die denen der Gipfel der Bäume analog sind.

Es wurde daher die Reihe von 66 Pflanzen, die ich im Frühjahr auf die beschriebene Art vorgerichtet hatte, in zwei Partien getheilt, deren jede unter andere Verhältnisse gebracht wurde. Die eine Partie von 36 Pflanzen wurde unter einem gegen 2 Meter breiten dachförmigen Vorsprunge untergebracht, der etwa  $2\frac{1}{2}$  Meter über dem Boden an der Südseite eines Gartenhauses angebracht wurde, das im Schatten einer Gruppe grosser Rosskastanien stand. Von etwa 7—9 Uhr Morgens bis 5—7 Uhr Abends ermangelten die Pflanzen einer directen Besonnung. Nur in den Morgen- und Abendstunden wurden sie von sehr

<sup>1)</sup> Nichtsdestoweniger zeigten drei Pflanzen unzweifelhafte Vergiftungssymptome, und starben zwei davon bald darnach ab. Die Ursache davon lag darin, dass dieselben einmal stark begossen wurden und das Wasser durch im Boden entstandene Wege rasch durchrann, und in die Zinkblechumhüllung kam. Hier blieb es nun unbemerkt einige Tage stehen, und sättigte sich mit kohlenurem Zincke, das in Form einer dünnen Kruste die Zinkblechwände bedeckte. Als nun die Töpfe, um die rasche Aufsamung des durchgesickerten Wassers zu ermöglichen, durch einige Stunden umgelegt worden waren, zeigten die Pflanzen schon nach wenigen Tagen Vergiftungszeichen; die Blätter wurden braunfleckig, ohne zu trocknen, und fielen bald ab. Die Pflanzen gingen zu Grunde und konnten daher nicht weiter benützt werden. Um dergleichen weitere Fälle zu verhindern, wurde mit dem Begiessen sorgfältiger umgegangen, und namentlich rasche Zuführung grosser Wasserquantitäten auf einmal vermieden. Bei den für die Versuche im Jahre 1879 hergerichteten Versuchspflanzen wurden die Innenseiten der Zinkblechhüllen theils mit Leinölfirnis und theils mit schwarzer Theerölfarbe überzogen, wodurch die Bildung von Zinkcarbonat wohl fast ganz verhindert wird. Ueberdiess kamen die Töpfe unmittelbar auf den Blechboden zu stehen, und können daher etwa durchgesickertes Wasser sofort wieder aufsamgen. Ausserdem wurden bei diesen noch einige weitere Verbesserungen angebracht (um selbst spurenhafte Eindringen von Regenwasser zu verhindern, und eine gleichmässige Begiessung zu ermöglichen), deren Beschreibung der 1880 erfolgenden Veröffentlichung der Versuchsergebnisse überlassen werden muss.

<sup>2)</sup> Siehe hierüber Ebermayer's „Die physik. Einwirkung des Waldes“ etc. 1873.

schiefen und durch Gebüsch und Laubwerk, durch das sie dringen mussten, abgeschwächten Strahlen getroffen. Ferner blieben die Pflanzen bei schwachem Regen trocken, konnten also ungestört weiter transpirieren. Bei stärkerem oder länger andauerndem Regen hingegen wurden sie alle mehr oder weniger bespritzt, manchmal auch ziemlich stark nass, was von der herrschenden Windrichtung und anderen Umständen abhing. Vor Thaubildung waren sie vollständig geschützt.

Die übrigen 30 Pflanzen wurden in einer geringen Entfernung davon ausserhalb der Baumgruppe mitten unter jungen Ailanthus- und anderen Pflanzschulbäumchen zur Seite eines schmalen Kiesweges aufgestellt, wo sie fast den ganzen Tag über von directen Sonnenstrahlen getroffen werden konnten. Während eines grossen Theiles der Beobachtungszeit zeigten sie Morgens und Abends Thaubildung, ebenso waren sie dem Regen vollständig exponirt.

Eine besondere Vorsorge wurde dafür getragen, dass die Zinktöpfe nicht directe von der Sonne beschienen werden konnten. Da die Zinkblechumhüllung, wie auseinandergesetzt, durch einen ziemlich grossen luftefüllten Zwischenraum von dem eigentlichen Topfe getrennt war, so konnten die Töpfe selbstverständlich eine ziemlich starke Besonnung ertragen, ohne dass eine directe Beschädigung der Versuchspflanzen durch zu starke Erwärmung des Bodens zu befürchten war, wie es bei Topfpflanzen leicht geschieht. Da sich aber der beschattete Waldboden nie stark erwärmt und die Transpiration durch Erhöhung der Bodenwärme vergrössert wird, sowie eine seitliche Erwärmung des Bodens im Freien nicht stattfindet, sich also Versuchspflanzen, deren Töpfe allseitig besonnt werden können, jedenfalls unter unnatürlichen Verhältnissen befinden, so wurde eine directe Bescheinung derselben auf nachfolgende Art gänzlich verhütet. Es wurde längs dem Kieswege ein 40 Ctm. tiefer und 30 Ctm. breiter, etwa 10 M. langer Graben ausgehoben, in den eine lange entsprechend gestaltete Kiste eingesenkt wurde. Der Boden derselben wurde mit Löchern versehen, durch die eindringendes Regenwasser sofort abfliessen konnte. Auf zwei am Boden der Kiste verlaufende etwa 2 Ctm. dicke Leisten wurden nun die Töpfe dicht nebeneinander gestellt und die Kiste dann durch zwei lange schmale Halbdeckel oben verschlossen. Diese wurden von den Längsseiten der Kiste gegen einander geschoben, und ruhten an den Enden, sowie in der Mitte auf niedrigen dachförmig zugeschnittenen Querleistchen auf, wesshalb sie ebenfalls beiderseits dachartig abfielen und das darauffallende Regenwasser zum grössten Theil zu beiden Seiten der Kiste abfliessen konnte. Um aber das Eindringen von Regenwasser noch mehr zu verhindern, wurde die Innenkante des vorderen der beiden Halbdeckel mit einem etwa 8 Ctm. breit vorspringenden Zinkblechstreifen versehen, der der Länge nach dachförmig gebogen war und auf den anderen Deckel übergreifend die Fuge zwischen beiden verdeckte. Selbstverständlich musste dieser Blechstreifen mit ebensovielen Ausschnitten versehen sein, als sich Pflanzen aus der Kiste erhoben. Jeder Ausschnitt wurde, nachdem die Töpfe immer genau an dieselbe Stelle gestellt waren, jedesmal über den entsprechenden Stamm geschoben, und so die Kiste ganz verdeckt. In dieser Weise vorbereitet, befanden sich die Versuchspflanzen was die Temperaturverhältnisse des Bodens anbelangt, offenbar unter Verhältnissen, die denen der im Freien wachsenden Pflanzen sehr ähnlich sind, jedenfalls viel ähnlicher als dann, wenn die Töpfe der Insolation beliebig preisgegeben werden.

Da die Möglichkeit nicht ausgeschlossen war, dass ein plötzlich kommender Hagelschlag oder ein Gewittersturm die Pflanzen und somit auch den Versuch verdarb, so mussten auch nach dieser Richtung hin Vorkehrungen getroffen werden. Es wurden zu diesem

Behufe in Distanzen von je  $2\frac{1}{2}$  M. über der Kiste und an deren Enden im Ganzen fünf etwa meterhohe und breite Krücken angebracht, deren etwas geneigte Obertheile vier leicht wegnehmbaren Rahmen zur Unterlage dienten, die mit Dachpappe überspannt waren. Kurz vor drohenden Gewittern oder auch während denselben wurden die Rahmen angebracht und nach vorübergegangenem Unwetter die Pflanzen wieder abgedeckt.

Obwohl nun bei den im Schatten angebrachten Pflanzen eine auch nur einigermaassen starke Besonnung der Töpfe nicht zu befürchten war, so wurde schon der Gleichartigkeit der Verhältnisse wegen auch bei ihnen eine ähnliche, nur etwas einfachere Vorkehrung dagegen getroffen, auf deren nähere Beschreibung ich hier nach dem Gesagten wohl nicht einzugehen brauche.

Sowohl am Orte der Aufstellung der Schattenpflanzen als auch an dem der Sonnenpflanzen wurden vom 14. Juni bis 10. October dreimal täglich regelmässige Thermometer- und Evaporimeter-Beobachtungen ausgeführt, welche in freundschaftlichster Weise von Herrn Dr. W. Riegler besorgt wurden, und welche ich in nebenstehender Tabelle entsprechend berechnet wiedergebe.

Die Instrumente, welche zu diesen Beobachtungen dienten, gleichgehende in Fünftelgrade getheilte Thermometer von Kapeller, und Evaporimeter nach Piche, waren sämmtlich im Schatten aufgestellt, und befanden sich nur ein paar Meter von den Pflanzen entfernt. Was die Evaporimeter betrifft, so sei bemerkt, dass nach zahlreichen vergleichenden Beobachtungen des Herrn W. Riegler zwei Grade desselben genau einem Millimeter Wasserverdunstung einer freien Fläche entsprechen, so dass, wie diess auch behufs Berechnung der meteorologischen Tabelle geschah, die abgelesenen Werthe nur durch 2 getheilt zu werden brauchen, um Zahlen zu liefern, die mit mehr als hinlänglicher Genauigkeit die Grösse der Verdunstung einer freien Wasserfläche in Millimetern ausgedrückt angeben.

Da die Pflanzen aus zufälligen Ursachen erst ziemlich spät versetzt werden konnten, so war nicht nur vorauszusehen, dass ein Theil derselben im Laufe des Sommers eingehen werde, sondern konnte auch der eigentliche Versuch erst am 27. Mai begonnen werden. Die meisten Laubbäumchen hatten daher schon mehr weniger entwickelte Blätter, als die erste Wägung vorgenommen wurde, und ist die gefundene Gesamttranspiration der Versuchspflanzen (vom 1. Juni bis 1. December) eigentlich nicht diejenige der ganzen Vegetationsperiode, sondern eine etwas geringere. Da jedoch die Versuchsdauer die ganze Zeit der maximalen Verdunstung umspannt, so kann das Minus der gefundenen Zahlen gegenüber der eigentlichen Gesamtverdunstung kaum 10 Procent ausmachen.

Vom 27. Mai an wurden die Töpfe an der Mehrzahl der Tage zweimal, um 7 bis 8 Uhr Früh und 5 bis 7 Uhr Abends mit einer Sattelwage gewogen, die bei 4 bis 6 Kilogr. Belastung — soviel wogen nämlich die Töpfe — Wägungen bis auf  $\frac{1}{2}$  Gramm Genauigkeit mit Sicherheit gestattete. So wurden im Laufe des Versuches über 8000 Wägungen ausgeführt, deren Resultate selbstverständlich nur zum Theile in dieser Arbeit verwerthet werden können.

Von den 66 ursprünglich vorhandenen Versuchspflanzen gingen 17 im Laufe des Sommers zu Grunde (= 25.7 Procent). Die verschiedenen Species verhielten sich hiebei nicht gleich. Von den 20 cultivirten Baumarten gingen bei 11 gar keine Pflanzen zu Grunde, während bei *Larix europaea* sämmtliche (drei) Exemplare eingingen. Im Ganzen zeigte sich, dass hauptsächlich Coniferen abstarben (von 20 Exemplaren, die 6 Arten angehörten, gingen 13, d. i. 65 Procent, zu Grunde); während die Laubhölzer durch das Versetzen und die

Temperatur- und Wasserverdunstungs-Beobachtungen bei den Schatten- und Sonnenpflanzen der Transpirationsversuche.

Datum	Temperatur $^{\circ}$ . — Tagesmittel												Tägliche Verdunstung einer freien Wasserfl. in Millimetern											
	Juni		Juli		August		September		October		Juni		Juli		August		September		October					
	S.	Sch.	S.	Sch.	S.	Sch.	S.	Sch.	S.	Sch.	S.	Sch.	S.	Sch.	S.	Sch.	S.	Sch.	S.	Sch.				
1.	—	—	18.1	17.3	14.1	14.0	17.5	17.4	14.3	14.7	—	—	1.58	1.38	0.51	0.58	0.59	0.73	0.81	1.06				
2.	—	—	20.1	19.2	13.7	13.9	16.5	16.5	8.0	8.5	—	—	1.61	1.17	0.79	0.71	0.69	0.92	0.35	0.54				
3.	—	—	15.3	15.4	18.2	17.5	15.9	15.7	6.1	6.9	—	—	1.11	1.05	0.94	1.25	0.91	0.87	0.37	0.50				
4.	—	—	11.3	11.7	17.0	16.9	14.3	13.8	4.9	5.9	—	—	0.65	0.60	0.32	0.44	0.53	0.61	0.09	0.34				
5.	—	—	14.8	14.6	19.9	19.2	17.6	17.3	6.1	7.0	—	—	2.09	1.81	0.79	0.71	0.68	0.90	0.16	0.27				
6.	—	—	17.9	15.8	20.0	19.3	17.8	17.6	8.3	9.3	—	—	1.67	1.79	0.77	0.79	0.55	0.69	0.26	0.40				
7.	—	—	17.3	17.1	19.2	19.1	18.3	17.5	10.9	12.9	—	—	1.39	1.53	0.98	1.10	0.76	0.48	0.36	0.81				
8.	—	—	18.6	18.3	17.8	18.1	17.2	17.4	11.9	13.4	—	—	0.87	0.79	0.77	0.86	0.48	0.65	0.17	0.35				
9.	—	—	15.5	15.0	18.3	18.2	18.6	18.0	12.9	14.0	—	—	0.36	0.38	0.53	0.62	0.53	0.73	0.38	0.60				
10.	—	—	18.7	17.4	18.8	16.3	17.2	17.1	11.4	12.2	—	—	1.05	0.89	0.93	0.89	0.75	0.56	0.35	0.41				
11.	—	—	16.2	15.8	18.5	17.7	17.4	16.9	—	—	—	—	0.77	0.85	1.00	1.67	0.37	0.64	—	—				
12.	—	—	16.4	15.3	18.7	18.3	16.3	16.8	—	—	—	—	1.38	1.23	0.87	0.93	0.28	0.50	—	—				
13.	—	—	16.9	17.0	21.3	18.8	17.0	17.8	—	—	—	—	1.52	1.38	0.93	0.96	0.83	0.84	—	—				
14.	22.6	21.5	16.3	17.1	20.5	18.7	16.4	15.8	—	—	—	—	1.32	0.55	0.45	0.39	0.47	0.89	0.35	—				
15.	20.2	15.5	15.9	15.7	20.3	20.1	17.6	—	—	—	—	—	0.65	0.71	1.08	1.24	0.51	1.17	0.81	0.57				
16.	10.9	11.1	16.2	15.7	19.0	18.6	19.6	—	—	—	—	—	0.52	0.63	1.68	1.66	0.39	0.58	1.03	1.00				
17.	14.6	13.7	18.2	17.1	17.4	17.1	14.5	—	—	—	—	—	1.27	0.95	1.79	1.85	0.71	0.80	0.80	1.15				
18.	15.1	12.9	20.0	19.0	17.4	16.4	15.3	—	—	—	—	—	1.15	0.95	1.11	1.19	1.22	1.94	0.74	0.98				
19.	19.1	17.4	18.7	20.3	20.2	18.7	17.0	—	—	—	—	—	1.14	0.75	1.65	1.70	0.74	0.83	0.89	1.15				
20.	19.2	17.3	18.7	18.3	19.9	19.3	15.6	—	—	—	—	—	0.63	0.55	2.18	1.78	1.15	1.38	0.57	0.69				
21.	19.1	16.3	19.3	17.7	15.8	15.2	13.2	—	—	—	—	—	1.49	1.10	1.49	1.15	0.70	0.75	0.13	0.14				
22.	18.2	17.9	22.5	17.3	14.2	13.4	9.9	—	—	—	—	—	1.74	1.01	1.08	1.01	0.64	0.75	0.19	0.27				
23.	18.5	17.8	19.6	21.9	17.1	16.9	10.7	10.8	—	—	—	—	1.22	1.04	1.11	0.90	0.54	0.81	0.22	0.27				
24.	19.2	19.1	19.1	19.1	16.9	16.6	13.8	13.3	—	—	—	—	1.72	0.83	1.68	1.75	0.82	0.64	0.22	0.19				
25.	19.0	18.7	15.8	15.6	15.1	15.6	14.4	14.6	—	—	—	—	2.10	1.31	0.86	0.85	0.62	0.79	0.13	0.34				
26.	19.1	18.5	18.4	17.2	18.3	17.5	11.4	11.9	—	—	—	—	1.07	0.91	0.70	0.72	0.60	0.71	0.18	0.33				
27.	18.8	18.1	14.5	14.4	17.9	18.1	11.2	11.6	—	—	—	—	2.03	1.38	0.98	1.03	1.13	1.32	0.24	0.40				
28.	18.1	17.8	18.3	18.9	18.7	17.7	10.5	11.3	—	—	—	—	0.98	0.95	1.41	1.39	0.65	0.59	0.65	0.89				
29.	18.8	17.5	19.3	18.7	19.2	18.5	13.0	13.2	—	—	—	—	0.54	0.41	1.19	1.21	0.64	0.66	0.58	0.78				
30.	20.8	19.6	19.1	17.8	20.9	19.5	11.0	12.2	—	—	—	—	0.73	0.45	0.74	0.72	0.48	0.51	0.38	0.60				
31.	—	—	13.4	13.6	21.5	17.9	—	—	—	—	—	—	—	0.41	0.52	0.33	0.34	—	—	—				
Mittel	18.3	17.1	17.4	16.9	17.6	17.5	15.1	15.2	9.5	10.5	1.2	0.9	1.22	1.16	0.72	0.85	0.56	0.64	0.33	0.53				

1. Die Mitteltemperatur betrug daher bei den Schattenpflanzen für den ganzen Zeitraum  $15.45^{\circ}$  C., bei den besonnten Pflanzen  $15.58^{\circ}$  C., der Unterschied also nur  $0.13^{\circ}$  C.  
 2. Die Gesamtverdunstung betrug im Schatten  $102.37$  Mm., bei den Sonnenpflanzen  $100.53$  Mm.

luftdichte Einschliessung des Vegetationsbodens viel weniger litten, indem von 46 Exemplaren von 14 Arten nur 4 eingingen, d. i. 8.7 Procent.

Sehr auffällig war, dass es hauptsächlich die im Schatten untergebrachten Pflanzen waren, welche das Contingent der absterbenden Pflanzen lieferten. Von den 36 Schattenpflanzen gingen 14 zu Grunde, und von den 30 Sonnenpflanzen nur 4. Diese letzteren 4 sind nun lauter Coniferen, darunter 2 Lärchenexemplare, die wohl nur wegen viel zu spät vorgenommener Versetzung<sup>1)</sup> abstarben, ferner eine im tiefen Schatten des Waldes erwachsene (sogenannte unterdrückte) Tanne und eine sehr schlecht bewurzelte Weissföhre.

Ich habe diese Daten angeführt, um zu zeigen, dass höchst wahrscheinlich die luftdichte Einschliessung der Töpfe keinen erheblichen Einfluss zu Ungunsten des Gedeihens der Versuchspflanzen ausübte. Denn, dass von den Schattenpflanzen so viele Exemplare zu Grunde gingen, davon liegt die Ursache jedenfalls nur darin, dass der Schatten, in welche die Pflanzen gebracht wurden, ein zu tiefer war.<sup>2)</sup> Wäre die Ursache eine andere gewesen, die mit der Art der Einschliessung im Zusammenhang stand, so mussten sich die Sonnenpflanzen ebenso verhalten, wie die in den Schatten gesetzten. Von ersteren gingen aber, wie erwähnt, nur vier Pflanzen zu Grunde, und diese aus Gründen, die mit der Art der Versuchsanstellung nichts zu thun haben. Wenn man in der That bedenkt, dass zunächst die Verschlussung jedenfalls nicht absolut luftdicht sein konnte, ferner bei den ziemlich häufigen Begiessungen auch die Luft im Boden jedesmal mehr minder erneuert wurde, und überdiess die Luft im Topfe in gewissem Sinne durch die Pflanze selbst nach aussen in Communication steht, so wird man es begreiflich finden, dass die Einschliessung der Töpfe keinen wesentlich nachtheiligen Einfluss auf die Pflanzen ausübte.

