

Ueber den Wasserverbrauch der Holzgewächse mit Beziehung auf die meteorologischen Factoren.

Von Dr. **Franz Ritt. v. Höhnel.**

4357

Unter diesem Titel habe ich in E. Wollny's „Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik“¹⁾ die Resultate einer dritten Versuchsreihe mit forstlichen Holzgewächsen im Laufe der Vegetationsperiode v. J. 1881 publicirt und einige kritische Bemerkungen Wollny's über meine Transpirationsversuche niedergelegt.

Da die beiden Hauptarbeiten über letztere in den „Mittheilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs“²⁾ erschienen sind, dürfte die Reproduction der wichtigsten Bemerkungen über die dritte und letzte Versuchsreihe in den vorliegenden freien Heften, welche als eine Fortsetzung der „Mittheilungen“ betrachtet werden können, willkommen sein, und ich fühle mich zu einer nochmaligen Aufnahme des Gegenstandes um so mehr bemüssigt, als mir inzwischen einige weitere „kritische Notizen“ von Seite eines gewiegten Fachmannes — Baur — bekannt geworden sind, die einer Besprechung bedürfen.

Ich folge zunächst wörtlich meinen Ausführungen am angegebenen Orte.

Der Zweck der im Jahre 1880 ausgeführten Transpirationsversuche war, nachdem die Hauptfragen als bereits durch die Versuche vom Jahre 1878 und 1879 als gelöst betrachtet werden konnten, in erster Linie der, festzustellen, ob die 1878 und 1879 gewonnenen Zahlen in der That als Minimal- und Maximalzahlen für die Transpirationsgrößen der forstlichen Holzgewächse gelten können, wie dies in meiner zweiten Mittheilung wahrscheinlich gemacht wurde, oder ob nicht vielleicht weitere Vegetationsperioden Zahlen ergeben, die auffallend von den bereits gewonnenen abweichen, und ferner weiteres Materiale an Zahlen zur Berechnung von Verhältnisszahlen zwischen den Transpirationsgrößen und den Evaporimeterangaben zu erhalten.

Die Versuche wurden in denselben Töpfen, zumeist mit demselben Pflanzenmateriale, soweit dasselbe gut überwintert hatte, und in ganz gleicher Art ausgeführt, wie dies schon 1879 seit 1. Juli geschah, worüber meine beiden citirten Mittheilungen nachzusehen sind. Da es sich aber nur um Feststellung der Hauptzahlen handelte, so wurden die Pflanzen sammt den Begießungsflaschen nur zweimal, zu Anfang und Ende des sieben Monate, vom 1. April bis Ende October, dauernden Versuches gewogen. Sie blieben daher die ganze Vegetationszeit über mit ihren Töpfen im Sande eingesenkt stehen, so dass sie sich bezüglich der Bodentemperatur unter ganz natürlichen Verhältnissen befanden. Das Begießen konnte mit Hilfe der gewogenen Begießungsflaschen fast täglich und ganz nach Bedarf geschehen, und es wurde darauf geachtet, dass die Erde in den Töpfen nicht nur genügend, sondern

¹⁾ Im IV. Bde., 5. Heft (1881).

²⁾ In Bd. II., Heft I., p. 47—90 und Bd. II., Heft III.

ihrer Wassercapacität entsprechend möglichst feucht sei, es sich nicht wie in den Versuchen vom Jahre 1878 darum handelte, wie viel Wasser die Holzgewächse überhaupt nothwendig brauchen, sondern wie viel sie unter Umständen verbrauchen können.

Der Versuchssommer war zu diesem Behufe ein ausserordentlich günstiger. Während 1879 die Regenhöhe vom 1. April bis Ende October 594·4 mm betrug, war dieselbe in Mariabrunn 1880 nur 542·9 cm. Hiebei ist zu beachten, dass die fünf stärksten Regentage (5. und 9. Mai, 4., 12. und 13. August mit 48·8, 40·0, 52·0, 42·8 und 38·3 mm Regenhöhe) allein 221·9 mm Regen lieferten, so dass von diesen fünf Tagen abgesehen, die Regenmenge nur 321 mm betrug, während, wenn man pro 1879 die fünf stärksten Regentage (4., 10. und 11. Mai und 10. und 11. Juli mit 35·7, 27·6, 24·8, 22·5 und 24·8 mm) 135·4 mm. in Abrechnung bringt, die restirende sich mehr gleichmässig vertheilende und daher hauptsächlich die Transpirationsgrösse beeinflussende Regenmenge noch 459 mm beträgt, fast anderthalbmal so viel als 1880. Dem entsprechend zeigte 1880 auch der Piché-Evaporimeter eine stärkere Verdunstung an als 1879. Vom 1. Mai bis Ende October betrug dieselbe 1879: 463·24 Grade, 1880 aber 477·6. —