Alle übrigen Pflanzen entwickelten sich völlig normal, und sind noch jetzt (Ende December) vollkommen gesund, so dass sie zur Fortsetzung der Versuche (in etwas abgeänderter Form) in einer weiteren Vegetationsperiode benützt werden können.

Bevor ich nun zur eigentlichen, zahlenmässigen Darstellung der Versuchsergebnisse übergehe, sei noch bemerkt, dass Anfangs Juni die Blätter aller Versuchspflanzen genau gezählt wurden. Nur bei den Fichten konnte aus mechanischen Gründen eine solche directe Zählung nicht vorgenommen werden. Man suchte daher in der Pflanzschule, der die Versuchsexemplare entnommen waren, zwei den Versuchsfichten (Nr. 36 und 37) völlig gleiche Fichten aus und bestimmte deren Blattzahl und Blattgewicht.

Selbstverständlich fielen im Laufe des Sommers, und namentlich im September, anfänglich weniger und später immer mehr und mehr Blätter von den Versuchspflanzen ab, oder wurden solche, die abzufallen drohten, abgelöst. Alle diese Blätter wurden sorgfältig gesammelt, gezählt und lufttrocken gewogen. Nachdem schliesslich bei den Laubpflanzen alle Blätter abgefallen waren, konnte leicht das Gesamt-Lufttrockengewicht des Laubes und der etwaige Blattverlust bestimmt werden. Mit Hilfe des letzteren, der meist nur sehr gering war, konnte das Lufttrockengewicht der Gesamtbelaubung berechnet werden. Da die Blätter beim Abfallen schon meist mehr oder minder vertrocknet waren, so konnte eine genaue Oberflächenbestimmung derselben nicht vorgenommen werden. Ich begnügte mich daher, die Oberfläche der Blätter mit Hilfe der Angaben einer weiter unten mitzutheilenden Tabelle

<sup>1)</sup> Die Nadeln waren schon weit entwickelt als diess geschah.

<sup>2)</sup> Diesem Uebelstande kann leicht und wird bei Fortsetzung der Versuche abgeholfen werden.

über die Blattgrößen der Forstbäume<sup>1)</sup> beiläufig zu berechnen, um wenigstens einen einigermaßen bestimmten Anhaltspunkt zur Beurtheilung der Grösse derselben zu haben. Es wurden desshalb auch die Versuchsergebnisse nur auf 100<sup>o</sup> Gramm Laublufftrockengewicht und auf 1000 Blätter umgerechnet, nicht aber auf ein Flächenmaass.

Am 1. November, kurz vor dem ersten Schneefall, wurden die Pflanzen in einen luftigen grossen ungeheizten Raum gebracht, um dort zu überwintern. Selbstverständlich sind daher die Zahlen, welche für den Monat November erhalten wurden, grösser als die in der Natur vorkommenden, weil die Pflanzen im Winter meist mit Schnee und Eis oder Wasser mehr oder minder bedeckt, nur sehr wenig transpiriren.

Die für den Monat November erhaltenen Zahlen sind daher jedenfalls Maximalzahlen. An eine Fortsetzung der Versuche im Freien kann im Winter bei grosser Kälte und viel Schnee selbstverständlich nicht gedacht werden. Die Versuchspflanzen würden in den Töpfen jedenfalls der Gefahr des Auswinterns ausgesetzt sein.

In den folgenden Tabellen sind nun die wichtigsten Versuchsergebnisse ziffermässig zusammengestellt.

Ueber die Einrichtung derselben habe ich nur einige kurze Bemerkungen vorauszuschicken. Dieselben bestehen, wie man sieht, aus den Columnen I bis XXV. In der Columne II bedeutet die Angabe Schatten- oder Sonnenpflanze, dass die betreffende Pflanze im Schatten oder im Freien aufgestellt war. Alle Gewichtsangaben sind in Grammen gemacht. Die Angaben 30 p, oder 21  $\alpha$  p etc., welche sich über den Oberflächenzahlen in der Columne V befinden, beziehen sich auf die Tabellen über die Blattgrößenbestimmungen; und zwar bedeutet der Buchstabe p die Columne p in diesen Tabellen, und was vor diesem Buchstaben steht (30 oder 21  $\alpha$  etc.), die Horizontalreihe. Es bedeutet daher z. B. die Angabe 21 p über der Zahl 1764 bei *Quercus Cerris* Nr. 1, dass die Oberfläche von 1764  $\square$ Ctm. der 101 Blätter dieser Pflanze mit Hilfe der Zahl p in der Horizontalreihe 21 (*Quercus Cerris*, Schattenblätter) in der Tabelle I „Ueber die Grössenverhältnisse der Blätter“ berechnet wurde, nach der Proportion:  $5 \cdot 00 : x = 100 : p$ ; p ist aber in diesem Falle 35279, und daher  $x = 1764$ .

Bezüglich des in Columne VI angegebenen Datums der vollständigen Entlaubung ist zu bemerken, dass bei jenen Pflanzen, bei welchen am 1. December die Blätter noch nicht sämmtlich abgefallen oder abgenommen worden waren, dieselben an diesem Tage sämmtlich abgenommen wurden; daher der 1. December das späteste vorkommende Datum ist. Es musste diess geschehen, um das Blattgewicht bestimmen zu können.

Die Columnen VII bis XIII enthalten die durch Wägung direct bestimmten monatlichen Wasserverluste der Töpfe, und den Gesamttranspirationsverlust. Da die Wägungen selbstverständlich nicht immer genau in denselben Tagesstunden ausgeführt werden konnten, so mussten die Gewichts differenzen auf genau 31 oder 30 Tage umgerechnet werden, um die thatsächliche Transpiration in den einzelnen Monaten zu gewinnen. Daher die scheinbar bis auf 0.1 Gramm genauen Angaben, während der mögliche Fehler etwa  $\frac{1}{2}$  Gramm bei jeder Zahl, und auch bei der Zahl in Columne VII beträgt.

Bezüglich der Columnen XVI und XVII ist zu bemerken, dass in denselben bei Pflanzen, wo die Blattoberflächen mit derselben Reductionszahl (z. B. 21  $\alpha$  p bei Nr. 4 und 18)

<sup>1)</sup> Siehe den letzten Abschnitt dieser Abhandlung.  
Mittheil. a. d. forstl. Versuchswesen Oesterr. II.



## größen unserer Forstbäume.

1000 luft- trockene Blätter wiegen Grm.	1000 Blätter haben eine Ober- fläche von □ Ctm.	100 Grm. luft- trockene Blätter haben eine Ober- fläche von □ Ctm.	1 □ M. Ober- fläche entspricht Grm. luft- trockener Blätter	Auf 1000 Blätter kommt Transpira- tion vom Juni bis November in Grm.	Auf 100 Grm. luft- trockene Blätter kommt Transpira- tion vom Juni bis November in Grm.	Transpirationsgrößen in Grammen, auf 100 Grm. Lufttrockengewicht der Blätter bezogen, in den Monaten					
						Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.
XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII	XXIII	XXIV	XXV
49·51	17466	35279	28·345	20445	41300	8746	6010	12590	6902	4622	2430
84·29	22560	26768	41·557	13435	15941	4707	3752	4571	2290	453	168
90·21	24147	26768	41·557	16922	18759	7728	3627	4292	2106	882	124
67·33	21391	29605	37·153	16967	25333	7060	4463	7151	3766	1986	907
44·21	12871	29114	34·348	20328	45987	7520	7718	10266	9924	8000	2559
41·34	12136	29114	34·348	8866	21442	6236	4283	3078	3230	3275	1340
75·69	33396	44123	22·664	13328	17606	5643	3913	3445	3417	1028·5	160
53·75	19468	34117	30·453	14174	28345	6466	5305	5596	5524	4101	1353
14·81	7946	53655	18·637	4753	32101	6082	8376	8000	6924	1947	745
15·15	8130	53655	18·637	5942	39202	8102	8489	7404	8067	4457	2683
15·79	5733	36372	27·569	13634	86313	17863	26270	25257	12893	3579	451
19·05	6928	36372	27·569	12839	67387	15682	17100	19493	12286	2548	278
16·2	7184	45014	23·103	9292	56251	11932	15059	15039	10042	3139	1039
15·59	3821	24507	40·80	37·01	23953	6062	3835	5612	4240	2970	1234
13·26	3249	24507	40·80	52·71	38693	9453	8417	9017	6550	3343	1913
20·71	10085	48699	20·534	138·66	66937	12172	13855	16407	16475	7828	200
17·44	8491	48699	20·534	121·43	68000	12920	12706	18214	14600	9106	454
16·92	4147	24507	40·80	56·57	33435	11868	7847	5270	5171	2925	354
29·91	7329	24507	40·80	182·20	60907	15794	22578	15518	4987	1700	330
29·45	14340	48699	20·534	119·19	39007	18359	9613	7313	3195	286	241
20·47	7352	34875	32·115	101·11	47276	12375	11264	11050	7888	4023	675



1000 luft- trockene Blätter wiegen Grm.	1000 Blätter haben eine Ober- fläche von □ Ctm.	100 Grm. luft- trockene Blätter haben eine Ober- fläche von □ Ctm.	1 □ M. Ober- fläche entspricht Grm. luft- trockener Blätter	Auf 1000 Blätter kommt Transpira- tion vom Juni bis November in Grm.	Auf 100 Grm luft- trockene Blätter kommt Transpira- tion vom Juni bis November in Grm.	Transpirationsgrößen in Grammen, auf 100 Grm. Lufttrockengewicht der Blätter bezogen, in den Monaten					
						Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.
XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII	XXIII	XXIV	XXV
14·27	3520	24672	40·531	9339	64405	19244	13631	14100	13386	3548	496
18·84	4648	24672	40·531	17401	92363	30388	18551	16396	17118	9507	403
48·95	10280	21000	47·62	26284	53686	18053	17087	11415	5572	1493	66
30·42	3688	21000	47·62	18711	61495	18800	15630	19415	7518	69	63
28·12	5534	22836	44·076	17934	67987	21621	16225	15331	10899	3654	257
20·23	6132	30311	32·99	7827	38662	7917	5544	9252	10175	5591	183
34·97	10599	30311	32·99	16235	46678	10304	12625	11639	7661	3901	548
64·46	19538	30311	32·99	30937	47994	15341	10280	18453	3696	131	93
33·60	10184	30311	32·99	31390	93424	26330	22987	26739	17089	194	94
38·32	11613	30311	32·99	21597	56689	14973	12859	16521	9655	2454	229
111·85	49550	44314	22·57	30296	27084	6415	4246	6523	7452	1694	754
127·31	56416	44314	22·57	52648	41346	10711	7600	8081	7057	4296	3601
128·33	56868	44314	22·57	58730	45761	14630	10980	13193	5297	1372	289
164·09	72714	44314	22·57	44236	26956	8534	5743	6123	4655	1838	63
132·89	58387	44314	22·57	46477	35287	10072	7143	8480	6115	2300	1177
109·34	34022	31117	32·13	19728	18042	6490	6340	3341	1701	91	79
70·35	21891	31117	32·13	48592	69113	15025	12493	31104	9291	1038	162
89·85	27957	31117	32·13	34160	43577	10757	9417	17222	5496	564	121
22·65	6211	27425	36·46	15136	33409	6707	7094	7927	7837	3558	284
57·95	8064	31179	32·07	9250	15956	9640	4102	1616	222	204	172
40·30	7138	29302	34·27	12193	24683	8174	5598	4772	4029	1881	228



1000 luft- trockene Blätter wiegen Grm.	1000 Blätter haben eine Ober- fläche von □ Ctm.	100 Grm. luft- trockene Blätter haben eine Ober- fläche von □ Ctm.	1 □M. Ober- fläche entspricht Grm. luft- trockener Blätter	Auf 1000 Blätter kommt Transpira- tion vom Juni bis November in Grm.	Auf 100 Grm. luft- trockene Blätter kommt Transpira- tion vom Juni bis November in Grm.	Transpirationsgrößen in Grammen, auf 100 Grm. Luftrockengewicht der Blätter bezogen, in den Monaten					
						Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.
XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII	XXIII	XXIV	XXV
70·20	20712	29504	33·89	30085	42852	10322	8979	11636	8288	3526	101
62·25	18366	29504	33·89	49996	80165	24655	18474	24039	12588	241	168
66·23	19539	29504	33·89	40041	61519	17489	13727	17838	10438	1884	135
23·73	4543	19146	52·23	17649	74346	12006	30606	24661	6955	74	44
44·14	12409	28116	35·56	25248	57169	8370	14724	16293	14818	2348	616
37·87	—	—	—	6982	18464	4834	3463	4620	3545	1320	682
46·80	—	—	—	23108	49365	12414	8313	12545	10132	5135	826
15·72	—	—	—	8548	54363	21168	10020	17187	4086	1709	193
33·46	—	—	—	12879	40731	12805	7265	11451	5921	2721	567
1·25	—	—	—	72·3	5788	1906	1254	1397	618	486	127
1·25	—	—	—	73·8	5907	2591	1339	1106	335	315	221
1·25	—	—	—	73·1	5847	2249	1297	1251	477	400	174
5·416	—	—	—	1698	5802	2350	1305	1200	737	144	66
22·658	—	—	—	1633	3207	1063	852	692	233	288	79
3·155	—	—	—	182	5775	1284	1028	1442	1193	642	186
4·000	—	—	—	151	3782	1005	676	969	569	400	163
4·479	—	—	—	163	3648	898	656	1320	270	256	248
3·878	—	—	—	165	4402	1062	787	1243	677	433	199

berechnet wurden, begreiflicher Weise die gleichen Zahlen erscheinen mussten, die ihrerseits wieder mit Zahlen aus den Reductionstabellen übereinstimmen müssen.

Wenn man in vorstehenden Tabellen die vergleichbaren Zahlen (aus den Columnen XIX bis XXV) untersucht, mit Rücksicht auf die einzelnen Monate, auf die einzelnen Arten und Exemplare derselben Species, ferner ob Sonnen- oder Schattenpflanze etc., so findet man sehr viele Angaben, die dem von vornherein zu erwartenden Resultate vollkommen entsprechen, andere aber wieder, die diesem völlig zuwiderlaufen.

Bei der Art der Versuchsanstellung kann selbstverständlich nicht daran gedacht werden, dass etwa gemachte Fehler jene scheinbar — denn diess sind sie nur, wie ich gleich zeigen werde — unmöglichen Resultate hervorgebracht haben; schon die Art der Unregelmässigkeiten schliesst Versuchsfehler aus der Reihe der möglichen Ursachen aus.

Um aber ein richtiges Verständniss der gegebenen Transpirationszahlen und ihres gegenseitigen Werthes zu gewinnen, ist es vor Allem nöthig, sich die Bedeutung derselben klar zu machen. Ist man sich einmal hierüber klar, so hat es auch keine grosse Schwierigkeit mehr, zu begreifen, dass bei verschiedenen Arten und bei verschiedenen Exemplaren derselben Art sehr verschiedene Transpirationsgrössen erhalten werden können. Wenn es in der Columne XIX der Transpirationstabelle heisst, dass z. B. eine Pflanze pro 100 Gramm Blattrockengewicht 41346 Gramm Wasser verdunstete, so kann dieses nicht bedeuten, dass jene 100 Gramm Laub beständig die Transpirationsunterlage bildeten, denn nur während eines geringen Theiles der Transpirationszeit ist die genannte Laubmenge thatsächlich vorhanden. Im September ist ein Theil des Laubes bereits abgefallen, im October der grösste Theil davon; im April und Mai hingegen ist dasselbe erst in der Entwicklung begriffen. Nichtsdestoweniger beziehen sich die für die einzelnen Monate berechneten Zahlen immer auf die volle Belaubung im Juli, die also in anderen Monaten noch nicht oder nicht mehr vorhanden ist. Wenn es daher in einem bestimmten Falle von einem Bäumchen, das bereits im October sämtliche Blätter verlor, heisst, 100 Gramm Trockengewicht des Laubes verdunsteten im November 754 Gramm Wasser, so heisst diess eigentlich, dass ein Bäumchen, das im Sommer eine Laubmenge von 100 Gramm Trockengewicht besass, nun im November im entblätterten Zustande durch die Knospen und die Rinde 754 Gramm verdunstete. Wie man sieht, beziehen sich also die gegebenen Zahlen auf die thatsächlichen, nicht aber auf die physiologischen Verhältnisse; erstere sind es aber nur, auf welche es bei derartigen Untersuchungen ankommen kann.

Die Transpiration der Pflanzen ist ein so verwickelter und von so vielerlei Ursachen abhängiger Process, dass es bei länger fortgesetzten Versuchen eigentlich schon von vornherein zu erwarten ist, dass die Resultate durchaus nicht so klar und durchsichtig sein werden, wie die bei nur kurz andauernden Experimenten, bei welchen es mit Leichtigkeit gelingt, den grösseren Theil des die Transpiration bedingenden Ursachencomplexes auszuschliessen.

Bei Laubbäumen, die mit sich verschieden früh entfaltenden und verschieden spät abfallenden Blättern versehen sind, die sich im Schatten und in der Sonne verschieden verhalten, muss das Resultat selbstverständlich noch complicirter und schwieriger verständlich sein.

In den folgenden Seiten habe ich mir die Aufgabe gestellt, nicht nur die einzelnen Ursachen, welche die thatsächlich erzielten Resultate bedingen halfen, aufzuzählen, sondern auch den Grad und die Art ihrer Wirkung bei dem gemachten Versuche festzustellen.

Die Ursachen, welche die Transpiration beeinflussen, lassen sich in zwei grosse Kategorien bringen, in äussere und innere. Die ersteren sind von den letzteren vollkommen unabhängig, nicht aber umgekehrt diese von jenen. Zu den äusseren Ursachen gehören nebst allen meteorologischen noch: die Lichtwirkung, Erschütterungen der Pflanzen und die Einwirkung der Zusammensetzung und Temperaturverhältnisse des Bodens. Zu den inneren gehören die mit dem Alter, der Entwicklungsphase und dem anatomischen Baue der Pflanzen oder ihrer Organe zusammenhängenden Ursachen, ferner die eine periodisch ab- und zunehmende Lebensthätigkeit der Pflanzen bewirkenden, noch unbekanntem Gründe; die individuellen Unterschiede verschiedener Exemplare, ihre Verschiedenheiten je nach den äusseren Bedingungen, unter welchen sie sich entwickelten (ob im Lichte oder im Schatten etc.). Die absolute Transpirationsgrösse im Laufe des Jahres ist ferner wesentlich von den phänologischen Verhältnissen des Laubausbruches, des Laubfalles etc. bedingt.

Schliesslich ist auf die Grösse des berechneten Resultates und ihres Vergleichswerthes der Umstand vom grössten Einflusse, dass strenge genommen die Transpirationsgrösse weder dem Gewichte, noch dem Volumen oder der Oberfläche der Blätter proportional ist, daher die für verschiedene Pflanzen berechneten Resultate eigentlich nicht mit einander vergleichbar sind.

Wenn man die ganze Reihe dieser die Verdunstungsgrössen der Pflanzen bedingenden Ursachen kritisch mit Berücksichtigung der Grösse ihrer Einflüsse benützt, so gelingt es leicht, die mitgetheilten thatsächlichen Transpirationsgrössen ungezwungen zu erklären.

Ich gehe nun im Folgenden die einzelnen die Transpirationsgrössen bedingenden Ursachen, wie sie bei meinen Versuchen wirksam waren, der Reihe nach durch, um hiedurch die auffälligen Resultate derselben möglichst vollständig zu erklären.

1. Temperatur. Wie man aus der meteorologischen Vergleichstabelle pag. 55 ersieht, war im Juni und Juli die tägliche Mitteltemperatur bei den im Freien stehenden Pflanzen etwas (1.2 resp. 0.5° C.) höher, als bei den im Schatten untergebrachten. Im August und September differirten die Mitteltemperaturen nur um 0.1° C., und zwar im ersteren Monate zu Gunsten der im Freien stehenden Pflanzen, im letzteren der Schattenpflanzen. Im October hingegen war die Temperatur bei den Schattenpflanzen durchschnittlich um 1° höher als bei den Sonnenpflanzen.

Die Ursache dieses Verhaltens liegt offenbar nur in der nächtlichen Abkühlung, welche um so grösser ist, je länger die Nächte sind. Die Schattenpflanzen waren vor der nächtlichen Abkühlung geschützt, nicht so die Sonnenpflanzen. Es waren daher die Sonnenpflanzen nur im Juni und Juli, was die Temperatur betrifft, den Schattenpflanzen gegenüber im Vortheile, später nicht mehr, und im October sogar im Nachtheile.

Aus der Temperaturtabelle ergibt sich aber auch, dass der Juli kälter war als der Juni und August. Es wird daher zu erwarten sein, dass die Pflanzen im Juli weniger transpirirten als im Juni, was, wie die Verdunstungstabelle lehrt, sehr häufig thatsächlich der Fall war. Da aber noch andere Ursachen im Spiele waren, die oft noch viel mächtiger einwirkten, so konnte diess selbstverständlich nicht immer eintreten.

2. Evaporationsgrösse (Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftströmungen in ihrer Gesamtwirkung). Bei dem Umstande, dass die Transpiration nur ein physikalischer, durch den Bau und die complicirten Functionen der Pflanze beeinflusster Wasserabdunstungsprocess ist, ist die Beobachtung der Verdunstung einer freien Wasserfläche für die Beurtheilung der Transpirationsgrössen jedenfalls ein sehr wichtiger, bisher noch gar nicht

gewürdigter Behelf. Directe Wägungen von in genau cylindrischen Gefässen befindlichen Mengen destillirten Wassers könnten bei bekannter Oberfläche des Wasserspiegels selbstverständlich ganz gut zu diessbezüglichen Bestimmungen dienen. Ich verwendete jedoch den sinnreichen und höchst einfachen Apparat von Piche<sup>1)</sup>, der aus einer calibrirten, oben zugeschmolzenen, unten abgeschliffenen, mit Wasser gefüllten Röhre besteht, welche unten durch ein kreisrundes wasseraufsaugendes Papier von bestimmter Grösse verschlossen und in Grade eingetheilt ist. Wie bereits erwähnte Beobachtungen lehrten, entsprechen zwei Grade des Instrumentes einem Millimeter Verdunstung einer freien Wasserfläche. Die Genauigkeit des Instrumentes ist nach Beobachtungen des Herrn W. Riegler eine überraschend grosse und beträgt 1 bis 2 Procent der Angaben.

Wie man nun aus der meteorologischen Tabelle ersieht, betrug die Gesamtverdunstung im Schatten 102.37 Mm., und in der Sonne (d. h. im Schatten bei den Sonnenpflanzen) 100.53 Mm. Der Unterschied zwischen diesen beiden Zahlen liegt noch innerhalb der Fehlergrenze, und man kann daher sagen, dass die Verdampfungsgrösse bei den Sonnen- und Schattenpflanzen fast gleich gross war. Da nun ebenso die mittleren Temperaturen während des Versuches bei beiden fast gleich gross waren (Unterschied 0.13° C.), so muss auch der Feuchtigkeitsgehalt der Luft bei beiden Reihen von Pflanzen so ziemlich genau derselbe gewesen sein. Man sieht, dass die Sonnenpflanzen, auch was die Evaporationsgrösse und den Feuchtigkeitsgehalt der Luft betrifft, gegenüber den Schattenpflanzen im Mittel nicht im Vortheile waren, eben so wenig wie bezüglich der Temperatur.

Aus diesen Gründen sind daher für die letzteren keine besonders auffällig geringeren Transpirationsgrössen zu erwarten. Diess trifft im Allgemeinen in der That zu, denn wenn man das Mittel der Transpirationsgrösse aller Laubholz- und Nadelholzversuchspflanzen, sowohl für die im Schatten, als auch die in der Sonne aufgestellt gewesenen, ausrechnet, so erhält man folgende Mittelzahlen:

Laubhölzer	{	Schatten: 44472	Gramm Wasserverlust	pro 100	Gramm Trockengewicht		
		Sonne: 49533	"	"	" 100	"	"
Nadelhölzer	{	Schatten: 4778	"	"	" 100	"	"
		Sonne: 4990	"	"	" 100	"	"

In dieser Zusammenstellung beziehen sich die Zahlen auf die ganze Versuchszeit. Offenbar sind die geringen Unterschiede in den Transpirationsmengen zwischen den Schatten- und Sonnenpflanzen zum Theil durch das Verhalten der Temperatur an beiden Aufstellungs-orten mitbedingt; doch wäre es irrtümlich, diesem den Hauptantheil daran zuzuschreiben.

3. Regen. Einer der wesentlichsten Factoren, welcher es bedingte, dass die Sonnenpflanzen relativ so wenig verdunsteten, lag in dem Regen. Nächst diesem kommt dann der gleich zu besprechende Thau. Wie aus der Regentabelle pag. 72 hervorgeht, regnete es während der Versuchsdauer von 183 Tagen an 76 derselben. An 53 Tagen regnete es hiebei mehr als 2 Mm. Es waren daher die Sonnenpflanzen mindestens während des dritten oder vierten Theiles der Versuchsdauer regennass und konnten während dieser Zeit nur relativ wenig transpiriren; denn nicht nur waren die Blattoberseiten und ein Theil der Blattunterseiten während der Benetzung von der Transpiration ausgeschlossen, sondern waren die

<sup>1)</sup> Siehe Wollny, Forschungen etc. I. Bd. IV. Heft p. 343.

Pflanzen auch nach dem Regen kürzere oder längere Zeit nass, und in Folge dessen in eine die Transpiration hemmende feuchte Lufthülle eingeschlossen. Selbstverständlich waren die Schattenpflanzen, die unter Dach standen, von dieser Benetzung gerade so wie ein Theil der Baumkrone fast ganz ausgeschlossen und konnten daher auch während des Regens forttranspiriren.

4. Thau. Ganz ebenso wie der Regen verhält sich der Thau, der die Wirkung desselben gewissermaassen ergänzend, gerade bei heiterem Wetter auftritt. Die Blätter der Sonnenpflanzen waren im August und September oft noch um 11 Uhr Vormittags bethaut. Um 6—9 Uhr Abends, je nach der Jahreszeit, begann auf den Sonnenpflanzen die Thaubildung und blieben dieselben bis Morgens 9—11 Uhr thaunass. Da dieser Vorgang im Durchschnitte an mindestens 10 bis 15 Tagen im Monate stattfand, so musste selbstverständlich die Transpiration der Sonnenpflanzen dadurch sehr beeinträchtigt werden. Die Schattenpflanzen waren natürlich von der Thaubildung ganz verschont, konnten daher zeitweilig viel mehr als die Sonnenpflanzen transpiriren. Ich vermüthe, dass die Sonnenpflanzen etwa während des siebenten bis achten Theiles der Versuchszeit bethaut waren.

5. Wind. Die Sonnenpflanzen waren diesem viel mehr exponirt, als die anderen, was ihre Transpiration etwas erhöhen musste, nicht nur in Folge der durch denselben bewirkten Erschütterungen der Pflanzen, sondern auch durch die raschere Wegführung der die Pflanzen umgebenden feuchten Luft. Doch dürfte, wie die Evaporimeterangaben lehren, dieser Einfluss nur ein geringer gewesen sein.

6. Die Beleuchtung und directe Erwärmung der Sonnenpflanzen durch die Bestrahlung musste die Transpiration derselben sehr bedeutend erhöhen. Diese beiden Factoren sind es fast allein, welche alle andern zu Ungunsten der Transpiration der Sonnenpflanzen wirkenden überbietend, das oben constatirte Plus der Transpiration derselben erzeugten.

Die Schattenpflanzen waren, was Bestrahlung und Beleuchtung betrifft, den Sonnenpflanzen gegenüber sehr im Nachtheile. Die zwei in Rede stehenden Factoren sind aber, wie Wiesner<sup>1)</sup> zeigte, bei Weitem die ausgiebigsten unter den die Transpiration beeinflussenden, und man möchte den Forschungen des Genannten zufolge (a priori) bei Weitem grössere Unterschiede zu Gunsten der Sonnenpflanzen erwarten. Die Ursachen, warum diese im Freien nicht eintreten können, liegen theils in der Beregnung und Bethauung, und theils in dem Umstande, dass Blätter, die dauernd der Besonnung ausgesetzt sind, ganz andere Eigenschaften annehmen, als solche, die dauernd im Schatten stehen. Letztere in die Sonne gebracht, transpiriren ungemein viel mehr, als besonnte Sonnenblätter. Es macht sich der grosse Einfluss der Besonnung auf die Transpiration bei einer aus dem Schatten in die Sonne gebrachten Pflanze daher nur im Anfange geltend, später verwandeln sich die Schattenblätter in Sonnenblätter, sie werden derber und dicker und transpiriren in diesem Zustande viel weniger als früher, was sich natürlich namentlich dann kundgibt, wenn man die Transpirationsresultate auf das Blattgewicht bezieht.

Es wäre daher irrthümlich, aus dem bei einem und demselben Exemplare gefundenen enormen Einflusse des Lichtes auf die Transpiration auf eine ähnlich grosse Gesamtwirkung desselben während der ganzen Vegetationsperiode zu schliessen; im Freien und unter natürlichen Verhältnissen wird diese Lichtwirkung durch das oben angegebene Verhalten der Blätter zum grössten Theile compensirt. Dazu kommt, dass die Schattenblätter viel länger frisch

<sup>1)</sup> Sitzgsber. d. Akad. d. Wissensch. Wien. 74. Bd., 1876.

grün und stärker transpirationsfähig bleiben, während die Sonnenblätter leicht stellenweise gebräunt werden etc., und jedenfalls unter starker Besonnung im Laufe des Sommers leiden. Nach meinen Beobachtungen an den Versuchspflanzen werden die Sonnenblätter in der Sonne jedenfalls sehr rasch immer weniger transpirationsfähig.

Diess ist ein weiterer sehr wirksamer Grund, warum dauernd besonnte Pflanzenblätter weniger transpiriren als andere, die nur durch relativ kurze Zeiträume der Besonnung ausgesetzt werden.

7. Der Boden und seine Beschaffenheit, Zusammensetzung, Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse haben auch einen sehr bedeutenden Einfluss auf die Transpirationsgrösse. Je wärmer bis zu einem gewissen Grade der Boden, in welchem die Pflanzen wurzeln, ist, desto stärker ist im Allgemeinen die Transpiration. Auf stark erkaltetem, wenn auch sehr wasserreichem Boden kommen unter Umständen Pflanzen zum Welken, weil die durch die starke Erkältung in ihrer Wasser aufsaugenden und hinaufschaffenden Thätigkeit gelähmten Wurzeln die forttranspirirende Pflanze nicht genügend mit Wasser versehen können.

Wichtiger ist aber der Einfluss des Wassergehaltes des Bodens auf die Transpiration, wie Barthelemy gezeigt hat. Je feuchter die Erde von Topfpflanzen gehalten wird, desto mehr transpiriren sie. Ich beobachtete, ohne von Barthelemy's Resultaten Kenntniss zu haben, im Laufe des Versuches mehrfach, dass die Pflanzen unmittelbar nach dem Begiessen auffallend mehr verdunsteten, als kurz vor demselben, ohne dass dieser Umstand auf die meteorologischen Verhältnisse hätte zurückgeführt werden können.

Es sei im Folgenden ein Beispiel aus den zahlreichen, welche die Versuche boten, herausgegriffen.

Eine Esche transpirirte im Freien vom 28. Juli bis zum 10. August folgende Mengen von Wasser:

Datum:	28./7.	29./7.	30./7.	1./8.	2./8.	3./8.	4./8.	5./8.	6./8.	7./8.	8./8.	9./8.	10./8.
Temperaturmittel:	18·3 <sup>o</sup>	19·3 <sup>o</sup>	19·1 <sup>o</sup>	14·1 <sup>o</sup>	13·7 <sup>o</sup>	18·2 <sup>o</sup>	17·0 <sup>o</sup>	19·9 <sup>o</sup>	20·0 <sup>o</sup>	19·2 <sup>o</sup>	17·8 <sup>o</sup>	18·3 <sup>o</sup>	18·8 <sup>o</sup>
Gramm Wasser:	24,	22,	24,	34·5,	195,	146,	114·5,	105,	157,	45,	143·5		
Regenmenge:	—,	—,	2·6,	9·2,	—,	—,	2·8,	—,	—,	1·0,	4·7,	5·1,	— Mm.

Am 31. Juli wurde die Pflanze mit einem Liter Wasser begossen; es zeigt sich ganz deutlich, wie dieselbe trotz gleich bleibender Temperaturverhältnisse unmittelbar nach dem Begiessen bedeutend mehr transpirirte. Wie man aus der meteorologischen Tabelle zugleich ersieht, waren auch die Evaporimeterangaben (1·41, 1·19, 0·74, 0·51, 0·79, 0·94, 0·32, 0·79, 0·77 etc.) während derselben Periode an den Tagen vor der Begiessung sogar grösser, als an den nach derselben.<sup>1)</sup>

Da nun die Schattenpflanzen durchschnittlich weniger transpirirten als die Sonnenpflanzen, so musste der Boden, in welchem sie wuchsen, im Allgemeinen etwas feuchter sein, als bei den Sonnenpflanzen, was selbstverständlich ihre Transpirationsgrösse wieder etwas erhöhen musste.

Bei dem grossen Einflusse, welchen das Maass der Bodenfeuchtigkeit auf die Wasserverdunstung der Pflanzen nimmt, könnte man meinen, dass dasselbe allein genüge, um so grosse Differenzen in den Gesamttranspirationen in verschiedenen, durch grosse

<sup>1)</sup> Nach eigens hierauf gerichteten Versuchen von Prof. Böhm ist der Einfluss der Bodenfeuchtigkeit auf die Transpirationsgrösse noch viel bedeutender, als diess aus dem gegebenen Beispiel ersichtlich ist.

Unterschiede im Wasserreichthum ausgezeichneten Jahrgängen zu erzeugen, dass jede nähere Feststellung der Transpirationsgrössen werthlos sei.

Diess ist aber gewiss nicht der Fall. In der Natur sind alle einseitigen Einflüsse von anderen begleitenden oder nachfolgenden Wirkungen mehr weniger compensirt. Ich habe schon oben gezeigt, wie die so enorme Lichtwirkung auf die Transpiration durch die Beschaffenheit der Sonnenblätter, durch Regen und Thau zum grössten Theile aufgehoben wird; ganz ebenso verhält es sich nun mit der Bodenfeuchte in ihrem Einflusse auf die Transpiration. In einem feuchten Jahre werden die häufigen Regen und die grosse Luftfeuchtigkeit die Transpiration sehr herabdrücken, in einem heissen wird dasselbe durch die Trockenheit des Bodens bewirkt werden. Wie immer sich die meteorologischen Verhältnisse gestalten mögen, immer bringen dieselben Gegenwirkungen auf die Transpiration der Pflanzen mit sich, die sich gegenseitig mehr minder aufheben. Ich zweifele daher nicht, dass sich für jede Baumart und jeden Punkt ihres Verbreitungsbezirkes eine Zahl wird finden und angeben lassen, welche ihre mittlere Transpirationsgrösse darstellt, und die von den extremen (einzelnen meteorologisch abweichenden Jahrgängen entsprechenden) Werthen um weniger als etwa 25 Procent abweichen.

Nach dieser Besprechung der äusseren Bedingungen der Transpiration und ihrer Einflussnahme bei dem vorliegenden Versuche wird man es begreiflich finden, dass frei exponirte Pflanzen Schattenpflanzen gegenüber nicht so viel transpiriren können, als diess nach den im Laboratorium physiologischerseits festgestellten Resultaten zu erwarten wäre. Noch mehr wird man von dieser Ueberzeugung durchdrungen, wenn man noch weiter geht, und auch die inneren Transpirationsbedingungen einer Prüfung unterzieht, was nun im Folgenden nur kurz geschehen soll. Ich werde mich damit begnügen, nur diejenigen derselben einer Betrachtung zu unterziehen, welche sich bei meinen Versuchen als die wesentlich beeinflussenden inneren Ursachen zu erkennen gaben.

Einen bedeutenden Antheil an den Versuchsergebnissen hat jedenfalls der Umstand, dass sich die einzelnen Bäumchen zum Theil, hauptsächlich wohl wegen ihrer späten Versetzung, sehr verschieden früh belaubten und entlaubten. Es wurden über die Belaubungszeiten zwar keine besonderen Notizen geführt, doch waren die Unterschiede derselben so auffallend, dass ihr bedeutender Einfluss auf die Grössen der transpirirten Wassermengen nicht bezweifelt werden kann. Was die Entlaubung betrifft, so war dieselbe, wie aus den Angaben in den Transpirationstabellen hervorgeht (Columne VI), nicht nur bei den verschiedenen Baumarten, sondern auch bei den einzelnen Exemplaren derselben Art sehr verschieden. Um nur ein Beispiel zu nennen, variierte bei den cultivirten Buchen die Zeit der vollständigen Entlaubung vom 10. September bis 1. December. Da die Entlaubung selbstverständlich ein Process von mehreren Wochen ist, so muss dieselbe einen sehr bedeutenden Einfluss auf die absoluten Transpirationsgrössen ausüben. Während die eine Buche, deren Laub am 1. December noch nicht abgefallen war, pro 100 Gramm Blatttrockengewicht im September, October und November zusammen noch 12000 Gramm verdunstete, betrug die entsprechende Summe bei einer anderen aus dem angegebenen Grunde nur 3700 Gramm. Etwas ganz Aehnliches lässt sich auch für andere Arten constatiren.

Von eben so grosser Bedeutung für die erhaltenen Zahlenresultate ist der Umstand, dass es uns eigentlich an einem Maassstabe fehlt, an welchem wir die Transpirationsgrössen im Vergleiche mit der sie liefernden Pflanze messen könnten. Denn die Transpiration ist

weder dem Blattgewichte, noch dem Volumen, noch der Oberfläche der Transpirationsorgane proportional. Je nachdem man die Verdunstungsgrösse auf den einen oder anderen dieser Maassbehelfe bezieht, bekommt man für ein transpirirendes Organ ganz verschiedene Transpirationszahlen. Um diess an einem Beispiele ganz klar zu zeigen, nehmen wir an, ein Blatt von 1 Gramm Gewicht, 1 Kubikctm. Lumen und 10 □Ctm. Oberfläche transpirire in einer gegebenen Zeit 100 Gramme. Die Transpirationsgrösse dieses Blattes wird für 100 Gramm Gewicht = 10000 sein, für 100 Kubikctm. auch = 10000 und für 100 □Ctm. gleich 1000. Nehmen wir nun weiters an, ein anderes Blatt gleicher Gattung würde bei gleicher Grösse und Gestalt doppelt so dick sein, so würde die Oberfläche dieses Blattes nur wenig grösser, z. B. 10·2 □Ctm., das Lumen aber doppelt so gross sein, also 2 Kubikctm., und das Gewicht fast doppelt so gross, also etwa 1·9 Gramm betragen. Die Transpiration könnte aber von derjenigen des ersteren Blattes nicht wesentlich verschieden und zwar nur wenig grösser sein, etwa 105 Gramme. Berechnet man nun für dieses Blatt, welches also bei gleicher Grösse nur wenig mehr transpirirt, die Verdunstungsgrösse auf 100 Gramm Gewicht, 100 Kubikctm. Volumen und 100 □Ctm. Oberfläche, so ergeben sich die Zahlen:

1029, 5250 und 5520, während dieselben früher  
1000, 10000 und 10000 betragen.