Wenn ich nun daran erinnere, dass 1878, im Jahre der ersten Versuchsreihe, der Evaporimeter eine 2·27 mal kleinere Verdunstung als 1879 anzeigte, so will ich damit andeuten, dass günstigere Bedingungen für den geplanten Zweck kaum zu erwarten waren. Der Versuch wurde mit circa 70—80 Pflanzen, die sämtlich schon mindestens seit dem October des vorhergehenden Jahres (Coniferen), zum grösseren Theile aber seit zwei bis drei Jahren (die meisten Laubhölzer) in den Töpfen eingesetzt und gelöthet sich befanden, begonnen. Da aber im Laufe desselben alle jene, welche die mindesten Spuren von Erscheinungen zeigten, die auf pathologische Zustände deuten konnten, sowie jene, wo sich Versuchsfehler durch Zertrümmern der oft umfangreichen Begiessungsflaschen und Eintreten von Rissen an den Löthungsstellen zeigten, oder bei Sturm ein Blattverlust eintrat, auf kurzem Wege cassirt wurden, so kamen schliesslich nur 52 Pflanzen zur Berechnung. Als ich vor nun 3¼ Jahren auf die Idee verfiel, die Pflanzen ganz einlöthen zu lassen, musste ich selbst daran zweifeln, dieselben lange Zeit in diesem eingeschlossenen Zustande normal erhalten zu können, und Mancher mochte wohl aus den anscheinend ganz unnatürlichen Verhältnissen, in welchen sich meine Versuchspflanzen, was ihre Wurzelsysteme anbelangt, befanden, grosses Misstrauen gegen die gewonnenen Zahlen geschöpft haben. Diese Versuchspflanzen schlugen aber zum grössten Theile heuer zum vierten Male in der schönsten Weise aus und sind jetzt so üppig und natürlich grün, wie irgend ähnliche Bäumchen der Pflanzschule. Beiläufig sei erwähnt, dass die Pflanzen Nr. 58 Espe, 64 Else, 55, 59 Weissbuchen, 30, 65 Rothbuchen, 51 Birke, 15, 56 Eschen, 8, 9, 10, 11 Spitzahorn, 13, 14 Bergahorn, 60 Feldahorn, 24, 25 Sommerlinden, 7, 23, 67 Ulmen, 6 Stueleiche, 4, 18 Zerreichen u. v. a. noch jetzt keine Spur von Abnormalität aufweisen, zum Beweise, dass die geschehene Abschliessung des Wurzelsystemes von der Luft von Holzpflanzen jahrelang ertragen werden kann, anscheinend ohne Schaden. Dass unter den genannten sich keine Coniferen finden, hat darin seinen Grund, dass diese jährlich behufs Bestimmung des Nadel-trockengewichtes gefällt und frisch eingesetzt werden mussten.

Durch dies Gesagte möchte ich nun nachträglich Bedenken begegnen, die sehr natürlich sind, aber jedenfalls grundlos, und die ich in den angeführten Mittheilungen vielleicht nicht in genügender Weise von vorne herein zerstreuen konnte.

Ich gehe nun zu einer kurzen Auseinandersetzung der im Sommer 1880 gewonnenen Versuchsergebnisse, die sich in nachfolgender Tabelle in verständlicher Weise mitgetheilt finden, über.

Zur Erklärung der Tabelle sei noch mitgeteilt, dass die Bezeichnung der einzelnen Pflanzen mit So. oder Sch. sich auf den Standort, ob sonnig oder schattig, bezieht, ferner sei erwähnt, dass die Pflanzen von Nr. 1—76 sich in kleinen Töpfen von 284, jene von Nr. 77—98 in mittleren Töpfen von 401 und die übrigen (99—116) sich in grossen Blechcylindern von 707 □ cm Querschnitt befanden. Alles Weitere ist, wie schon erwähnt, den citirten Abhandlungen zu entnehmen.