Wie man sieht, sind die ersteren ganz andere Verhältnisszahlen, trotz der nur um 5 Procent stärkeren Transpiration. Es zeigt eben die Transpiration keinerlei Proportionalität mit den genannten Maassen der Blätter. Am ehesten noch könnte man sie bei flachen Organen der Oberfläche proportional setzen, was nicht nur aus den soeben berechneten Zahlen hervorgeht, sondern auch aus dem Umstande, dass die Transpiration in der That zum grossen Theile eine Oberflächenfunction der Blätter ist. Aber abgesehen von dem Umstande, dass bei Versuchen im Grossen solche Oberflächenbestimmungen unmöglich sind, erscheint es schon der Art der Versuchsanstellung nach viel naturgemässer, die Transpiration auf die vorhandene Trockensubstanz zu beziehen. Denn die Oberflächenentwicklung eines Organes gehört zwar zu den bestimmenden Ursachen der Transpirationsgrössen, ist aber kein Maass für die wahre Grösse eines Transpirationsorganes, und nur diese wahre Grösse des Organes kann als Maassstab für eine vergleichende Beurtheilung der Transpirationsgrössen mehrerer Pflanzen gelten. Wenn man sagt, dass 100 Gramme Trockensubstanz eines Organes 100 Gramme Wasser verdunsteten, so hat diess mit Beziehung auf die Grösse desselben einen bestimmten Sinn, nicht aber, wenn es heisst, 100 □Ctm. Oberfläche hätten so viel verdunstet, weil die Oberflächenentwicklung kein Maass für die Grösse des Organes ist. Es kann ein Körper von 1 Milligramm Gewicht ganz gut 600 □Ctm. Oberfläche haben, andererseits aber hat ein Wasserwürfel von 10 Ctm. Seitenlänge auch nur 600 □Ctm. Oberfläche, aber ein Gewicht von 1000 Gramm, also das Millionfache des Gewichtes eines Milligrammes. Wenn diese beiden Objecte gleicher Oberfläche gleich viel verdunsten würden, so wäre es gewiss unrichtig zu sagen, dass beide das gleiche Verdunstungsvermögen besitzen, denn offenbar verdunstet dann der nur 1 Milligramm schwere relativ ausserordentlich viel mehr. Ganz abgesehen von praktischen Gründen ist der angeführte für mich das leitende Motiv dafür gewesen, die Transpiration auf das Trockengewicht umzurechnen. Selbstverständlich ist durch das Gesagte nicht die Meinung ausgesprochen, dass die Umrechnung auf eine Oberflächeneinheit nicht unter speciellen Umständen nothwendig erscheinen könne, z. B. bei physiologischen Vergleichsversuchen der Verdunstungsgrösse mit der einer freien Wasserfläche etc.

Sobald man aber hierüber im Klaren ist, wird man auch verstehen, dass man bei der bekanntlich sehr verschiedenen Dicke der Blätter selbst bei verschiedenen Exemplaren derselben Species sehr von einander verschiedene Resultate erhalten muss. Die verschiedene Blattdicke ist in der That der ausgiebigste Grund für den in den Tabellen so auffälligen Umstand, dass oft Schattenpflanzen mehr als Sonnenpflanzen transpirirten. Die Blätter der Schattenpflanzen sind immer dünner als die der Sonnenpflanzen, d. h. das Laub oder die organische Masse der Schattenpflanzen (oder der im Schatten stehenden Theile von Pflanzen) zeigt immer eine stärkere Oberflächenentwicklung als das der Sonnenpflanzen. Diese stärkere Oberflächenentwicklung derselben Masse ist die Ursache der stärkeren Transpiration der ersteren. Es ist zwar richtig, dass man bei der Umrechnung auf ein Flächenmaass weniger verschiedene Zahlen erhalten hätte, aber unrichtig, die Transpirationsgrössen des ganzen Organes nach diesen Zahlen zu beurtheilen.

Man wird es nun leicht verstehen, dass z. B. eine Schattenbuche 68000 Gramm pro 100 Gramm Trockengewicht verdunstete, während eine in der Sonne stehende in derselben Zeit nur 33435 Gramm verdunstete. Es brauchte letztere nur entsprechend dickere und derbere Blätter zu haben.

Es geht aus allem Gesagten zugleich auch hervor, dass Transpirationsbeobachtungen (wenigstens bei Laubpflanzen), die nur an einem Exemplare angestellt wurden, keinen genügenden Aufschluss über die thatsächlichen Verdunstungsgrössen der betreffenden Art geben, wenn man keine Rücksicht auf das Verhältniss der mittleren Blattdicke dieses Exemplares zu der aller Individuen der Art nimmt. Es gehören daher mittlere Blattdickenbestimmungen aus den Verhältnissen von Gewicht und Oberfläche berechnet, zu unumgänglich nothwendigen Aufgaben bei solchen Versuchen. Denn die Blattdicke, d. h. die Oberflächenentwicklung des Organes, ist der wesentlichste Factor der Transpirationsgrösse. Vergleicht man die Transpirationsgrössen verschiedener unter gleichen Verhältnissen stehender Arten mit einander, so hat man auf die Blattdicke gar keine Rücksicht zu nehmen, weil dieselbe für jede Art specifisch gross ist; will man aber die bei einer Art erhaltenen Versuchsergebnisse auf die Verhältnisse im Grossen anwenden, durch Umrechnung, so muss man, will man sich nicht grossen Fehlern aussetzen, auf die verschiedene Blattdicke der Versuchspflanzen und der im Freien vorkommenden baumartig entwickelten Individuen derselben Art Rücksicht nehmen. Da die Blattdicke bei Versuchspflanzen in Töpfen, die unter weniger günstigen Bedingungen wachsen, nach meinen Erfahrungen immer geringer ist, als die von im Freien im Boden wurzelnden Pflanzen, so muss man bei Umrechnungen ins Grosse immer zu grosse Resultate erhalten.

Die individuellen Unterschiede in der Transpirationsgrösse verschiedener Exemplare sind daher hauptsächlich auf die ausserordentlich wechselnden Blattdicken zurückzuführen. In zweiter Linie ist dann die Art der Ausbildung, ob Sonnen- oder Schattenblatt, zu berücksichtigen.

Wenn man alles über die äusseren und inneren Ursachen der Transpirationsgrössen Gesagte zusammenfasst und auf die thatsächlich erhaltenen Zahlenresultate anwendet, so wird man finden, dass alle scheinbaren Unregelmässigkeiten eigentlich selbstverständlich sind und bei richtigem Vorausblicke von vornherein zu errathen waren.

Ich kann es nach allem Gesagten jedem Einzelnen mit Beruhigung überlassen, specielle aus der Tabelle herausgegriffene Einzelfälle kritisch zu untersuchen.

Nachdem ich gezeigt habe, in welcher Weise sich die oft scheinbar widersprechenden, oft unmöglich erscheinenden Transpirationsresultate vollständig und leicht erklären lassen, seien dieselben im Folgenden nach anderen Richtungen hin untersucht.

Zunächst interessirt die Frage lebhaft, in welchem Verhältnisse die von den einzelnen Versuchspflanzen verbrauchten Wassermengen zu den sommerlichen und jährlichen Regensmengen stehen; wie bereits Eingangs erwähnt, ergaben die Untersuchungen Anderer in der Regel unmögliche Resultate.

Die Regenmenge beträgt in Mariabrunn 70 Ctm. im Durchschnitte, wovon auf das Vegetationshalbjahr etwa 30 Ctm. kommen. Im Versuchssommer (1878) regnete es jedoch bedeutend mehr, und zwar in der Zeit von 1. Juni bis 1. December 55·86 Ctm. Die Vertheilung dieser grossen Regenmenge über die genannte Periode ergibt sich aus nachstehender Tabelle, die aus Beobachtungen des Herrn Dr. W. Riegler zusammengestellt ist. Wie man aus dieser Tabelle ersieht, regnete es in den drei Monaten Juni, Juli und August zusammen mehr, als normaler Weise im ganzen Vegetationshalbjahre.

Tabelle über die in der Zeit vom 1. Juni bis 1. December 1878 gefallenen Regensmengen.  
(Millimeter.)

T a g	Juni	Juli	August	Sept.	Octob.	Nov.	T a g	Juni	Juli	August	Sept.	Octob.	Nov.
1.	4·9	—	9·2	1·8	—	—	17.	—	1·1	—	4·7	1·0	—
2.	2·2	—	—	—	4·6	20·5	18.	—	—	0·1	—	6·3	0·5
3.	10·1	29·8	—	—	—	35·5	19.	—	—	2·9	0·5	11·6	—
4.	0·2	1·0	2·8	—	—	—	20.	38·9	—	7·0	—	3·1	4·4
5.	2·9	1·3	—	—	—	—	21.	—	—	—	10·9	—	—
6.	—	—	—	—	—	—	22.	—	—	—	5·5	—	5·2
7.	—	3·3	1·0	—	—	—	23.	—	—	—	—	0·7	—
8.	—	3·2	4·7	—	—	—	24.	—	11·9	—	0·3	—	—
9.	—	7·3	5·1	—	—	—	25.	—	—	30·3	5·1	0·9	—
10.	4·8	0·7	—	0·4	—	—	26.	—	—	—	13·9	0·5	—
11.	—	2·6	0·5	—	—	—	27.	—	1·6	1·4	4·4	—	—
12.	0·1	—	—	—	1·7	1·4	28.	15·7	—	—	—	8·1	—
13.	—	—	1·7	—	11·5	—	29.	—	—	—	—	0·5	3·6
14.	—	3·9	15·1	—	38·9	16·4	30.	2·0	2·6	9·5	—	5·4	—
15.	18·8	—	1·3	—	6·2	—	31.	—	46·3	5·2	—	—	—
16.	3·6	—	4·0	—	—	—	Summe	104·2	116·6	101·8	47·5	101·0	87·5

Die totale Regenmenge betrug 558·6 Mm. Die Zahl der Regentage betrug im Juni 12, Juli 14, August 17, September 10, October 15 und November 8. Von den 183 Tagen der in Rede stehenden Periode regnete es an 76 derselben.

Da nun der Topfquerschnitt 283·53 □Ctm. beträgt, so entfielen während dem Versuche auf jede Versuchspflanze:

im Juni	(Regenmenge 104·2 Mm.)	. . . . .	2954·38	Grm.
„ Juli	( „ 116·6 „ )	. . . . .	3305·96	„
„ August	( „ 101·8 „ )	. . . . .	2886·33	„
„ September	( „ 47·5 „ )	. . . . .	1346·77	„
„ October	( „ 101·0 „ )	. . . . .	2836·65	„
„ November	( „ 87·5 „ )	. . . . .	2490·89	„ Regenwasser,

was für die ganze Vegetationsperiode 15847·98 Gramm ausmacht, d. i. etwa 16 Kilogramm pro Topf.

Wie nun eine Durchsicht der Transpirationstabelle ergibt, zeigte die stärkste Transpiration die Esche Nr. 15, mit 4857 Gramm; alle übrigen Pflanzen zeigten eine geringere, die meisten eine bedeutend geringere Wasserverdunstung. Es hatte daher die das meiste Wasser verbrauchende Pflanze noch nicht den dritten Theil der Regenmenge in Anspruch genommen. Würde daher die Regenmenge auch nur 10 Kilogramm pro Topf und Pflanze betragen haben, und die Transpiration doppelt so gross ausgefallen sein, was beides nicht undenkbar erscheint, so hätte selbst die am stärksten transpirirende Pflanze ihren Wasserbedarf aus der Regenmenge während der Vegetation noch decken können.

Man könnte nun leicht auf die Meinung verfallen, dass zwar die gesammte Regenmenge während der ganzen Vegetationsperiode hinreichend sei, um den Transpirationsverlust zu decken, nicht aber die auf die Monate der stärksten Transpiration entfallenden Mengen genügen, um den zur selben Zeit stattfindenden Wasserverlust zu ersetzen.

Wenn man aber die auf die Monate Juni, Juli und August entfallenden Regenmengen mit den entsprechenden grössten Transpirationsverlusten der einzelnen Töpfe vergleicht, so überzeugt man sich leicht von dem Gegentheil. Für den am stärksten transpirirenden Topf Nr. 15 stellen sich Wasserverlust und Regenmenge wie folgt:

Juni,	Verbrauch:	1552·5	Gramm,	absolute	Regenmenge:	2954
Juli,	„	1040·3	„	„	„	3305
August,	„	1867·5	„	„	„	2886·3.

Wie man sieht, betrug die Regenmenge selbst in den drei wärmsten Monaten immer noch das 1½- bis 3-fache der jeweiligen Transpirationsverluste. Es kann daher — von den Wasservorräthen im Boden ganz abgesehen — selbst in den wärmsten Monaten die Transpirationsgrösse noch ganz beträchtlich erhöht und die Regenmenge herabgemindert werden, ohne dass Deckungsschwierigkeiten der Transpirationsverluste für die Pflanze zu entstehen brauchen.

Alles bisher Auseinandergesetzte bezieht sich wie gesagt auf die Pflanze mit den stärksten Wasserverlusten, und gilt daher in um so höheren Grade von den übrigen Pflanzen, welche Wassererfordernisse zeigten, die um das 4- bis 15-fache hinter den entsprechenden Regenmengen zurückblieben.

Eine andere Frage von hohem Interesse ist die nach der absoluten Grösse des Wasserbedürfnisses der einzelnen Baum-species. Selbstverständlich kann diese Frage auf Grund eines einzigen Versuches, sei es von welcher immer einer Ausdehnung, der sich aber nur über

eine Vegetationsperiode erstreckt, nicht endgiltig beantwortet werden. Ebenso ist es sicher, dass erst Versuche an verschiedenen Orten, die über die ganzen Verbreitungsbezirke der einzelnen Species vertheilt sind, und zugleich durch mehrere Jahre fortgesetzt werden, die Frage allgemein und auf einer breiten Basis zahlreicher Einzelwerthe beantworten können. Offenbar muss sich das Wasserbedürfniss je nach Jahrgang, Klima, Bodenbeschaffenheit, Höhenlage etc. für jede Baum-species verschieden gross herausstellen und können daher die einzelnen bei einem Versuche gewonnenen Zahlen nur von relativem Werthe sein. Es ist kaum zweifelhaft, dass sich für jede Baum-species gewisse Grenzwerte herausstellen werden, die aber für verschiedene Arten in charakteristischer Weise verschieden ausfallen werden.

Anders und einfacher gestaltet sich die Frage nach den relativen Transpirationsgrössen der einzelnen Baum-species. Die Frage: in welchem Verhältnisse stehen die Wasserverbrauchsmengen der einzelnen Holzarten zueinander? kann schon auf Grund eines verhältnissmässig geringen Aufwandes von Versuchen entschieden werden.

Nach dem Gesagten wird man den Werth der gemachten Versuche zu beurtheilen im Stande sein. Dieselben genügen zwar, um die relativen Verdunstungsgrössen der einzelnen, wichtigeren Holzpflanzen festzustellen, um die Frage zu beantworten, welche unserer Forstbäume ein grösseres und welche ein kleineres Wasserbedürfniss besitzen, können aber vorläufig nur eine unvollständige Antwort auf die Frage nach den absoluten mittleren Wasserbedürfnissen der einzelnen Species geben. Die Fortsetzung der Versuche über weitere Vegetationsperioden, die mir hoffentlich möglich gemacht werden wird, wird auch endgiltige Antworten (für die Verhältnisse des Wiener Waldes) auf die zweite wichtige Frage geben können.

Der Umstand, dass der Versuchssommer ein sehr kalter und regenreicher war, verleiht jedoch auch den gefundenen absoluten Zahlen einen grösseren Werth. Es ist nämlich kaum zweifelhaft, dass dieselben in gewissem Sinne Minimalzahlen sind, und als solche sind sie von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Indem ich nun zu meinen diessbezüglichen Versuchsergebnissen übergehe, weise ich nochmals darauf hin, dass sich dieselben nicht auf die ganze Vegetationsperiode beziehen, da die erste Topfwägung erst am 27. Mai stattfand. Es ist jedoch nicht zweifelhaft, dass auf den Mai kaum der siebente bis achte Theil der Gesamttranspiration fällt, und daher die gefundenen Zahlen im Grossen und Ganzen eine genügende Vorstellung von den Transpirationsgrössen der ganzen Vegetationsperiode geben.

Wenn man die auf 100 Gramm Blatztrockengewicht umgerechneten mittleren Transpirationsgrössen jener Versuchspflanzen, bei welchen mindestens zwei Exemplare<sup>1)</sup> zum Experimente zu Gebote standen, wie folgt in eine fallende Reihe ordnet, so zeigen sich die bedeutenden Unterschiede für die einzelnen Arten in sehr augenfälliger Weise.

I. <i>Betula alba</i> (Birke) . . . . .	67987 Grm.;	Mittel von 4 Versuchspflz.
II. <i>Tilia grandifolia</i> (Linde) . . . . .	61519	" " " 2 "
III. <i>Fraxinus excelsior</i> (Esche) . . . . .	56689	" " " 4 "
IV. <i>Carpinus Betulus</i> (Weissbuche) . . . . .	56251	" " " 4 "

<sup>1)</sup> Mit Ausnahme von Weiss- und Schwarzföhre, wo nur je eine Versuchspflanze erhalten blieb. Da jedoch die Coniferen sehr gleichmässig transpiriren, so genügt bei ihnen auch eine einzige Versuchspflanze.

V. <i>Fagus sylvatica</i> (Rothbuche) . . .	47246 Grm.	Mittel von 7 Versuchspflz.	
VI. <i>Acer platanoides</i> (Spitzahorn) . .	46287	" " " 4	"
VII. <i>Acer pseudoplatanus</i> (Bergahorn)	43577	" " " 2	"
VIII. <i>Ulmus campestris</i> (Feldulme) . .	40731	" " " 3	"
IX. <i>Quercus pedunc.</i> und <i>sessilifl.</i> . .	28345	" " " 3	"
X. <i>Quercus Cerris</i> (Zerreiche) . . .	25333	" " " 3	"
XI. <i>Acer campestris</i> (Feldahorn) . . .	24683	" " " 2	"
XII. <i>Abies excelsa</i> (Fichte) . . . . .	5847	" " " 2	"
XIII. <i>Pinus silvestris</i> (Weissföhre) . .	5802	" bei 1	"
XIV. <i>Abies pectinata</i> (Tanne) . . . .	4402	" von 3	"
XV. <i>Pinus Laricio</i> (Schwarzföhre) . .	3207	" bei 1	"

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich zunächst, dass unter gleichen äusseren Verhältnissen die Coniferen bedeutend weniger transpiriren, als die Laubhölzer. Nimmt man zu den angeführten 11 Arten letzterer noch *Sorbus torminalis* mit einer Transpiration von 57169 Gramm, und *Populus tremula* mit 74346 in Rechnung, so ergibt sich als mittlere Transpirationsgrösse der Laubhölzer 48476, im Gegensatze zu der der Nadelhölzer von 4814 Gramm Wasserverbrauch vom 1. Juni bis 1. December pro 100 Gramm Lufttrockengewicht der Blätter. Es transpiriren daher die Laubhölzer im Durchschnitte unter sonst gleichen Umständen zehn Mal so viel als die Nadelhölzer. Stellt man aber das am schwächsten transpirirende Nadelholz dem am lebhaftesten verdunstenden Laubholz gegenüber (*Pinus Laricio* — *Sorbus torminalis*), so ergibt sich ein Verhältniss von 1:23 zu Ungunsten der Nadelhölzer. Die Schwarzföhre ist nach den vorliegenden Untersuchungen überhaupt der die geringsten Wassermengen verbrauchende Forstbaum. Aber selbst die am schwächsten transpirirende Laubholzversuchspflanze (*Quercus Cerris*, Topf Nr. 4, mit 15941 Grm.) verdunstete noch immer 2.7 mal so viel als die am stärksten transpirirende Nadelholzpflanze (*Abies excelsa*, Topf Nr. 37, mit 5907 Grm.), so dass der sehr bedeutende Unterschied in den Transpirationsmengen zwischen Laub- und Nadelhölzern ganz ausser Zweifel steht.

Aus der obigen Zusammenstellung ergibt sich aber noch des Weiteren, dass auch zwischen den einzelnen Laubholzarten ganz beträchtliche Unterschiede stattfinden. Eine Birke oder Esche verdunstet zweifellos das Zwei- bis Dreifache dessen, was eine Eiche durch Vermittlung gleicher Laubmengen transpirirt.

Sucht man in der grossen Transpirationstabelle jene Versuchspflanzen heraus, welche die stärkste Transpiration aufweisen, und ebenso jene Laubhölzer, welche am schwächsten transpiriren, so zeigt sich, wie aus folgender Zusammenstellung hervorgeht, dass Esche, Birke, Linde und Weissbuche zu den am stärksten transpirirenden Laubhölzern gehören, während die Eichen und Ahorne relativ sehr wenig Wasser verbrauchen.

Topf 71: <i>Betula alba</i> (Birke) . . . . .	92363	Gramm
" 56: <i>Fraxinus excelsior</i> (Esche) . . . . .	93424	"
" 25: <i>Tilia grandifolia</i> (Linde) . . . . .	80165	"
" 55: <i>Carpinus Betulus</i> (Weissbuche) . . . . .	86313	"
Topf 4: <i>Quercus Cerris</i> (Zerreiche) . . . . .	15941	Gramm
" 6: <i>Quercus pedunculata</i> (Stieleiche) . . . . .	17606	"
" 13: <i>Acer pseudoplatanus</i> (Bergahorn) . . . . .	18042	"
" 22: <i>Acer campestris</i> (Feldahorn) . . . . .	15956	"

Diese Reihe der maximalen und minimalen Transpirationsgrössen unter den Laubholzversuchspflanzen stimmt, wie man sieht, ganz gut mit der oben mitgetheilten Reihe der mittleren Transpirationsgrössen der einzelnen untersuchten Laubhölzer überein.

Fasst man die gegebenen Transpirationsmittelzahlen der verschiedenen Hölzer etwas allgemeiner gehalten und übersichtlich zusammen, so treten die bedeutenden Unterschiede in den Verdunstungsmengen derselben in sehr auffälliger Weise hervor.

In der nachfolgenden Tabelle finden sich die betreffenden Zahlen zusammengestellt. Ich brauche wohl kaum zu bemerken, dass die in derselben mitgetheilten Zahlen genau genommen nur für die Verhältnisse des Wienerwaldes gelten, im Allgemeinen jedoch ganz gut auf entsprechende Gegenden von ganz Mitteleuropa angewendet werden können. Ich zweifle nicht, dass die mitgetheilten Grössen kaum um mehr als ein Viertel von den im Grossen in der Natur vorkommenden verschieden sind, was jedoch allerdings erst weitere Versuche zu beweisen haben werden.

Name der Baumspecies	Transpiration während der Vegetations- periode pro 100 Grm. Blattrockengewicht
Birke, grossblättrige Linde. . . . .	60—70000 Grm.
Esche, Weissbuche. . . . .	50—60000 "
Rothbuche . . . . .	45—50000 "
Spitzahorn, Bergahorn . . . . .	40—45000 "
Die Eichen . . . . .	20—30000 "
Fichte, Weissföhre . . . . .	5— 7000 "
Tanne . . . . .	4— 5000 "
Schwarzföhre . . . . .	3— 4000 "

Der durch das Gesagte festgestellte Umstand, dass nicht nur die Coniferen von den Laubhölzern, sondern auch diese untereinander sehr wesentliche Differenzen bezüglich ihres Wasserbedürfnisses, das sie an den Boden stellen, zeigen, ist von mehreren Gesichtspunkten aus vom höchsten Interesse. Nicht nur der Physiologe, sondern auch der Forstwirth, Meteorologe und Pflanzengeograph, sowie der Geograph überhaupt und der Geologe dürften in dieser Thatsache nicht nur die Erklärung mancher bekannten Erfahrung finden, sondern auch einen neuen Ausgangspunkt zu weiteren Forschungen. Ich kann bei der grossen Rolle, welche der Wald im Haushalte der Natur spielt, kaum glauben, dass so wesentliche, wie die gefundenen Unterschiede in der Transpiration, keinen Einfluss nach den verschiedensten der angedeuteten Richtungen ausüben sollen. Ich glaube, dass der mittlere Feuchtigkeitsgehalt der Luft je nach der vorherrschenden Baumart in waldreichen Gegenden verschieden ausfallen wird. Desgleichen muss die Wolken- und Thaubildung, müssen die Temperatur und andere meteorologische Verhältnisse durch die grossen Unterschiede in den Transpirationsverhältnissen der verschiedenen Holzarten beeinflusst werden. Es kann für eine waldreiche Gegend unmöglich gleichgiltig sein, ob von einem Hektar Wald in einer

Vegetationsperiode 3—4 Millionen Kilo, oder nur 5—600.000 Kilo Wasser (Buche — Schwarzföhre) in die Luft gesendet werden. Unzweifelhaft ist ferner der Einfluss, den der Wald aus demselben Grunde auf die Quellenbildung nehmen muss. Und ebenso ist nicht daran zu zweifeln, dass die Verbreitung der Wälder je nach ihrer Zusammensetzung ganz wesentlich von dem Wasserbedürfnisse abhängt.

Ich kann selbstverständlich auf alle diese Punkte und Folgerungen hier nicht näher eingehen, und muss mich zunächst damit begnügen, auf dieselben hingewiesen zu haben, es einem anderen Orte und Anderen überlassend, dieselben weiter zu erörtern und auszubeuten.

Nur auf einen Punkt möchte ich im Folgenden etwas näher eingehen, nämlich auf den sich auf den Einfluss des Waldes auf die Luftfeuchtigkeit beziehenden. Ich habe hier zunächst Fautrat's Untersuchungen<sup>1)</sup> im Auge, welche Ergebnisse lieferten, die den hier aus den Versuchsergebnissen erschlossenen völlig zuwiderlaufen, und wohl auch den a priori zu vermuthenden. Fautrat fand nämlich angeblich, dass über Weissföhrenbeständen (*pins, pins silvestres*) die Luft relativ feuchter ist als über Laubholzwäldern, und dass auf erstere auch grössere Regenmengen fallen als auf letztere. Er schliesst daraus, dass Föhrenbestände grössere Wassermengen in die Luft senden und einen grösseren Einfluss auf die Regenbildung ausüben.

So bestechend und scheinbar beweisend Fautrat's Versuche sind, so lässt sich nichts destoweniger leicht zeigen, dass dieselben unrichtig angestellt sind, und dass die angegebenen Zahlen für die in Rede stehenden Fragen so gut wie nichts beweisen. Es ergibt sich diess aus folgenden Punkten:

1. Zunächst ist zu bemerken, dass die Beobachtungen über Föhren nicht an demselben Orte (Fleurines) gemacht wurden, wo die über Laubholzwäldern angestellten stattfanden, sondern in Thiers, einem Orte, der, wie es scheint mindestens 20 bis 30 Kilometer weit von Fleurines entfernt war. Dabei lag die Laubholzstation um 18 Meter höher, und hatte deshalb eine entsprechend geringere Mitteltemperatur.

2. War die Luft in der Laubholzstation entschieden relativ feuchter als die der Nadelholzstation; und zwar betrug die mittlere relative Feuchtigkeit im Freilande

der Laubholzstation . . . . .	1875: 66·6%	1876: 66·0%	1877: 64·6%
der Föhrenstation . . . . .	1875: 51·8%	1876: 55·6%	1877: 55·7%

3. Dem entsprechend war auch die Regenmenge in der Laubholzstation bedeutend grösser als in der Föhrenstation, wie aus folgender Zusammenstellung hervorgeht. Regenmenge:

Freiland der Laubholzstation .	1875: 635·75,	1876: 626·50,	1877: 892·40 Mm.,
„ „ Föhrenstation . .	1875: 515·00,	1876: 546·00,	1877: 769·50 „

4. Beobachtete und berechnete Fautrat nur den relativen Feuchtigkeitsgehalt der Luft, der zwar zur Beurtheilung des Einflusses des Waldes auf die Bildung von Niederschlägen von Wichtigkeit ist, für die Beurtheilung der absoluten in der Atmosphäre vorhandenen Quantität von Wasserdampf aber ohne Bedeutung ist. Es kann an einer Stelle der relative Feuchtigkeitsgehalt der Luft ganz gut 68·6 betragen, und an einer anderen 71·6 Procent, und

<sup>1)</sup> Exposition universelle de 1878. Ministère de l'agriculture et du commerce: Administration des Forêts: Observations météorologiques faites de 1874 à 1878 par M. Fautrat. Paris, Imprimerie Nationale 1878, und auch Comptes rendus T. 85 p. 340 bis 342 etc.

trotzdem an dieser die Luft trockener sein, d. h. weniger Wasserdampf enthalten. Vollends unmöglich und unstatthaft ist es, daraus dass die Differenz in der relativen Feuchtigkeit zwischen Freiland und Wald an dem einen Orte grösser als an dem anderen ist, einen Schluss auf die Beeinflussung der absoluten Feuchtigkeit durch den Wald zu ziehen!

5. Der Werth der Fautrat'schen Angaben wird durch den Mangel<sup>1)</sup> von Temperaturangaben völlig problematisch. Bei niedriger Temperatur kann die Luft absolut wasserarm und relativ wasserreich sein, und können daher an verschiedenen Orten gemachte relative Luftfeuchtigkeitsbestimmungen ohne Temperaturangaben gar keinen Schluss auf den absoluten Wasserdampfgehalt der Luft erlauben.

6. Vollends unvergleichbar wurden die Versuchsergebnisse dadurch gemacht, dass die Psychrometer über den Kronen der Föhren nur 3 Meter hoch standen, während sie über dem Laubholzwalde 7 Meter hoch angebracht waren.

Wie man aus dieser kritischen Zusammenstellung ersieht, sind Fautrat's Angaben überhaupt nicht dazu geeignet, die Frage nach dem Maasse des Einflusses verschiedener Wälder auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft vergleichend zu prüfen und festzustellen.

Wenn sich ein Wald in einem feuchteren, regenreicheren und kälteren Klima befindet, so kann er auf die Umgebung offenbar nicht den Einfluss ausüben, den er in einem trockeneren, wärmeren und regenärmeren Klima bewirken könnte. Nun befand sich aber bei Fautrat's Versuchen der Laubwald in dem feuchteren und kälteren Klima, der Föhrenwald in dem wärmeren, trockeneren und regenärmeren. Ersterer befand sich daher letzterem gegenüber in grossen Nachtheile. In einer Gegend, wo es immer regnet, kann ein Wald für den Regen keinen Anziehungspunkt bilden, was er aber an solchen Orten thut, die regenärmer sind. Deshalb hat der Föhrenwald bei Fautrat's Versuchen bezüglich des Regens die grössere Wirkung hervorgebracht. Dass ferner der Laubwald in dem um 10 bis 15 Procent relativ feuchteren Klima von Fleurines auf die relative Feuchtigkeit, die ohnediess sehr hoch war, einen geringeren Einfluss üben musste, ist klar; denn nicht nur musste die Transpiration in Folge der grossen relativen Feuchtigkeit der Luft sehr herabgemindert sein, sondern es konnte auch ihr Einfluss auf den Feuchtigkeitsgehalt der ohnediess sehr wasserreichen Luft nur ein geringer sein. Hiebei ist von Punkt 6 ganz abgesehen. Schliesslich wiederhole ich, dass Angaben über die relative Feuchtigkeit der Luft gar keinen Schluss auf die aus dem Walde aufsteigenden Wasserdampfmengen, d. h. auf den directen Einfluss des Waldes auf die Luftfeuchtigkeit gestatten. Ich glaube durch das Gesagte nicht nur gezeigt zu haben, dass die Fautrat'schen Versuche gar nicht dazu geeignet sind, Licht über diese Fragen zu verbreiten, sondern auch, dass ihre Ergebnisse indifferenten Natur und die daraus gezogenen Schlüsse unrichtig und unstatthaft sind. Ferner geht aus dem Gesagten zugleich die richtige Erklärung der von Fautrat constatirten Thatsachen hervor.

Fautrat war nun der ganz richtigen Meinung, dass die Föhren weniger transpirirten als die Laubhölzer, andererseits aber war er von der Richtigkeit seiner Versuchsergebnisse und Schlüsse fest überzeugt, und befand sich daher in dem für ihn unlöslichen Conflict zweier sich widersprechender Thatsachen. Er kam daher zu dem frappirenden Schlusse, dass es

<sup>1)</sup> In einer weiteren Abhandlung Fautrat's werden zwar die Temperaturverhältnisse besprochen, doch nur auf Grund der Maximal- und Minimaltemperaturen, welche selbstverständlich für die hygrometrischen Verhältnisse nicht verwerthbar sind.

nicht die Transpiration der Blätter sei, die den gefundenen Effect hervorrufe, sondern „il faut donc attribuer au sol et à d'autres causes inconnus cette propriété remarquable qu'ont les pins de concentrer les vapeurs“.

Nach allem Gesagten zweifelt wohl niemand daran, dass es nicht der Waldboden ist, der die Resultate bewirkte, sondern jedenfalls die „autres causes inconnus“, die uns nun sehr wohl bekannt sind.

Aus dieser kritischen Untersuchung geht wohl zur Genüge hervor, welche leicht zu machende Fehler bei Versuchen, die den Einfluss des Waldes auf die Luftfeuchtigkeit bestimmen sollen, zu vermeiden sind.

Indem ich nun zum letzten Abschnitte, zur Anwendung der erhaltenen Transpirationsresultate auf einige Fälle im Grossen übergehe, gebe ich zunächst in den nachfolgenden Tabellen einige Zahlen zur Beurtheilung der Grössenverhältnisse der Blattorgane unserer Forstbäume.

Nach dem oben Gesagten ist der Zweck derselben einleuchtend. Bei Anwendungen der Versuchsergebnisse auf Fälle im Grossen wird man auf diese Tabellen zurückgreifen müssen, bezüglich deren Einrichtung und Berechnung ich hier nur Weniges vorzuschicken habe.

Die Tabelle über die Grössen der Nadeln unserer Coniferen ist wohl keines Commentars bedürftig; was aber die auf die Laubblätter bezüglichen Tafeln betrifft, so habe ich über die Columnen  $l-u$  derselben Folgendes zu sagen. Wenn die Buchstaben  $b-u$  die in den einzelnen gleichnamigen Columnen stehenden Zahlen darstellen: so wurde die Zahl  $l$  durch folgende Proportion berechnet:  $g:k = 100:l$ ; die Zahl  $m$  wurde durch die Proportion  $h:k = e:m$  gewonnen; die Zahl  $n$  wurde durch Vermittlung der Proportion  $i:k = f:n$ , und die Zahl  $o$  durch die Proportion  $h:k = 100:o$  gefunden. Durch die Proportion  $i:k = 100:p$  wurde die Zahl  $p$  berechnet. Die Zahl  $q$  durch die Proportion  $k:g = 10000:q$ ; die Zahl  $r$  durch die Proportion  $10000:r = m:100$ . Aus der Proportion  $10000:s = n:100$  ergibt sich die Zahl  $s$ ; ferner aus der Proportion  $10000:t = o:100$  die Zahl  $t$ , und schliesslich aus der Proportion  $10000:u = p:100$  die Zahl  $u$ .

Es sei mir nun erlaubt, im Folgenden die oben aufgestellten und besprochenen Zahlen auf einige Fälle im Grossen anzuwenden, und zu zeigen, inwieferne die experimentell unter möglichst natürlichen Bedingungen festgestellten Transpirationsgrössen auf ganze Wald-complexe übertragen, Wasserverbrauchsmengen ergeben, die mit den möglichen oder wahrscheinlichen bestens harmoniren. Bei dieser Gelegenheit werde ich auch auf einige Punkte aufmerksam machen, die bisher bei solchen Berechnungen ganz ausser Acht gelassen wurden.

Im September wurde eine ziemlich grosse freistehende Birke im forst-botanischen Garten zu Mariabrunn vollständig entblättert und Blattzahl und Blattgewicht derselben bestimmt. Es ergab sich eine Zahl von fast genau 200000 Blättern mit einem Frischgewichte von 21400 Gramm. Der Baum war, da er frei stand, sehr blattreich, im geschlossenen Bestande würde er kaum 100000 Blätter getragen haben. Die Beschirmungsfläche desselben betrug mehr als 30 □ M. Nimmt man nun für die Zeit vom Juni bis November eine Regenmenge von 30 Ctm. an (in Wirklichkeit war dieselbe grösser), so ergibt sich, dass im Laufe genannter Periode innerhalb der Beschirmungsfläche  $300000 \times 30$  Kubikctm. d. h. 9000 Klgr. Regenwasser zu fallen kamen. Selbstverständlich ist diese Menge eine minimale, denn es steht dem Baume noch die Winterfeuchte im Boden zur Verfügung.