I. Tabelle über die Transpirationsgrössen

vom 1. April bis Ende October 1880.

Gewichtsangaben in Grammen.

Nr.	Name der Pflanze	Blatthluft-trocken-gewicht	Absolute Transpiration	Transpiration, auf 100 Gr. Blattlufttrocken-gewicht bezogen	Nr.	Name der Pflanze	Blatthluft-trocken-gewicht	Absolute Transpiration	Transpiration, auf 100 Gr. Blattlufttrocken-gewicht bezogen
58	Espe, So.	5'41	4949	95.970	6	Stieleiche, So.	3'27	1889'5	60.700
64	Else, Sch.	0'96	1121'5	126.200	89	Steineiche, So.	6'71	4818	77.610
						Mittel:			69.150
59	Haine, So.	5'66	4218'5	78.190	24	Sommerlinde, Sch.	7'37	4984	73.090
55	"	6'08	4892	84.410	25	So.	5'40	5332'5	103.590
22	Sch.	5'46	4995'5	98.900		Mittel:			88.340
	Mittel:			87.170					
63	Rothbuche, So.	1'93	1790'5	97.400	40	Schwarzerle, So.	3'50	3114	93.300
91	"	6'23	4492'0	77.930	56	Esche, So.	3'42	4859	149.000
27	"	1'65	823	52.300	106	Sch.	5'65	3822'5	73.500
30	"	2'82	1967'5	73.100	15	"	6'05	4551'0	79.300
72	Sch.	1'65	1888	123.700	35	"	4'83	4721'5	105.600
76	"	10'57	6600'5	65.830		Mittel:			101.850
46	"	3'69	3601'5	105.500	51	Birke, So.	4'1	3478	89.000
97	"	4'33	5422	135.300	111	Sch.	17'42	15171	94.610
	Mittel:			91.380		Mittel:			91.800
60	Feldahorn, Sch.	2'18	2910'5	140.800	48	Lärche, So.	3'14	3748	125.600
78	Bergahorn, So.	5'32	3964'5	80.540	95	Fichte, So.	41'46	4870	13.300
13	"	10'67	4358	42.850	100	Sch.	94'03	10197	12.020
104	" Sch.	7'85	7275	94.090	103	"	84'9	10294	13.950
102	"	8'62	5512	69.450	114	"	73'55	10866	16.820
14	"	7'13	4290	65.030		Mittel:			14.020
	Mittel:			70.380	77	Tanne, So.	23'52	2830	13.910
8	Spitzahorn, So.	11'2	5556	52.030	16	Sch.	24'1	1011	4.850
11	"	5'73	2795	51.170		Mittel:			9.380
9	Sch.	7'23	4905	71.520	29	Weissföhre, So.	8'22	1459	19.190
10	"	6'54	4236	70.000	116	Sch.	78'4	3405	5.020
	Mittel:			61.180		Mittel:			12.105
23	Ulme, So.	9'9	6723'5	71.240	108	Schwarzföhre, Sch.	102'08	7740'5	8.760
90	"	4'69	4014	92.500	12	"	41'98	1907	5.250
67	Sch.	5'88	4521'5	83.100		Mittel:			7.005
	Mittel:			82.280					
81	Zerreiche, So.	5'60	2705	52.220					
96	"	11'55	5372'5	50.270					
4	"	7'65	3164'5	44.900					
18	"	6'36	3000	49.490					
	Mittel:			49.220					

Untersucht man nun zunächst die Zahlen vorstehender Tabelle bezüglich der relativen Transpirationsgrösse der einzelnen Holzarten, im Vergleiche zu den in den beiden vorhergehenden Vegetationsperioden erhaltenen diesbezüglichen Resultate, so ergeben sich die hiehergehörigen Thatsachen unmittelbar aus folgender Zusammenstellung.