## Ueber die Grössenverhältnisse

Laufende Nummer	Baumgattung und nähere Bezeichnung der Art der Blätter	Zahl der frisch gewo- genen Blätter	Gewicht dieser Blätter in Gramm		100 Blätter wiegen		Flächenbestimmung			
			im frischen Zustande	im luft- trocke- nen Zustande	frisch	luft- trocken	Zahl	Frisch- gewicht	Luft- trocken- gewicht	Gesamt- ober- fläche in □ Ctm.
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>	<i>k</i>
1	Rothbuche Blutbuche; Bot. Garten; Ast von unten	1073	93·773	51·82	8·739	4·830	25	1·826	1·260	613·6
2	Rothbuche Ast von unten; Bot. Garten	685	75·06	52·2	10·957	7·620	39	3·76	2·60	939·6
3	detto	2183	271·35	168·41	12·430	7·715	30	4·26	2·70	927·4
4	detto	1500	126·90	89·34	8·460	5·959	30	3·30	2·35	948·4
5	Rothbuche aus dem Walde; Ast im Schatten von unten	500	76·66	38·85	15·330	7·770	30	5·55	2·85	1200·4
6	Rothbuche aus dem Walde; Schatten	500	53·075	25·70	10·615	5·140	29	3·35	1·65	868·2
7	Blätter von zwei 30- bis 40-jähr. Stangen-Rothbuchen	1082	133·04	84·01	12·297	7·765	30	4·20	2·72	1164·6
8	Rothbuche Blätter gemischt von einem 50- bis 60-jährigen Baume	900	191·87	114·83	21·320	12·760	31	7·20	4·20	907·8
9	Rothbuche Blätter von der Spitze eines halbfreien Baumes	1049	154·784	90·05	14·755	8·585	42	5·05	3·62	888·0
10	Rothbuche ein anderer Ast von der Spitze desselben Baumes	885	117·091	67·50	13·231	7·620	31	4·65	2·8	686·2
11	Rothbuche aus der Mitte desselben Baumes; Bot. Garten	483	52·939	30·37	10·960	6·280	40	6·315	3·81	1267·6
11α	Rothbuche Mittel	—	—	—	12·645	7·458	—	—	—	—
12	Weissbuche unterer Ast eines halb frei- stehenden Baumes; Bot. Garten	900	113·070	51·81	12·563	5·750	31	4·474	2·0	1022·8
13	Weissbuche Sonnenblätter; aus dem Walde	1000	144·270	74·75	14·427	7·475	31	5·533	2·85	1033·8
14	Weissbuche Schattenblätter	1000	147·150	55·95	14·715	5·595	30	4·61	1·80	1099
15	detto	1000	104·98	49·20	10·498	4·920	30	3·83	1·80	965·8
15α	Weissbuche Mittel	—	—	—	13·051	5·935	—	—	—	—
16	Stieleiche Sonnenblätter	500	204·890	98·77	40·978	19·754	30	8·99	4·05	1787
17	Stieleiche Schattenblätter	500	165·5	69·9	33·1	13·98	16	7·41	3·2	1167·8
17α	Stieleiche Mittel	—	—	—	37·039	16·867	—	—	—	—

## der Blätter unserer Waldbäume.

100 Blätter haben eine Oberfläche von □Ctm.			100 Gramm		1 □M. Blattfläche entspricht				
ohne Gewichtsberücksichtigung berechnet	mit Berücksichtigung des		frischer	luft-trockener	einer Blätterzahl von			einem Blattgewichte von	
	Frisch-	Luft-trocken-			ohne Gewichtsberücksichtigung berechnet	mit Berücksichtigung des	Frisch-	Luft-trocken-	frischen
	gewichtes berechnet		Blätter haben eine Oberfläche von □Ctm.						
<i>l</i>	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>o</i>	<i>p</i>	<i>q</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>u</i>
2454·4	2936·5	2351	33603	48699	407·43	340·54	425·3	29·759	20·534
2409·2	2738·08	2754	24988	36138	415·07	365·23	367·0	40·018	27·671
3091·3	2705·9	2649	21769	34348	323·48	369·93	377·5	45·983	29·114
3161·3	2431·2	2405	28739	40357	316·32	411·30	415·8	34·796	24·779
4001·3	3314·2	3271	21619	42120	249·92	301·74	305·7	46·256	23·742
2993·8	2751·1	2704·5	25917	62618	334·0	363·5	369·7	38·584	19·005
3882·0	3409·7	3324·6	27728	42816	257·6	292·7	300·8	36·064	23·356
2928	2688	2757·7	12608	21614	341·4	372·0	362·6	79·315	46·270
2114	2594·5	2106	17584·2	24530	472·97	385·42	474·9	56·870	40·760
2213·5	1952·5	1867·6	14752·7	24507	451·76	512·15	536·0	67·760	40·800
3169	2199·96	2089·0	20072·8	33270	315·55	454·58	478·7	49·820	30·060
2947·1	2702	2570·9	22762	37365	353·23	379·01	401·2	47·748	29·645
3299·4	2872·03	2941	22861	51140	303·09	348·20	340·0	43·744	19·554
3334·8	2695·5	2711	18684	36372	299·88	364·06	368·8	53·522	27·569
3663·3	3507·9	3416·0	23839·0	61055	272·98	285·07	292·7	41·948	16·395
3219·3	2647·2	2639·0	25217	53655	310·62	377·67	379·0	39·656	18·637
3379·2	2930·66	2927	22650	50555·5	296·64	343·75	345·1	44·717	20·539
5956·7	8145·0	8716	19877	44123	167·89	122·77	114·7	50·309	22·664
7298·7	5216·3	5101	15759	36493	137·02	191·71	196·0	63·456	27·402
6627·7	6680·6	6908	17818	40308	152·45	157·24	155·3	56·882	25·033

Laufende Nummer	Baumgattung und nähere Bezeichnung der Art der Blätter	Zahl der frisch gewo- genen Blätter	Gewicht dieser Blätter in Gramm		100 Blätter wiegen		Flächenbestimmung			
			im frischen Zustande	im luft- trocke- nen Zustande	frisch	luft- trocken	Zahl	Frisch- gewicht	Luft- trocken- gewicht	Gesamt- ober- fläche in □ Ctm.
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>	<i>k</i>
18	Steineiche ( <i>Q. sessil.</i> ) Sonnenblätter	500	236·25	117·58	47·25	23·516	20	11·22	6·63	1524·9
19	Steineiche Schattenblätter	500	218·342	107·45	43·668	21·490	30	16·69	8·20	2387·4
19α	Steineiche Mittel	—	—	—	45·459	22·503	—	—	—	—
20	Zerreiche Sonnenblätter	500	139·270	73·67	27·854	14·734	20	6·30	3·65	606·4
21	Zerreiche Schattenblätter	500	108·280	54·77	21·656	10·954	20	6·60	3·77	1330
21α	Zerreiche Mittel	—	—	—	24·755	12·844	—	—	—	—
22	Birke Sonne; Bot. Garten	1000	141·170	67·45	14·117	6·745	30	5·16	2·38	698·2
23	Birke gemischte Blätter; Bot. Garten	1334	139·64	79·05	10·468	5·125	65	6·92	4·05	920·0
24	Birke halbschattige Blätter; Bot. Garten	1000	161·80	80·85	16·18	8·085	33	7·08	3·54	873·4
25	Birke Sonnenblätter; Bot. Garten	1119	126·15	70·82	11·273	6·330	30	4·32	2·42	508·2
25α	Birke Mittel	—	—	—	13·009	6·571	—	—	—	—
26	Feldahorn halbschattige Blätter	533	166·68	76·40	31·27	14·33	15	7·26	3·20	877·6
27	Feldahorn Sonnenblätter	1000	105·70	50·40	10·57	5·04	20	3·75	1·85	576·8
27α	Feldahorn Mittel	—	—	—	20·92	9·68	—	—	—	—
28	Esche halbschattig; Bot. Garten	525	786·98	317·94	149·9	60·56	6	14·12	6·10	1849
29	Bergahorn Bot. Garten	500	294·99	109·75	59·0	21·95	10	8·24	3·15	980·2
30	Spitzahorn Sonnenblätter; Bot. Garten	500	341·58	127·95	68·316	25·59	10	7·31	2·8	1240·8
31	Espe (Zitterpappel) Bot. Garten	1000	306·61	147·37	30·661	14·737	20	7·76	4·1	785·0
32	Grossbl. Linde Bot. Garten	500	174·19	104·22	34·838	20·844	17	10·17	4·32	1274·6
33	Eise Bot. Garten	500	156·52	136·80	31·304	27·36	10	5·36	2·92	821·0

100 Blätter haben eine Oberfläche von □ Ctm.			100 Gramm		1 □ M. Blattfläche entspricht				
ohne Gewichtsberücksichtigung berechnet	mit Berücksichtigung des		frischer	luft-trockener	einer Blätterzahl von			einem Blattgewichte von	
	Frisch-	Luft-trocken-			ohne Gewichtsberücksichtigung berechnet	mit Berücksichtigung des		frischen	luft-trockenen
	gewichtetes berechnet		Blätter haben eine Oberfläche von □ Ctm.			Frisch-	Luft-trocken-		
<i>l</i>	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>o</i>	<i>p</i>	<i>q</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>u</i>
7624	6421·3	5408·0	13590	23000	131·17	155·73	184·9	73·584	43·478
7958	6346·2	6256·0	14304	29114	125·66	160·09	159·8	69·911	34·348
7791	6383·7	5832	13947	26057	128·41	157·91	172·4	71·747	38·913
3062	2681·05	2688·0	9625·4	18257	329·81	372·98	372·0	103·89	54·770
6650	4363·9	3864·0	20151·0	35279	150·38	229·15	258·8	49·625	28·345
4856	3522·47	3276	14888·2	26768	240·09	301·06	315·4	76·757	41·557
2327·3	1918·28	1979·1	13531	29336	429·6	523·4	505·0	73·905	34·08
1415·4	1395·9	1164·2	13295	22715	706·5	716·3	858·9	74·991	44·02
2646·7	1995·9	1994·8	12336	24672	377·8	501·0	501·3	81·063	40·531
1694	1326·1	1329·3	11764	21000	590·3	754·9	752·3	85·005	47·62
2020·8	1659·04	1616·8	12731	24431	526·0	623·9	654·4	78·741	41·562
5850·6	3779·5	3930·3	12088	27425	170·9	264·5	254·5	82·735	36·46
2884	1625·7	1571·6	15380	31179	346·7	615·1	636·3	65·019	32·07
4392·3	2702·6	2750·9	13734	29302	258·8	439·8	445·4	73·877	34·26
30816·6	19629·4	18357	13095	30311	32·4	50·9	54·5	76·365	32·99
9802	7018	6832	11895	31117	102·0	142·5	146·4	84·07	32·13
12408	11520·6	11338·1	16864	44314	80·5	86·8	88·2	59·299	22·57
3925	3101·6	2824·0	10116	19146	254·8	322·4	354·5	98·853	52·23
7497	4366·2	6150·5	12533	29504	133·3	229·0	162·6	79·789	33·89
8210	4794·8	7494·0	15317	28116	121·8	208·5	130·0	65·287	35·56

Ueber die Gewichts- und Grössen-Verhältnisse der Nadeln unserer Nadelhölzer.

Laufende Nummer	Baumart	Zahl der frisch gewogenen Nadeln	Gewicht dieser Nadeln in Gramm		100 Nadeln wiegen		100 Nadeln hatten eine Gesamtlänge Ctm.	Bemerkung
			im frischen Zustande	im luft-trockenen Zustande	frisch	luft-trocken		
1	Schwarzföhre . . .	1000	109·3	46·702	10·93	4·67	—	Sämmtlich aus dem botanischen Garten
2	detto . . .	1000	111·92	54·034	11·92	5·40	1153·2	
3	detto . . .	1000	82·42	36·443	8·24	3·64	802·8	
4	detto . . .	1000	59·562	25·768	5·96	2·58	871·2	
5	detto . . .	1139	—	18·955	—	1·664	742·6	
6	detto Mittel	—	—	—	9·26	3·59	892·4	
7	Weissföhre . . . .	1000	24·73	10·254	2·473	1·025	482·4	
8	detto . . . .	1000	34·13	15·732	3·413	1·573	563·2	
9	detto . . . .	1000	27·51	11·932	2·751	1·193	368·0	
10	detto . . . .	1000	15·922	7·366	1·592	0·736	402·4	
11	detto . . . .	1000	21·632	9·768	2·163	0·977	423·2	
12	detto Mittel . . .	—	—	—	2·478	1·101	447·8	
13	Tanne . . . . .	1000	7·67	3·443	0·767	0·344	149·6	
14	detto . . . . .	1000	7·53	3·22	0·753	0·322	207·2	
15	detto Mittel . . .	—	—	—	0·760	0·333	178·4	
16	Fichte . . . . .	1000	10·100	4·264	1·010	0·426	174·8	
17	detto . . . . .	1000	6·020	2·853	0·602	0·285	158·6	
18	detto . . . . .	1000	5·620	2·632	0·562	0·263	154·0	
19	detto . . . . .	1000	8·260	3·727	0·826	0·373	131·4	
20	detto Mittel . . .	—	—	—	0·750	0·337	15·47	
21	Lärche . . . . .	1000	4·110	1·647	0·411	0·165	—	

Die Versuche mit den vier Birken in den Töpfen Nr. 70, 71 und 50, 51 ergaben für die Zeit vom 1. Juni bis 1. December folgende Transpirationsmengen pro 100 Gramm Lufttrockengewicht der Blätter: 64.4, 92.4, 53.7 und 51.5 Klg.; daraus ergibt sich ein Mittel von 65.5 Klg.

Aus der Tabelle über die Blattgrössen ersieht man nun, dass im Mittel 13.009 Gramm frische Birkenblätter gleich sind 6.577 Gramm lufttrockenen, woraus sich ergibt, dass 100 Gramm lufttrockene Blätter 197.8 Gramm frischen Blättern entsprechen. Es transpirierten daher 197.8 Gramm frischer Blätter in der Zeit vom Juni bis November 65.5 Klg. Wasser. Daraus ergibt sich für 21400 Gramm frischer Blätter eine Transpirationsgrösse von:

$$\frac{21400}{197.8} \times 65.5 \text{ Klg.} = 7086 \text{ Klg.}$$

Man sieht, dass die Regenmenge per 9000 Klg. vollständig hinreicht, diesen Wasserbedarf der Birke zu decken. Nun fällt allerdings nur ein Theil des Regenwassers auf den Boden, und sickert ein Theil ab, geht also für die Vegetation verloren. Ueberdiess befand sich rings um den Baum eine Rasennarbe, welche ja auch viel Wasser verbrauchte. Dagegen ist nun zu bemerken, dass die angenommene Regenmenge per 9000 Klg. eine minimale ist, da nicht nur die Beschirmungsfläche grösser ist, als angenommen wurde, sondern auch die thatsächliche Regenmenge. Ferner, dass die Wurzeln der Bäume, abgesehen von ihrer Ausbreitung in die Tiefe, jedenfalls eine horizontale Ausbreitung haben, die viel grösser ist, als die Beschirmungsfläche. Ueberdiess ist auf die Regenmenge von December bis Mai, die Winterfeuchte, auf den Wassergehalt des Stammes und der Wurzeln, der den Blättern ebenfalls zum grossen Theile zur Verfügung steht, gar keine Rücksicht genommen. Es stehen daher den 30 bis 40 □M. Boden, welche den Stamm umgeben, thatsächlich nicht 9000, sondern 10000 bis 15000 und mehr Klg. Wasser zu Gebote, welche selbstverständlich hinreichend sind, allen Anforderungen zu entsprechen.

Hier ist auch noch daran zu erinnern, dass Wollny gezeigt hat, dass im Sommer den Pflanzen fast das ganze Regenwasser zu Gute kommt, sowie daran, dass vermöge des Einflusses der Blattdicke die bei Anwendung der Transpirationsresultate im Grossen erhaltenen Zahlen viel zu gross ausfallen müssen.

Da die Transpirationsmenge von 7086 Klg. sich auf 180 Tage vertheilt, so ergibt sich ein Tagesmittel für die Zeit vom Juni bis November von 38.2 Klg.

Von höherem Interesse erscheint jedoch die Frage nach dem Tagesmittel während der Zeit der stärksten Transpiration. Aus den mitgetheilten Transpirationszahlen ergeben sich für die drei Monate Juni, Juli und August folgende Transpirationsgrössen für 100 Gramm Trockengewicht, und zwar für den Topf:

Nr. 70 . . . . .	19.2 + 13.6 + 14.1 = 46.9 Klg.
„ 71 . . . . .	31.4 + 18.5 + 16.4 = 65.3 „
„ 50 . . . . .	18.0 + 17.1 + 11.4 = 46.5 „
„ 51 . . . . .	18.8 + 15.6 + 19.4 = 53.8 „

Aus diesen Zahlen ergibt sich ein Mittel für die drei Sommermonate von 53.1 Klg. Transpiration für 100 Gramm Blatttrockengewicht, d. i. 197.8 Gramm Frischgewicht. Es transpirieren daher 21400 Gramm frische Blätter in der genannten Zeit von 90 Tagen

$$\frac{21400}{197.8} \times 53.1 = 108.2 \times 53.1 = 5746 \text{ Klg. Wasser. Also pro Sommertag } 63.8 \text{ Klg.}$$

Nimmt man von den soeben angeführten zwölf Zahlen für die Töpfe 70, 71 und 50, 51 die grösste heraus (31.4), so berechnet sich eine Maximaltranspiration von 3000 Klg. für einen sehr heissen Sommermonat.

An vereinzelt sehr heissen Sommertagen mag nach Vorstehendem die in Rede stehende Birke (mit 200000 Blättern) an 300 bis 400 Klg. verdunsten, an anderen, regnerischen, vielleicht nur 8 bis 10 Klg. Wasser verbrauchen.

Von bei Weitem grösserem Interesse für die Verhältnisse des Wiener Waldes sind Anwendungen der Versuchsergebnisse auf Bilanzrechnungen über die Buche. Ich hatte deshalb schon zu Beginn der Versuche auf diese Holzart besondere Rücksicht genommen und zehn Buchenpflanzen auf die Transpirationsgrösse untersucht; von diesen gingen jedoch drei zu Grunde, so dass nur sieben zur Feststellung der Rechnungsbasen dienen konnten. Ueberdies wurden Ende September in der Nähe von Tullnerbach bei Pressbaum einige Buchen gefällt, zum Behufe der Feststellung von Blattgewicht und Blattzahl.

Eine 115-jährige Buche hatte bei einer Höhe von 27 M. und einer Schaftlänge von 16 M. einen mittleren Durchmesser von 40 Ctm. Das Luftrockengewicht der Blätter betrug 22421 Gramm. Da nun 2081 lufttrockene Blätter 227.74 Gramm wogen, so ergibt sich eine Blattzahl von etwa 205000 Blättern. Wie eine weitere Bestimmung lehrte, dürfte diese Zahl eher zu gross als zu klein sein, aber selbst im höchsten Falle von der Wahrheit nur um 4 bis 5 Procent abweichen. Selbstverständlich hat eine ganz genaue Bestimmung gar keinen Werth, da wenn man zufällig einen anderen Baum gewählt haben würde, man gewiss um 20000 bis 30000 Blätter mehr oder weniger erhalten hätte. Nach Angabe des Herrn Oberförsters Breymann in Pressbaum standen diese Bäume zu 350 bis 400 auf einem Joche Waldboden. Auf 1 Hektar kamen darnach also in runder Zahl 600 Stämme zu stehen. Diess würde für jeden

Stamm einen Standraum von  $\frac{10000}{600} = 16.7 \text{ □M.}$  ergeben, was mir viel zu wenig scheint;

ich schätze den Standraum des gefällten Baumes auf 30 bis 40 □M., und glaube nicht, dass eine Buche von 40 Ctm. mittlerem Schaftdurchmesser und 205000 Blättern nur eine Bodenfläche von 16.7 □M. in Anspruch nimmt. Wenn daher die Stammzahl pro Joch in dem genannten Reviere factisch 350 bis 400 betrug, woran ich nicht zweifle, so musste der gefällte Baum grösser als die meisten übrigen sein, und können die bei ihm gefundenen Zahlen nicht sofort auf die ganze Waldfläche gleichmässig angewendet werden. Von Stämmen von den Dimensionen des gefällten können höchstens 300 bis 400 auf 1 Hektar kommen.

Ich glaube durch das Gesagte auf einen Punkt aufmerksam gemacht zu haben, gegen den unwissentlich sehr leicht bei entsprechenden Rechnungen gesündigt werden kann. Es ist sehr gewagt, aus der Transpiration eines Baumes auf die ganzer Wälder zu schliessen, nicht nur weil die einzelstehenden Versuchspflanzen anders, und zwar stärker transpiriren, sondern auch weil der Standraum und mithin auch die Kronenausbreitung und Blattzahl bei den einzelnen Stämmen eines Revieres ausserordentlich wechseln, und mithin auch nach dieser Richtung hin die Rechnungsbasis sehr unsicher ist. Selbst wenn daher die Transpirationsresultate richtig sind, können doch die für grössere Flächenräume ausgeführten Berechnungen aus den angegebenen Gründen zu grosse Resultate liefern.

Von den sieben der zur Berechnung der mittleren Transpiration zur Verfügung stehenden Zahlenreihen (Nr. 28, 29, 53, 62, 30, 54 und 65) sind drei (Nr. 53, 62 und 65) nicht geeignet, weil sie von unterdrückten Pflanzen herrühren, die ihre Blätter in tiefem Waldesdunkel entfaltet hatten, die deshalb sehr dünn waren, weshalb die Umrechnung der Trans-

spirationsmengen auf das Lufttrockengewicht natürlich sehr grosse Zahlen ergab. Denn auch wenn zwei Blätter von gleicher Spreitenfläche gleich viel transpiriren, so wird doch, wenn das eine Blatt doppelt so dick und schwer ist als das andere, die auf das Gewicht bezogene Transpirationsgrösse, bei dem einen nur halb so gross als bei dem anderen ausfallen, oder was auf dasselbe hinausläuft, bei letzterem doppelt so gross erscheinen, trotz gleicher Transpiration. Daraus geht hervor, dass man die Transpirationsmengen ungleich dicker Blätter auf das Gewicht bezogen nicht ohne Weiteres auf andere Blätter derselben Art, aber von anderer Dicke übertragen kann. Ueberträgt man dieselbe von dünnen auf dicke, so erhält man für letztere (auf dasselbe Gewicht bezogen) Werthe, die im Verhältnisse des Dickenunterschiedes der Blätter zu gross sind. Nun sind aber die Blätter grosser Buchen immer viel dicker als die kleiner. Wenn man daher die Transpirationsresultate der kleinen Pflanzen auf Hochstämme anwendet, so erhält man, wenn man nur die Gewichtsverhältnisse in Betracht zieht, immer zu grosse Resultate. Wie aus der Blattgrössen-Tabelle hervorgeht (Spalte *o* und *p*), sind im Mittel von durchschnittlich 1000 Blättern die dicksten Buchenblätter dreimal so dick als die dünnsten. Die Blätter der weiter unten zur Besprechung kommenden Stangenbuchen waren im Mittel gerade halb so dick, als die einer 50- bis 60-jährigen Buche. Die Blätter der Topfpflanzen Nr. 53, 62 und 65 hatten aber gewiss nur den vierten Theil der Dicke der Blätter der 115-jährigen Buche.