1878		1879		1880	
Birke	67.987	Esche	98 305	Esche	101.850
Esche	56.689	Buche	85.950	Birke	91.800
Haine	56.251	Birke	84.513	Rothbuche	91.380
Buche	47.246	Haine	75.901	Haine	87.170
Spitzahorn	46.287	Feldulme	75.500	Ulme	82.280
Bergahorn	43.577	Stiel-Steineiche	66.221	Bergahorn	70.380
Ulme	40.731	Bergahorn	61.830	Stiel-Steineiche	69.150
Stiel-Steineiche	28.345	Zerreiche	61.422	Spitzahorn	61.180
Zerreiche	25.333	Spitzahorn	51.722	Zerreiche	49.220
Fichte	5.847	Fichte	20.636	Fichte	14.020
Weissföhre	5.802	Weissföhre	10.372	Weissföhre	12.105
Tanne	4.402	Schwarzföhre	9.992	Tanne	9.380
Schwarzföhre	3.207	Tanne	7.754	Schwarzföhre	7.005

Wenn man bedenkt, dass diese drei Reihen mit zum guten Theile verschiedenem Versuchsmateriale in drei auffallend von einander verschiedenen Vegetationsperioden gewonnen wurden, so wird man zur Ueberzeugung gelangen, dass ihre soweit gehende Uebereinstimmung nur der Ausdruck von einer thatsächlich vorhandenen specifisch verschiedenen Transpirationsfähigkeit unserer Holzgewächse sein kann. Es kann nunmehr keinem Zweifel unterliegen, dass Esche und Birke, auf das Laubtrockengewicht bezogen, am stärksten transpiriren, sich an diese Buche und Haine schliessen, hierauf die Ulmen, und endlich die Ahorne und Eichen kommen. Was die Coniferen anbelangt, so gilt für sie die Ordnung: Fichte, Weissföhre, Tanne, Schwarzföhre zweifellos. Auf das Laubgewicht bezogen scheinen die Lärche, Linden, Espe, Erlen und Else ebenfalls zu den am stärksten transpirirenden Bäumen zu gehören, doch mussten, um ihre Stellung definitiv festsetzen zu können, erneute Versuche mit mehreren Exemplaren gemacht werden. —

Fragt es sich um die absoluten Wasserverbrauchsmengen, so sieht man beim Vergleiche der Versuchsergebnisse von 1879 und 1880 sofort die hohe Uebereinstimmung derselben. In der That beträgt das Gesamtmittel pro 1879: 64.930, pro 1880: 69.880. Für die Laubhölzer allein 1879: 78.900, 1880: 82.520, für die immergrünen Nadelhölzer 1879: 13.488, 1880: 11.307, während die Lärchen 1879: 114.868, 1880: 125.600 g Wasser pro 100 g Blattlufttrockengewicht verbrauchten.

Es ist kaum nöthig zu bemerken, dass auch 1880 die den Topfquerschnitten 284, 401 und 707 □ cm entsprechenden Regenmengen per 15·4, 21·8 und 38·4 kg vollkommen zur Deckung der Transpirationsverluste der einzelnen Exemplare ausreichten, indem die anspruchsvollste Pflanze in den kleinen Töpfen Nr. 23, eine Ulme, nur 6·7 kg Wasser brauchte; was die mittleren Töpfe anbelangt, die Rothbuche Nr. 97, nur 5·4 kg, und von den grossen Pflanzen die Birke Nr. 111 15·2 kg beanspruchten. Wie man daher sieht, verdunsteten selbst die blattreichsten Exemplare nur ein Viertel bis die Hälfte der geringen gefallenen Regenmengen, und betrug das Verhältniss zwischen Regenmenge und Maximalwasserverbrauch 1880 1 : 2·7, während sich für 1879 dies Verhältniss auffallend übereinstimmend zu 1 : 2·2 berechnet. Es mag nicht überflüssig sein, an dieser Stelle nochmals zu betonen, dass die Pflanzen durchschnittlich 3—4mal pro Woche begossen wurden, niemals

an Wassermangel litten, und sich erst gegen Ende October entlaubten. Ja bei vielen mussten die Blätter behufs Abschliessung der Versuchsreihe vor Eintritt des Schnees am 1. November in noch grünem Zustande abgenommen werden, was jedenfalls nichts weniger als auf einen erlittenen Wassermangel hindeutet. Nicht übersehen darf man indessen auch, dass Berechnungen der Art, wie sie soeben vorgeführt wurden, an und für sich gar keinen Massstab zur Beurtheilung der Bilanz zwischen Regen- und Wasserverbrauchsmengen einzelner Pflanzen abgeben, so nützlich sie auch im Allgemeinen sind.