Es ist diess ein weiterer wichtiger, bei Gelegenheit solcher Umrechnungen zu beachtender Punkt.

Selbstverständlich fällt die Anwendung des Gesagten aus, wenn die Transpirationsgrössen statt auf Gewichtsmengen auf die Oberflächen berechnet werden.

Wie aber bereits oben auseinandergesetzt wurde, ist die Umrechnung auf die Oberfläche nicht zweckmässig, weil diese kein Maass für die Grösse des Blattes ist, sondern nur das Trockengewicht desselben.

Aus dem Gesagten geht nun die wichtige Thatsache hervor, dass alle im Folgenden berechneten Zahlen zu gross sind; ganz bestimmt um ein Drittel, wahrscheinlich aber um die Hälfte. Wenn dieselben daher schon als solche genügend klein sind, um im vollen Einklange mit den Regenmengen und den meteorologischen Anforderungen überhaupt zu stehen, so ist diess um so mehr dann der Fall, wenn sie, wie auseinandergesetzt, unbeschadet ihrer Richtigkeit auf zwei Drittel oder die Hälfte verkleinert werden können.

Benützt man also zur Umrechnung die Transpirationsresultate bei den vier Buchen Nr. 28, 29, 30 und 54, so hat man als Mittel für die Zeit vom Juni bis November pro 100 Gramm Laublufftrockengewicht etwa 40 Klg. Transpirationswasserverlust; der Topf

Nr. 28	transpirirte	pro 100	Gramm	Blatlufttrockengewicht	23.9	Gramm,
" 29	"	"	100	"	38.7	"
" 30	"	"	100	"	33.4	"
" 54	"	"	100	"	60.9	"

woraus sich das obige Mittel ergibt. Da das Lufttrockengewicht des Laubes der erwähnten 115-jährigen Buche 22421 Gramm betrug, so verdunstete dieselbe  $\frac{22421 \times 40}{100} = 8968$  Klg.

Wasser vom 1. Juni bis 1. December. Stehen nun 600 solcher Stämme auf 1 Hektar, so beträgt die Transpirationgrösse eines Hektars 115-jährigen Buchenhochwaldes 5,380.800 Klg. Kommen, was mir wahrscheinlicher erscheint, nur 400 solche Stämme auf 1 Hektar, so wird die Transpirationsgrösse 3,587.200 Klg.

Nimmt man nun eine Regenmenge von 30 Ctm. während der in Rede stehenden Periode an,<sup>1)</sup> so ergibt sich pro Hektar eine Regenmenge von  $100,000,000 \square \text{Ctm.} \times 30 = 3,000,000,000 \text{ Kubikctm.} = 3,000,000 \text{ Klg. Wasser.}^2)$

Mit Berücksichtigung des oben Gesagten reduciren sich aber die beiden berechneten Transpirationszahlen um mindestens ein Drittel, so dass die erstere um etwa 1·8 Millionen, und letztere um 1·2 Millionen Klg. kleiner genommen werden muss, und sich dieselben auf 3·5 und respective 2·4 Millionen Klg. Transpirationsverlust pro Hektar herabmindern. Daraus geht hervor, dass vielleicht schon die Sommerfeuchte allein dazu genügt, um die Transpirationsverluste zu decken. Im Mai und Juni kommt aber noch die Winterfeuchte in Betracht. Im Laufe der kälteren Jahreshälfte beträgt in Mariabrunn die auf 1 Hektar entfallende Wassermenge 4,000,000 Klg., von denen mindestens 400000 bis 500000 Klg. der Pflanzendecke als Winterfeuchte zu Gute kommen, was vollständig hinreicht, um obige Verdunstungsmengen, sowie noch sonstige durch Verdampfungsverluste aus dem Boden, Unterholz etc. zu decken.

Ich brauche wohl kaum zu erwähnen, dass bei diesen Erörterungen über die Deckung der Transpirationsverluste die bedeutende Thauwirkung nicht in Betracht gezogen werden kann, weil sich meine Versuchspflanzen ebenfalls der Thauwirkung ausgesetzt befanden, und daher schon entsprechend geringere Transpirationsgrößen ergaben.

Eine andere 50- bis 60-jährige Buche hatte 35000 Blätter, mit einem Lufttrockengewichte von 4482 Gramm. Nimmt man nun wieder eine Transpirationsgröße von 40 Klg. pro Vegetationsperiode und 100 Gramm Trockengewicht an, so ergibt sich eine Gesamtverdunstungsmenge von 1793 Klg. pro Stamm. Da angeblich 1300 solcher Stämme auf 1 Hektar stehen, so beträgt die Verdunstung pro Hektar 2,330,900 Klg., d. i. eine Quantität, die, wie man sieht, weit unter der entsprechenden Regenmenge im Sommer von 3,000,000 Klg. steht.

Aus einem 35-jährigen Stangenbuchengeholze wurden endlich zwei Buchenstangen, deren 4000 auf 1 Hektar zu stehen kamen, entnommen, mit einer mittleren Blattzahl von 3000 Blättern und 361 Gramm Blattlufttrockengewicht. Da die Blätter dieser Stangenbuchen bedeutend dünner waren als die der hochstämmigen, so wurden die Transpirationsresultate sämtlicher in Töpfen cultivirten Buchen zur Berechnung der Transpirationsgröße pro 100 Gramm Trockengewicht verwendet. Es ergibt sich dieselbe zu 47 Klg. pro Juni bis November. Die Transpirationsgröße einer Stange während dieser Zeit ist daher  $3\cdot61 \times 47 = 169\cdot5 \text{ Klg.}$ , und pro Hektar  $4000 \times 169\cdot5 = 678680 \text{ Klg.}$ , also wie man sieht bedeutend weniger als die entsprechende Regenmenge.

Die 50- bis 60-jährige Buche transpirirt im Durchschnitte an einem Tage der in Rede stehenden Zeitperiode  $\frac{1793}{180} = \text{etwa } 10 \text{ Klg.}$ ; die 115-jährige Buche  $\frac{8968}{180} = \text{etwa } 50 \text{ Klg.}$ , und eine Stangenbuche etwa  $\frac{17}{18} \text{ Klg.}$

Grösser sind natürlich die Transpirationsgrößen pro Sommertag, d. h. für einen Tag in der Zeit vom 1. Juni bis 1. September. Da diese Größen ein weiteres Interesse haben,

<sup>1)</sup> Der Sommer 1878 (in welchen die besprochenen Versuche fallen) war sehr regenreich. Es regnete in Mariabrunn im Juni 10·5 Ctm., Juli 11·7 Ctm., August 10·2 Ctm., September 4·8 Ctm., October 10·1 Ctm. und November 8·8 Ctm.; zusammen also 56·1 Ctm., also fast doppelt so viel als oben angenommen wurde. Die normale Regenmenge für Mariabrunn ist pro anno circa 70 Ctm.

<sup>2)</sup> Ich nahm bei diesen Berechnungen keine Rücksicht auf den Umstand, dass ein ziemlich grosser Theil des Regenwassers in der Krone bleibt, aus Gründen, auf die ich hier nicht näher eingehe. Es ist aber leicht mit Hilfe der gegebenen Zahlen auch mit Berücksichtigung dieses Umstandes die Bilanzen herzustellen.

so seien sie im Folgenden berechnet. Aus den Tabellen über die Transpirationsgrössen ersieht man folgende Verdunstungsmengen pro 100 Gramm Lufttrockengewicht für den Zeitraum Juni + Juli + August und die Pflanzen

Nr. 28 . . . . .	6.06 + 3.84 + 5.60 = 15.50 Klg.
„ 29 . . . . .	9.45 + 8.42 + 9.02 = 26.89 „
„ 30 . . . . .	11.87 + 7.85 + 5.27 = 24.99 „
„ 54 . . . . .	15.79 + 22.58 + 15.52 = 53.89 „

daraus ergibt sich als Mittel 30.32 Klg.

für 90 Tage (1. Juni bis 1. September). Also  $\frac{1}{3}$  Klg. Transpirationsmenge pro Sommertag und 100 Gramm Trockengewicht.

Es verdunstete daher die 115-jährige Buche pro Sommertag  $\frac{224.21}{3}$  Klg. = 74.7 Klg., was pro Hektar 44820 Klg. Wasser ausmacht. Die 50- bis 60-jährige Buche verbraucht im Durchschnitte an einem Sommertage  $\frac{44.82}{3}$  = 14.94 Klg., etwa 15 Klg. Wasser; pro Hektar macht dieses  $14.94 \times 1300 = 19422$  Klg., d. i. etwa 20000 Klg. Wasser, aus.

Für die Stangenbuchen muss man wegen der grösseren Dünne der Blätter das Transpirationsmittel aus den Resultaten von sämtlichen Buchenpflanzen berechnen und erhält dann 35 Klg. pro 90 Sommertage und 100 Gramm Lufttrockengewicht, und daher für einen Tag  $\frac{7}{18}$  Klg.

Es braucht daher eine Stangenbuche  $\frac{3.61 \times 7}{18} = 1.404$  Klg. Wasser im Durchschnitte an einem Sommertage. Ein Hektar dieser Stangenbuchen daher  $1.404 \times 4000 = 5616$  Klg. Wasser.

Aus allen diesen Angaben und Rechnungsergebnissen geht wohl zur Genüge hervor, dass in allen Fällen die Transpirationsmengen der Bäume und Wälder durch die Regenmengen hinlänglich gedeckt werden, wie man diess wohl schon a priori aus dem Verhalten der Vegetationsdecke in der Natur erschliessen kann.

Die meist auf das Mehrfache der factischen Regenmengen hinauslaufenden Resultate der bisherigen Versuche Anderer müssen daher auf die bereits Eingangs dieser Abhandlung besprochenen Versuchsfehler zurückgeführt werden. Da die Coniferen, wie bereits ausführlich erwähnt, viel weniger als die Laubbäume transpiriren, so ist es schon von vorne herein sicher, dass auch bei ihnen die Transpirationsmenge geringer als die Regenmenge ist. Weitere, ähnlich wie bei der Buche auszuführende Bestimmungen werden bei ihnen, sowie bei den übrigen wichtigeren Forsthölzern die nöthigen zahlenmässigen Aufschlüsse zu liefern haben.

Indem ich schliesslich die Hauptresultate soweit diess, ohne die gegebenen Zahlenresultate zu reproduciren möglich ist, kurz zusammenfasse, hebe ich vor Allem hervor, dass so sehr auch die einzelnen Versuchspflanzen in ihrer Transpirationsgrösse von einander abwichen, sie doch sämtlich darin übereinstimmten, dass sie bezüglich ihres Wasserbedarfes weit hinter der thatsächlichen Regenmenge zurück blieben. Ferner ergab sich das wichtige Resultat, dass Sonnenblätter im Freien im Laufe der Vegetationsperiode nur sehr wenig mehr als Schattenblätter transpiriren, in Folge einer Reihe näher auseinandergesetzter Ursachen. Desgleichen zeigte sich, dass die Transpirationsgrösse der Coniferen im Durch-

schnitte (und auf das Laubtrockengewicht bezogen) zehn Mal geringer ist, als die der Laubhölzer, und dass auch zwischen den einzelnen Arten dieser letzteren ganz wesentliche Unterschiede in den Transpirationsmengen existiren. Es zeigte sich, dass im Mittel Birke und Linde am stärksten transpiriren (60000 bis 70000 Gramm pro 100 Gramm Trockengewicht in der Vegetationsperiode), während die Eichen mit 20000 bis 30000 Gramm am wenigsten Wasser brauchen. Zwischen diesen Extremen liegen Esche und Weissbuche mit 50000 bis 60000, Rothbuche mit 45000 bis 50000, und die Ahorne mit 40000 bis 45000 Gramm.

Aus diesen Zahlen kann auf ganz wesentlich verschiedene Wasserverbrauchsmengen differenter Waldungen geschlossen werden, so wie auf einen von verschieden zusammengesetzten Waldungen ausgeübten verschieden grossen Einfluss auf das Klima. Fautrat's in letzterer Beziehung von den aus den Versuchsergebnissen abzuleitenden Folgerungen abweichende Resultate wurden auf Grund einer eingehenden Kritik als unrichtig und unzutreffend nachgewiesen. Durch Vermittlung zahlreicher Blattgrössenbestimmungen konnten die Versuchsergebnisse auch auf Verhältnisse im Grossen angewendet werden, und zwar auf eine Birke mit 200000 Blättern und auf Buchenwaldungen verschiedenen Alters. Es ergab sich hiebei das auffällige Resultat, dass mit einer Ausnahme sämmtliche errechnete Verbrauchsmengen von Wasser hinter den sommerlichen Regenmengen zurück blieben; nur 115-jährige Buchenbestände scheinen thatsächlich einen Anspruch auf die Winterfeuchte zu machen, indem sie zwar mehr Wasser benöthigen, als die Sommerregen liefern, bedeutend weniger aber, als die jährliche Gesamtregenmenge ausmacht.

Ich wiederhole zum Schlusse, dass alle Zahlenresultate vervielfältigter Bestimmungen in aufeinanderfolgenden Vegetationsperioden benöthigen, wenn sie als absolute Grössen Werth gewinnen sollen, da eine einmalige Bestimmung denselben nur einen relativen Vergleichswerth verleiht, der wie auseinandergesetzt allerdings voraussichtlich nicht sehr bedeutend von dem absoluten Mittelwerth verschieden sein dürfte.

# Das waldtrockene Holz in Bezug auf dessen Festgehalt und Gewicht im Raumaasse.

Von

**Emil Böhmerle,**

k. k. Forstingenieur-Adjunct.

Im ersten Bande dieser „Mittheilungen“ erwähnt Herr Professor Dr. A. Freiherr von Seckendorff auf Seite 43 die Resultate einer von mir über dessen Anregung angestellten vergleichenden Untersuchung über den Derbgehalt und das Gewicht von Rothbuchen- und Weisstannenh Holz im frischgefällten und waldtrockenen Zustande.

Nachdem es für die Benützbarkeit dieser Resultate von Bedeutung ist, die das Holzgewicht wesentlich bedingenden Factoren, als: Lage und Boden des Standortes, Alter des Holzes, Jahreszeit der vorgenommenen Fällung etc., zu kennen, habe ich es unternommen, diese Angaben für einige Holzarten, für welche ich das Waldtrockengewicht ermittelte, in etwas detaillirter Fassung in den nachstehenden Tabellen niederzulegen.

Es geschah dies für einige Sortimenten der Rothbuche (*Fagus sylvatica* L.), Weissbuche (*Carpinus Betulus* L.), Weisstanne (*Abies pectinata* DC.) und Schwarzkiefer (*Pinus Laricio* Poir.).

Diese Untersuchungen bieten keineswegs ein abgeschlossenes Ganzes. Sie wurden hauptsächlich deshalb angestellt, um die Differenz der Festgehalte von frischgefälltem und waldtrockenem Materiale zu ermitteln, beziehungsweise den Schwindverlust festzustellen, den das grün gefällte und frisch ins Raumaass geschichtete Holz nach längerem Sitzen am Holzstellplatze erleidet. Der Ausdruck „waldtrocken“ ist ein sehr dehnbarer — ein unwissenschaftlicher Begriff. Denn je nach den Witterungsverhältnissen trocknet das Holz mehr oder weniger, und es folgt dann nach stattgehabter Trocknung dessen Feuchtigkeitszustand stets jenem der Luft. Sollen daher derlei Versuche exact durchgeführt werden, so erscheint es dringend geboten, auf alle Momente, welche auf die Austrocknung des Holzes einwirken, Rücksicht zu nehmen, mögen selbe nun in der Beschaffenheit des Materiales oder in äusseren Verhältnissen begründet sein.

Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, habe ich die vorliegenden Untersuchungen ausgeführt, wobei ich bemerke, dass die Aufstellung des auf das Waldtrockengewicht zu untersuchenden Holzes grösstentheils derart erfolgte, dass die Schnittflächen der auf starken Unterlagen ruhenden Holzzaine dem herrschenden Luftzuge entgegen standen.

Eine flüchtige Betrachtung der Tabellen zeigt uns, dass der Derbholzgehalt des Raumaasses innerhalb Jahresfrist verhältnissmässig wenig abnahm, während das Gewicht desselben eine keineswegs unbedeutende Minderung erfuhr.

Der Unterschied der Derbgehalte ist so gering, weil die Volumsverminderung in Folge des Schwindens durch die Volumsvermehrung in Folge des Reissens nahezu paralysirt wird. Man kann daher für Fälle der Praxis den Satz aufstellen: Der waldtrockene Zustand des Schichtholzes influirt nicht wesentlich auf den Derbgehalt desselben im Raummaasse.

Die Differenz der Derbgehalte von frischgefälltem und waldtrockenem Holz beträgt auf Grund dieser Tabellen bei der **Hainbuche** (Scheite I. Cl. 0·028 — 0·019 FM., Scheite II. Cl. 0·010 FM., Knüppel 0·011 FM.), im Durchschnitt aller Sortimente **0·017 FM.**; bei der **Rothbuche** (Nutzscheite 0·014 FM., Scheite I. Cl. 0·027 — 0·014 — 0·017 — 0·006 — 0·015 — 0·010 — 0·007 — 0·005 — 0·027 FM., Scheite II. Cl. 0·004 — 0·025 — 0·025 FM., Scheite III. Cl. 0·017 FM., Knüppel 0·010 — 0·007 FM., Reisig 0·007 FM.), im Durchschnitt aller Sortimente **0·014 FM.**, und bei der **Weisstanne** (Scheite I. Cl. 0·004 — 0·007 — 0·009 — 0·010 — 0·010 — 0·003 — 0·006 — 0·022 — 0·006 — 0·014 — 0·006 FM., Scheite II. Cl. 0·008 — 0·010 — 0·012 — 0·006 — 0·031 — 0·007 FM.), im Durchschnitte aller Sortimente **0·010 FM.**

Es schwindet sonach am stärksten die Haine, dann folgt die Rothbuche, während das Schwindmaass bei der Weisstanne am geringsten ist, welches Ergebniss die oft noch verbreitete Ansicht, dass weiche Hölzer mehr als harte schwinden, widerlegt, wie dies übrigens schon Dr. Th. Hartig in seinem Werke „Ueber das Verhältniss des Brennwerthes verschiedener Holz- und Torfarten etc.“ Braunschweig, 1855, nachweist.

Im Zusammenhange mit den Untersuchungen über das Schwindmaass stellte ich Erhebungen über die Abnahme der Stosshöhe an. Diese Erhebungen, die ich an einigen hundert Raummetern Schichtholz vornahm, ergaben, dass die Stosshöhe nach Jahresfrist im Maximum bloss um 1·5 bis 3 Ctm. abnahm.<sup>1)</sup> Da nach dem Obigen, der Festgehalt des Holzes durch das Austrocknen keine wesentliche Aenderung erfährt, so muss die Verminderung der Stosshöhe zum Theil auf Rechnung des durch die Eigenschwere des Holzes bedingten festeren Zusammensetzens gestellt werden. Um die nöthigen Messungen zweckentsprechend vornehmen zu können, liess ich das für diese Versuchsreihe bestimmte Holz in Zaine setzen, deren Stützen, resp. Stäbe, durch Streben und Wieden derart fixirt waren, dass eine Aenderung der Stosslänge, resp. Weite, nach Jahresfrist ausgeschlossen blieb.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass die Derbgehaltsbestimmung des Raummaasses [Schnittlänge, resp. Stosstiefe = 1 M.] nach der volumetrischen Methode [Xylometer: System Reissig, Baur, Seckendorff<sup>2)</sup>] und die Wägung mit einer äusserst präzisen Decimalfelwage<sup>3)</sup> erfolgte.