Denn die Frage, wie viel Regenwasser auf eine einzelne Pflanze entfällt, lässt sich nicht beantworten, da sich die Rechnung einerseits mit demselben Rechte auf die Grösse der horizontalen Projection der oberirdischen Theile, wie der der Wurzeln beziehen kann, die beide oft sehr verschieden ausgebreitet sind, andererseits es überhaupt keine Fläche gibt, auf die man diese Regenmenge berechtigter Weise beziehen kann. Auf keinen Fall kann aber die Grösse eines Gartentopfes massgebend für derartige Berechnungen sein, indem je in einem grossen Topfe eine kleine oder eine grosse Pflanze stehen kann. Man kann daher Angaben, wie die hier, und in den citirten Abhandlungen zur Beleuchtung des Verhältnisses von pflanzlichen Leistungen zu meteorologischen Factoren gemachten, nicht wohl zu Ausgangspunkten von weitgehenden Schlüssen machen, ohne den Boden zu verlieren. Wenn daher im Jahre 1878 meine Versuchspflanzen 1·5—15mal weniger transpirirten, als die auf die Töpfe fallenden Regenmengen betragen, so deutet dies nicht darauf hin, dass die Pflanzen zu wenig transpirirten — ich werde gleich zeigen, dass eher das Entgegengesetzte der Fall war — sondern darauf, dass es sehr viel regnete, und die Pflanzen sehr verschieden gross waren. In der That schwankte das Laubtrockengewicht der Pflanzen von 1878 zwischen 0·75—12·54 g, alle diese befanden sich aber in gleich grossen Töpfen, und kann daher die scheinbar kleine Transpiration von $\frac{1}{15}$ der Regenmenge pro Topf in Wirklichkeit eine sehr grosse sein. Dass Pflanzen mit 0·75 g Laublufdtrockengewicht mit 3·5 kg Erde ausreichen, durfte auch keinem Zweifel unterliegen.

Hiemit erledigen sich aber einige Einwände Wollny's (a. a. O.) gegen meine Versuchsergebnisse, welche Einwände der Hauptsache nach auf einer übertriebenen Vorstellung von der Grösse meiner Versuchspflanzen (1878) beruhen. Ich wiederhole hier, dass die von dem genannten Forscher zum Ausgangspunkte seiner kritischen Bemerkungen genommenen Angaben, gar keine Anhaltspunkte in der fraglichen Richtung abgeben können. Man kann wohl berechnen, wie viel Regen einem Hektar Wiese oder Wald entspricht, nicht aber diese Rechnung für eine einzelne Pflanze machen, da sich hier ein Rechnungsfactor immer zwischen weiten, willkürlichen Grenzen bewegen wird. Derselbe Grund ist es aber auch, warum bei den in Rede stehenden Versuchen nicht daran gedacht werden konnte, den Pflanzen genau jene Wassermengen zuzuführen, die den den Topfquerschnitten entsprechenden Regenmengen gleich sind. Um Bilanzfeststellungen in dem Sinne, wie sie Wollny in der citirten Arbeit ausführte, konnte es sich in keinem Falle handeln, weil solche wohl für krautige Culturpflanzen, nicht aber für Bäume durchgeführt werden können. Es beweisen solche auch nur das, was jede Wiese, jeder Wald jährlich ohne Versuch zeigt, dass nämlich die Regenmenge thatsächlich für die Pflanzendecke in der Regel ausreicht. Findet ein solches Auslangen nicht statt, so wird das Feld oder die Wiese dürr, der Wald büsst einen Theil seines Laubes ein etc., Erscheinungen die in regenärmeren Gegenden genug häufig zu sehen sind. Damit aber, dass man weiss, Wald und Wiese reichen unter gewissen meteorologischen Verhältnissen mit den ihnen gebotenen Regenmengen aus, weiss man noch lange nicht, wie viel Wasserverbrauch auf eine bestimmte Oberfläche des Laubes, oder ein bestimmtes Laubfrisch- oder Trockengewicht kommt, und haben Versuche, die