<sup>1)</sup> 1·5 Ctm. bei der Schwarzkiefer und Weisstanne, 3 Ctm. bei der Haine und Rothbuche.

<sup>2)</sup> Bezugsquelle: E. Kraft & Sohn, k. k. landespriv. Mechaniker in Wien. Preis des Aichgefässes sammt Reservegläsern 60 Gulden.

<sup>3)</sup> Bezugsquelle: Kutzt & Comp. in Brandenburg a./H. Preis 49 Thaler.

Rothbuche (*Fagus sylvatica* L.).

Forstrevier	Sortiment	Der untersuchten Raummeter (ohne Uebermaass)						1 Raummeter ohne Uebermaass hat durchschnittlich				Bemerkungen		
		Anzahl	frischgefällt		waldtrocken		frischgefällt		waldtrocken					
		oder Scheite	Zeit der Untersuchung	Derbgehalt FM.	Ge-wicht Kg.	Zeit der Untersuchung	Derbgehalt FM.	Ge-wicht Kg.	Derbgehalt FM.	Ge-wicht Kg.	Derbgehalt FM.	Ge-wicht Kg.		
	Nutzscheite <sup>1)</sup>	1	Mai 1875	0.731	713.2	Mai 1876	0.717	560.8	54	0.731	713.2	0.717	560.8	Gerade, glatt, stark, St. 7) windig.
	Scheite I. Cl. <sup>2)</sup>	1	Mai 1875	0.645	—	Mai 1876	0.618	506.8	47	0.645	—	0.618	506.8	" " " "
	"	1	"	0.706	—	"	0.692	521.3	51	0.706	—	0.692	521.3	" " " "
	"	1	"	0.682	659.5	"	0.665	523.1	49	0.682	659.5	0.665	523.1	" " " "
	"	1	"	0.708	—	Juni 1876	0.702	587.3	47	0.708	—	0.702	587.3	" " " " St. feuchtschattig
	"	1	"	0.645	—	"	0.630	506.1	48	0.645	—	0.630	506.1	" " " " St. windig.
	"	1	"	0.653	—	Mai 1876	0.643	495.5	57	0.653	—	0.643	495.5	" " " " schwach, St. sonnig.
	"	4 <sup>6)</sup>	Juni 1875	2.660	—	"	2.631	2287.4	48	0.665	—	0.658	571.9	" " " " stark, St feuchtschattig
	"	4 <sup>6)</sup>	"	2.682	—	"	2.664	2293.5	50	0.671	—	0.666	573.4	" " " " "
	"	1	"	0.705	671.1	"	0.678	562.3	48	0.705	671.1	0.678	562.3	" " " " "
	"	15	"	10.086	—	"	9.923	8283.3	49	0.672	665.3	0.662	552.2	" " " " "
	Scheite II. Cl. <sup>2)</sup>	1	Mai 1875	0.648	—	Mai 1876	0.644	543.1	59	0.648	—	0.644	543.1	" " " " schwach, St. feuchtsch.
	"	1	"	0.660	—	"	0.635	533.2	56	0.660	—	0.635	533.2	Glatt, gewunden, St. windig.
	"	2	Juni 1875	1.396	—	Juni 1876	1.346	1048.8	61	0.698	—	0.673	524.4	Gerade, glatt, " "
	"	4	"	2.704	—	"	2.625	2125.1	59	0.676	—	0.656	531.3	" " " " "
	Scheite III. Cl. <sup>3)</sup>	1	Juni 1875	0.622	—	Juni 1876	0.605	523.0	44	0.622	—	0.605	523.0	Knorrig, krumm " "
	Knäppel <sup>4)</sup>	2	Juni 1875	1.240	—	Juni 1876	1.221	971.2	70	0.621	—	0.611	485.6	Gerade, glatt, stark, St. windig.
	"	1	"	0.637	631.8	"	0.630	487.2	69	0.637	631.8	0.630	487.2	" " " " "
	Reisig <sup>5)</sup>	3	"	1.877	—	"	1.851	1458.4	70	0.626	631.8	0.617	486.1	" " " " "
	"	1	Juni 1875	0.418	397.3	Juni 1876	0.411	353.0	149	0.418	397.3	0.411	353.0	Glatt, gedreht, St. naess.
	Derbholz	24	—	16.020	—	—	15.721	12950.6	—	0.668	668.9	0.655	539.6	
	Nicht "	1	—	0.418	397.3	—	0.411	353.0	—	0.418	397.3	0.411	353.0	

1) Müssel-, Werk- oder Zeugholz. 2) Ausschussholz. 3) Rumpfen, Knorren (im Wiener Walde „Stöcke“ genannt). 4) Prügel (über 7 bis einschliesslich 14 Ctm. Durchmesser am schwächeren Ende). 5) Schwache Prügel, Bürtel-Prügel (bis einschliesslich 7 Ctm. Durchmesser am schwächeren Ende). 6) Schichtungsart (Stosshöhe = 2 M.) nach der auf Seite 14 der „Vorschrift für die Anwendung des metrischen Maasses und Gewichtes im österreichischen Staatsforstdienste“ (Zweite Auflage, Wien, 1874.) gegebenen Anweisung. 7) St. bedeutet Stellplatz.

Weissbuche (*Carpinus Betulus* L.).

Forstrevier	Sortiment	Der untersuchten Raummeter (ohne Uebermaass)						1 Raummeter ohne Uebermaass hat durchschnittlich				Bemerkungen			
		Anzahl	Scheite oder Prügel		frischgefällt		waldtrocken		Scheite oder Prügel		waldtrocken				
			Zeit der Untersuchung	Derbgehalt FM.	Ge-wicht Kg.	Zeit der Untersuchung	Derbgehalt FM.	Ge-wicht Kg.	Derbgehalt FM.	Ge-wicht Kg.	Derbgehalt FM.		Ge-wicht Kg.		
Lammerau (Niederösterreich)	Scheite I. Cl.	1	46	Mai 1875	0.686	726.8	Mai 1876	0.658	568.6	46	0.686	726.8	0.658	568.6	Gerade, glatt, St. sonnig.
	"	1	46	"	0.634	667.1	"	0.615	530.5	46	0.634	667.1	0.615	530.5	" starkspanrückig. St. windig
		2	92		1.320	1393.9		1.273	1099.1	46	0.660	697.0	0.637	549.6	
	Scheite II. Cl.	1	54	Mai 1875	0.578	623.5	Mai 1876	0.568	481.6	54	0.578	623.5	0.568	481.6	" schwach, St. sonnig.
	Knüppel	1	107	"	0.561	585.1	"	0.550	474.1	107	0.561	585.1	0.550	474.1	" glatt, St. feuchtschattig.
	Derbholz	4	—	—	2.459	2602.5	—	2.391	2054.8	—	0.615	650.6	0.598	513.7	

Standorts- und Bestandesbeschreibung:

K. k. Forstwirtschaftsbezirk: Lammerau. District: Hametberg, Section 1 und 2. Absolute Höhe über dem Meeresspiegel 457 M. Südlich und nördlich sanft abgedacht. Mit Ausnahme einiger sehr nasser Stellen guter, mit Sand und Steingerölle gemengter, ziemlich frischer, tiefgründiger Lehmboden. Stellenweise starker Buchenunterwuchs. Ein durch frühere unregelmässige Bewirthschaftung aus älteren Horsten bestehender circa 100jähriger Bestand. Wuchs und Schluss des Bestandes mittelmässig (in Folge zu langem Ueberhalten der Weichhölzer, sowie zu häufigem Streurechen). Bestandesmischung 0.7 Buchen, 0.2 Tannen, 0.1 Weissbuchen, Schwarzerlen und Birken.

Weisstanne (*Abies pectinata* DC.).

Forstrevier	Sortiment	Der untersuchten Raummeter (ohne Uebermass)					1 Raummeter ohne Uebermass hat durchschnittlich					Bemerkungen			
		Anzahl	Scheite oder Prügel	Zeit der Untersuchung	frischgefällt	walddrocken	oder Prügel	frischgefällt	walddrocken	Ge- wicht Kg.					
					Derb- gehalt FM.	Ge- wicht Kg.	Zeit der Unter- suchung	Derb- gehalt FM.	Ge- wicht Kg.	Derb- gehalt FM.	Ge- wicht Kg.				
Lammerau Klausen-Leopoldsdorf (Niederösterreich)	Scheite I. Cl.	1	42	Mai 1875	0.700	620.1	Mai 1876	0.696	471.8	0.700	620.1	0.696	471.8	Gerade, glatt, stark, St. feucht.	
	"	2	67	Juli 1875	1.343	—	"	1.330	895.8	0.672	—	0.665	447.9	" starkbork., St. wind.	
	"	2	68	"	1.364	—	"	1.345	774.1	0.682	—	0.673	387.1	" " " sonn.	
	"	2	78	"	1.307	—	"	1.287	857.3	0.654	—	0.644	428.6	" " " wind.	
	"	1	41	"	0.656	—	"	0.646	379.4	0.681	—	0.646	379.4	" stark, St. sonnig.	
	"	2	92	"	1.362	—	"	1.356	934.5	0.681	—	0.678	467.3	" " " windig.	
	"	2	82	"	1.343	—	Juni 1876	1.332	944.1	0.672	—	0.666	472.1	" " " " "	
	"	1	42	"	0.651	—	"	0.629	395.5	0.651	—	0.629	395.5	" " " sonnig.	
	"	2	81	"	1.354	—	"	1.342	940.4	0.677	—	0.671	470.2	" " " windig.	
	"	1	42	"	0.659	—	Mai 1876	0.645	411.7	0.659	—	0.645	411.7	" " " sonnig.	
	"	2	88	"	1.285	—	"	1.274	918.4	0.643	—	0.637	459.2	" " " St. windig.	
			18	723		12.024	—		11.882	7923.0	<b>0.668</b>	<b>620.1</b>	<b>0.660</b>	<b>440.2</b>	
		Scheite II. Cl.	2	87	Juli 1875	1.238	—	Mai 1876	1.222	736.9	0.619	—	0.611	368.5	Gerade, stark, knorrig, St. sonnig.
		"	2	102	"	1.251	—	"	1.232	883.4	0.626	—	0.616	441.7	" glatt, schwach, St. windig.
		"	1	58	"	0.655	—	"	0.643	438.7	0.655	—	0.643	438.7	" " " " "
		"	2	112	"	1.340	—	"	1.327	916.9	0.670	—	0.664	458.5	" " " feuchtsch.
		"	2	107	"	1.368	—	"	1.306	933.8	0.684	—	0.653	466.9	" " " " "
		"	1	55	"	0.645	—	"	0.638	407.7	0.645	—	0.638	407.7	" " " sonnig.
		10	521		6.497	—		6.368	4317.4	<b>0.650</b>	—	<b>0.637</b>	<b>431.7</b>		
	<b>Derbholz</b>	28	—		18.521	—		18.250	12240.4	<b>0.661</b>	—	<b>0.652</b>	<b>437.2</b>		

K. k. Forstwirtschaftsbezirk: Klausen-Leopoldsdorf. Waldort: Hainbachberg, Abtheilung 16, Unterabtheilung a. Absolute Höhe über dem Meeresspiegel 540 M. Versuchsfäche am oberen Theile der Berglehne, südwestlich abdachend, lehn, örtlich steil (25°), von tiefen Gräben durchzogen. Sandsteinschiefer, tiefgründiger, humoser, stellenweise magerer Lehmboden. Circa 120jähriger ziemlich geschlossener, theilweise rückgängiger Bestand. Bestandesmischung 0.9 Buchen, 0.1 Tannen.

Schwarzkiefer (*Pinus Laricio* Poir.).

Forstrevier	Sortiment	Der untersuchten Raummeter (ohne Uebermaass)						1 Raummeter ohne Uebermaass hat durchschnittlich				Bemerkungen				
		frischgefällt			waldtrocken			frischgefällt		waldtrocken						
		Anzahl	Zeit der Untersuchung	Derb-gehalt FM.	Ge-wicht Kg.	Zeit der Untersuchung	Derb-gehalt FM.	Ge-wicht Kg.	Derb-gehalt FM.	Ge-wicht Kg.						
Gutenstein (Niederösterreich)	Matzingthal Kohlgraben	5	126	Aug. 1876	3·900	3343·6	Oct. 1877	—	2819·5	25	0·780	668·7	—	563·9	Gerade, glatt, stark, St. windig.	
		5	—	"	—	—	"	—	2625·0	—	—	—	—	525·0	" " " sonnig.	
		10	—	—	—	—	—	—	5444·5	25	0·780	668·7	—	544·5	" " " windig.	
	Matzingthal Kohlgraben	4	114	Aug. 1876	2·916	2404·5	Oct. 1877	—	2049·9	29	0·729	601·1	—	512·5	" " " sonnig.	
		2	—	"	—	—	"	—	942·4	—	—	—	—	471·2	" " " " fenchtesch.	
		5	—	"	—	—	"	—	2382·5	—	—	—	—	476·5	" " " " sonnig.	
		2	—	"	—	—	"	—	1050·3	—	—	—	—	525·2	" " " " sonnig.	
		1	—	"	—	—	"	—	448·9	—	—	—	—	448·9	" " " " sonnig.	
		14	—	—	—	—	—	—	6874·0	29	0·729	601·1	—	491·0	" schwach, " " gemischt, windig.	
	Matzingthal	Scheite II. Cl.	5	158	Aug. 1876	—	—	Oct. 1877	—	1993·3	53	0·719	595·2	—	398·7	" " " " sonnig.
			3	—	"	2·157	1785·6	"	—	1310·3	—	—	—	—	436·8	" " " " sonnig.
			8	—	—	—	—	—	3303·6	53	0·719	595·2	—	413·0	" " " " sonnig.	
	Kohlgraben	Krüppel	3	223	Aug. 1876	2·190	1906·8	Oct. 1877	—	1494·1	74	0·730	635·6	—	498·0	" " " " sonnig.
	Matzingthal		5	372	"	3·723	3173·8	"	—	2702·9	75	0·745	634·8	—	540·6	" " " " windig.
		8	595	—	5·913	5080·6	—	—	4197·0	74	0·739	635·1	—	524·6	" " " " sonnig.	
Kohlgraben	Reisig	2	474	Aug. 1877	1·287	1067·2	Oct. 1877	—	744·0	237	0·644	533·6	—	372·0	" " " " windig.	
Matzingthal		3	727	"	1·791	1587·1	"	—	1261·6	242	0·597	529·0	—	420·5	" " " " sonnig.	
		5	1201	—	3·078	2654·3	—	—	2005·6	240	0·616	530·9	—	401·1	" " " " windig.	
	Derbholz	40	—	—	—	—	—	—	19819·1	—	0·744	630·7	—	495·5	" " " " sonnig.	
	Nicht "	5	—	—	3·078	2654·3	—	—	2005·6	—	0·616	530·9	—	401·1	" " " " windig.	

Graf Hoyos-Sprinzenstein'sches Forstrevier: Gutenstein. Waldort: Steinapiesting (Matzingthal). Absolute Höhe über dem Meerespiegel 660 M.; steile Nordostabdachung eines engen Grabens. Reine Humusschichte 3—4 Ctm., humusgefärbte obere Nährschicht und Wurzelraum 50—80 Ctm., tiefer steinig, hierauf grober Kalksteinschotter. Boden tiefgründig, locker, frisch, mit einer von Nadeln durchsetzten Gras- und Heidekrautdecke (*Erica carnea*) überwuchert. Circa 110jähriger geschlossener, mittelwüchsiger, reiner Schwarzföhrenbestand. Am Fusse des Kogels mit Weissföhren und Fichten gemischt (Plänterbetrieb). — Waldort: Steinapiesting (Kohlgraben). Absolute Höhe über dem Meeresspiegel 655 M., südöstlich abdachend, steil (24°), wenig geschützt. Humus 2—3 Ctm., Walderde 15—25 Ctm., hierauf lockerer Kalkfels. Streudecke gering. Boden theilweise mit einem polsterförmigen Ericcenrasen überzogen, sonst frisch, locker, seichtgründig. Schwarzföhre mit Weissföhre gemischt, Schluss sehr unterbrochen, meist räumlicher Stand, gutwüchsig, geringer Laubholzunterwuchs. Alter circa 120 Jahre.

**Zusammenstellung der Holzgewichte**  
(pro Festmeter).

Sortiment	Rothbuche		Hainbuche		Weisstanne		Schwarzkiefer	
	frisch- gefällt	wald- trocken	frisch- gefällt	wald- trocken	frisch- gefällt	wald- trocken	frisch- gefällt	wald- trocken <sup>1)</sup>
1 Festmeter wiegt Kilogramm								
Nutzscheite . . .	<b>976</b>	<b>782</b>	—	—	—	—	<b>857</b>	<b>723</b>
Scheite I. Cl. . .	—	820	1059	864	886	678	825	703
" . . .	—	753	1052	863	—	674	—	—
" . . .	967	787	—	—	—	576	—	—
" . . .	—	837	—	—	—	666	—	—
" . . .	—	803	—	—	—	587	—	—
" . . .	—	771	—	—	—	689	—	—
" . . .	—	869	—	—	—	709	—	—
" . . .	—	861	—	—	—	629	—	—
" . . .	952	829	—	—	—	701	—	—
" . . .	—	—	—	—	—	638	—	—
" . . .	—	—	—	—	—	721	—	—
Im Durchschnitt .	<b>959</b>	<b>835</b>	<b>1056</b>	<b>863</b>	<b>886</b>	<b>667</b>	<b>825</b>	<b>703</b>
Scheite II. Cl. . .	—	843	1079	848	—	603	828	608
" . . .	—	840	—	—	—	717	—	—
" . . .	—	779	—	—	—	682	—	—
" . . .	—	—	—	—	—	691	—	—
" . . .	—	—	—	—	—	715	—	—
" . . .	—	—	—	—	—	639	—	—
Im Durchschnitt .	—	<b>810</b>	<b>1079</b>	<b>848</b>	—	<b>678</b>	<b>828</b>	<b>608</b>
Scheite III. Cl. . .	—	<b>864</b>	—	—	—	—	—	—
Knüppel . . .	992	795	1043	862	—	—	871	682
" . . .	—	773	—	—	—	—	852	726
Im Durchschnitt .	<b>992</b>	<b>788</b>	<b>1043</b>	<b>862</b>	—	—	<b>859</b>	<b>710</b>
Reisig . . . . .	—	859	—	—	—	—	829	578
" . . . . .	950	—	—	—	—	—	886	704
Im Durchschnitt .	<b>950</b>	<b>859</b>	—	—	—	—	<b>862</b>	<b>652</b>
Derbholz . . . .	<b>971</b>	<b>824</b>	<b>1058</b>	<b>859</b>	—	<b>671</b>	<b>848</b>	<b>697</b>
Nichtderbholz .	<b>950</b>	<b>859</b>	—	—	—	—	<b>862</b>	<b>652</b>

<sup>1)</sup> Unter Zugrundelegung des Grünvolumens festgestellte Werthe.

Fig. 1.



Fig. 2.

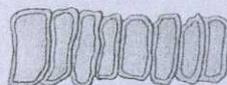


Fig. 3.



Fig. 4.



Fig. 5.

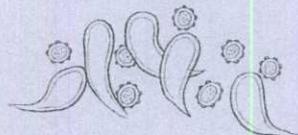


Fig. 6.



Fig. 7.

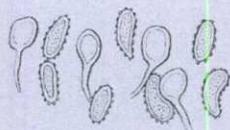


Fig. 8.

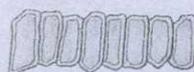


Fig. 9.

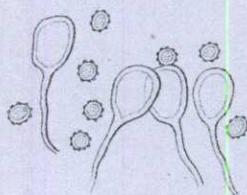


Fig. 11.



Fig. 10.