auf die Ausmittlung derartiger Zahlen gerichtet sind, sowohl vom praktischen, wie vom streng wissenschaftlichen Standpunkte einen guten Sinn. Da nun mit Rücksicht auf die bekannten Factoren der Transpirationsgrösse von vornherein zu erwarten ist, dass derartige Versuche nicht ein einziges Zahlenresultat ergeben können, sondern zahlreiche sich für jede Art innerhalb gewisser Grenzen bewegende gewärtigen lassen müssen, so kann eine rationelle Versuchsanstellung nur darauf gerichtet sein, die obere und untere Grenze des Wasserverbrauches für die einzelnen Arten festzustellen. Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, wurden 1878 die Versuchspflanzen möglichst trocken gehalten, und konnten die die Transpiration herabdrückenden meteorologischen Verhältnisse, die zu gleicher Zeit einwirkten, als nur den Versuchszwecken vortheilhaft angesehen werden. Es sollte also 1878 die Frage beantwortet werden, wie viel Wasser die Forstholzwächse nothwendig brauchen, und nicht etwa die, wie viel sie eventuell verbrauchen können. Hat man derartige Zahlen gefunden, dann kann man sie auf ihren Werth, ihre Richtigkeit prüfen, indem man sie auf Fälle im Grossen anwendet und nachsieht, wie sich die errechneten Wasserverbrauchsmengen ganzer Wälder etc. zu den entsprechenden Regenmengen verhalten, ohne damit aber die Frage nach der thatsächlichen Wasserbilanz der Vegetationsdecke gelöst haben zu wollen, eine Frage, die, wie gesagt, täglich vor unseren Augen gelöst wird. Ich muss daher Wollny beistimmen, wenn er sagt, dass meine Versuche vom Jahre 1878 nicht ausreichen zur Lösung der zuletzt berührten Frage, hiebei aber hervorheben, dass es mir, wie aus den betreffenden Publicationen und aus der ganzen Versuchsanstellung hervorgeht, um eine ganz andere Frage zu thun war, und jene der Wasserbilanz für Wälder gar nie in der Weise behandelt und gelöst werden kann, wie dies Wollny in seiner jüngsten Publication für Wiesen und Felder that, da man zwar Stücke von solchen, nicht aber von Wäldern wägen oder in einen Lysimeter setzen kann. Was einen weiteren Punkt, die scheinbar geringe Grösse der Transpiration der Versuchspflanzen des Jahres 1878 anbelangt, so ist dieselbe in erster Linie durch die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse der Luft in der Versuchsperiode bedingt, und es lässt sich zeigen, dass die Versuchspflanzen im Jahre 1878 relativ, d. h. mit Rücksicht auf die Angaben des Evaporimeters, mehr transpirirten als jene der Jahre 1879 und 1880, die viel grössere absolute Transpirationszahlen lieferten. Schon in der zweiten Publication habe ich hervorgehoben, dass die Versuchspflanzen des Jahres 1879 $1\frac{1}{2}$ —2mal so stark transpirirten, als jene des Jahres 1878, während die Evaporimeterangaben 1879 fast $2\frac{1}{2}$ mal so hoch waren, was offenbar zeigt, dass 1878 die Versuchspflanzen relativ stärker transpirirten.

Auffallender noch wird dieser Umstand, wenn man die Verhältnisszahlen zwischen den Angaben des Evaporimeters und den Transpirationsgrössen pro 100g Blattlufttrockengewicht¹⁾ der Versuchspflanzen für die drei einzelnen Versuchsperioden berechnet.

¹⁾ Es dürfte zweckmässig sein, an dieser Stelle auf einen Punkt aufmerksam zu machen, der bisher bei Umrechnungen von auf das Blattgewicht bezogenen Transpirationsresultaten auf Waldcomplexe etc., und namentlich beim Vergleiche von Nadelhölzern und Laubhölzern ausser Acht gelassen wurde, unter Umständen aber sehr in's Gewicht fallen kann. Er besteht darin, dass das Laubtrockengewicht an vergilbten, entleerten und schon im Abwurfungsprocesse befindlichen Blättern bestimmt wird, während das Trockengewicht der Nadeln gerade zu einer Zeit bestimmt wird, wo dieselben ganz mit Reservestoffen erfüllt sind. Es ist klar, dass die auf diese Weise gewonnenen Trockengewichtszahlen nicht mit einander vergleichbar, und vielleicht relativ um 20—30% von einander verschieden sind, d. h. dass die Trockengewichte der Laubblätter um 20—30% vergrössert werden müssen, um mit denen der Nadeln vergleichbar zu sein, mithin die Nadelhölzer doch relativ etwas stärker transpiriren als bisher errechnet. Wenn ferner das Laubgewicht eines Waldcomplexes aus dem eines mitleren Stammes, der in vollster Belaubung gefällt wird, bestimmt wird, so fällt es auch relativ, nämlich mit Rücksicht auf die Art der Bestimmung bei Transpirationsversuchen zu gross aus, und sind daher die für ganze Waldcomplexe von mir berechneten Wasserverbrauchsmengen eher zu gross als zu klein, und daher um so leichter mit den meteorologischen Factoren in Einklang zu bringen.

Die folgende Zusammenstellung bezieht sich auf die Zeiträume vom 14. Juni bis 10. October pro 1878, vom 1. Mai bis 31. October für 1879 und vom 1. April bis Ende October für das Jahr 1880²⁾.

1878.	Evapor. 202·9 ⁰ , Transpiration pro 100g Blattlufttrockengewicht:
	für alle Versuchspflanzen: 36.413 : 202·9 = 179
	„ die immergr. Coniferen: 3.714 : 202·9 = 18
	„ „ sommergrün. Hölzer: 41.188 : 202·9 = 203.
1879.	Evapor. 463·24 ⁰ , Transpiration pro 100g Blattlufttrockengewicht:
	für alle Versuchspflanzen: 63.820 : 463·24 = 137
	„ die immergr. Coniferen: 12.948 : 463·24 = 27
	„ „ sommergrün. Hölzer: 77.620 : 463·24 = 167.
1880.	Evapor. 556·3 ⁰ , Transpiration pro 100g Blattlufttrockengewicht:
	für alle Versuchspflanzen: 69.880 : 556·3 = 125
	„ die immergr. Coniferen: 11.307 : 556·3 = 20
	„ „ sommergrün. Hölzer: 82.520 : 556·3 = 148.

Wie man sieht, sind die Verhältnisszahlen pro 1878 am grössten, in dieser Versuchsperiode die Transpiration relativ am stärksten. Es ist zwar allerdings nicht zu übersehen, dass sich die Berechnung pro 1878 nur auf den wärmeren Theil der Vegetationsperiode bezieht, wo die Transpiration naturgemäss stärker ist, indessen sind die Verhältnisszahlen pro 1878 so auffallend grösser, als die der späteren Versuchsreihen, dass daraus der Schluss mindestens gestattet sein dürfte, dass 1878 die Transpiration relativ nicht geringer war als 1879 und 80. Wenn man in der That für einzelne Versuchspflanzen genau vergleichbare Zahlen aus dem pro 1878 und 1879 mitgetheilten Materiale auf einfache Weise berechnet, so erhält man eine geradezu frappirende Uebereinstimmung der Verhältnisszahlen. Ich habe dies z. B. für die Buche gethan, wo hinlänglich viele Einzelpflanzen zum Versuche kamen um verlässliche Zahlen erwarten zu lassen.

1878 transpirirten die Buchen vom 14. Juni bis 10. October 37.781 g pro 100g Blatttrockengewicht, 1879 in genau demselben Zeitraume 64.170g, die gleichzeitigen Evaporimeterangaben betragen 1878: 202·9, 1879: 330·7, woraus sich die Verhältnisszahlen berechnen, 1878: 186, 1879: 194. Da der Piche-Evaporimeter auf die Dauer kaum auf 5% genau ist, ja schon die Ablesungsfehler leicht grösser sind, so liegt der Unterschied zwischen diesen Verhältnisszahlen noch weit innerhalb der Beobachtungsfehlergrenze, und geht daraus zugleich hervor, dass die Pflanzen von 1878 ganz normal transpirirten, von den Coniferen abgesehen, über die ich mich indess schon in meiner zweiten Mittheilung näher ausgesprochen habe.

Aus dem Gesagten erhellt aber auch, dass der Piche-Evaporimeter ein vortreffliches Mass für den Wasserverbrauch der Pflanzen abgibt, wenn auch nicht erwartet werden kann, dass eine ganz scharfe Proportionalität zwischen den Evaporimeterangaben und den Transpirationsgrössen existirt, da die ersteren Resultate einfacher Wasserverdunstung, die letzteren physiologischer Functionen sind, die auch von Einflüssen getroffen werden, welche bei einer einfachen Wasserverdunstung ausser Spiel sind.

In erster Linie ist in dieser Beziehung hervorzuheben, dass die Pflanze eine Accommodationsfähigkeit mit Bezug auf die ihr zu Gebote stehenden Wassermengen, auf die Luftfeuchtigkeit, Temperatur, Besonnung und Beleuchtung, überhaupt in dem Sinne besitzt, dass sie den Einwirkungen dieser Factoren entgegenarbeitet. Eine aus dem Schatten in die

²⁾ Weil mir nur für diese Zeiträume genau correspondirende Evaporimeterangaben zur Verfügung stehen.

Sonne gebrachte Pflanze transpirirt anfänglich ungemein stark, aber schon nach einigen Tagen unter sonst ganz gleichen Umständen bedeutend schwächer, schwächer als selbst früher im Schatten. Es müssen daher in regenreichen Jahren oder feuchten Orten die Pflanzen relativ, das heisst im Vergleich zu einer freien Wasserfläche, mehr verdunsten, und andererseits wieder der Transpiration günstige Factoren-Veränderungen in der Pflanze erzeugen, die einer zu heftigen Verdunstung entgegenwirken. Bildlich gesprochen geht die Pflanze mit jenen Stoffen (z. B. Wasser), die von ihr in grosser Menge gefordert werden, haushälterisch um, und umgekehrt. Es ist daher nicht nur erklärlich, sondern schon von vorne herein zu erwarten, dass regenreiche Jahre relativ etwas grössere und absolut viel kleinere Transpirationszahlen liefern, wie meine Versuche in der That auf's schönste lehren.

Was Baur's¹⁾ Bemerkungen über meine Transpirationsversuche anbelangt, so beziehen sich dieselben nur auf meine erste Versuchsreihe. Sie sind daher zum Theile schon durch die Resultate der zweiten und dritten Versuchsreihe hinfällig geworden; zum Theile sind aber Baur's Einwendungen identisch mit denen Wollny's und daher schon durch das oben Gesagte widerlegt.

Wenn ferner Baur davor warnen möchte, meine Ergebnisse etwa für wirthschaftliche Massregeln direct zu verwerthen, so muthet er seinen Lesern sehr wenig Urtheilskraft und Kenntnisse zu. Niemandem wird eine solche directe, gedankenlose Anwendung einfallen, denn Jeder weiss, dass die Transpiration nur der eine von vielen Factoren ist, von denen das Gedeihen des Waldes abhängt. Dazu kommt aber noch, dass das Wasserbedürfniss eines Waldcomplexes nicht blos von der Transpiration pro 100 g Laubtrockengewicht, sondern auch von der Laubmasse abhängt, man also durch meine Versuche nur dann einen Multiplicator kennt. Es sind daher Baur's Schlüsse bezüglich der Birke und Eiche etc. ganz ohne Berechtigung und Grundlage. Auch die übrigen Bemerkungen, z. B. über die Art der Berechnung der Transpiration, über die ich mich ganz ausführlich schon in der ersten Arbeit ausgesprochen habe, u. s. w., zeigen nicht nur, dass der Referent meine Arbeit nicht genügend studirt hat, sondern auch, dass derselbe nicht die genügenden physiologischen Kenntnisse besitzt, um sie gehörig würdigen zu können.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass es mit Benützung des in meinen Arbeiten gelieferten Zahlenmaterials leicht ist, sich zu agrarmeteorologischen Zwecken für einzelne Fälle beliebige Verhältnisszahlen auszurechnen. Man wird es bei der Mannigfaltigkeit derselben begreiflich finden, wenn ich es für überflüssig hielt, dieselben hier ausführlich berechnet mitzutheilen.

¹⁾ „Forstwirthschaftliches Centralblatt“ XXV. Jahrg., 1881, p. 408.