

4340

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 Programmes¹⁾ 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 Frühjahr 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

¹⁾ 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 [Knop¹⁾ und Pfaff²⁾] 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 Gesammttranspiration 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 Gesammttranspiration von im Boden wurzelnden Pflanzen zogen (Knop z. Th., Unger³⁾ 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.

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

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

³⁾ „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 Wollny¹⁾. 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 Culturefässe 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

¹⁾ 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,¹⁾ 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.²⁾

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

¹⁾ 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. Höhnel (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.

²⁾ 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 Jahrbuch. f. wissenschaftl. Botanik 11. Bd. p. 337 ff.), Detmer (Wollny's Forschungen etc. Bd. I. Heft 2 und 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.¹⁾

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 $283.53 \square$ Ctm. berechnet. Es würden daher auf $1 \square$ 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.²⁾

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

1) 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 kohlensaurem Zinke, das in Form einer dünnen Kruste die Zinkblechwände bedeckte. Als nun die Töpfe, um die rasche Aufsaugung 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 trocken, 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 aufsaugen. 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.

2) 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 lufterfüllten 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 Hagel- schlag 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

Behüfe 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 geteilt 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 vor auszusehen, 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 Laubbölzer durch das Versetzen und die

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

Datum	Temperatur C° — 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	13.3	17.5	10.9	10.9	—	—	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	—	—	—	—	1.52	1.33	0.93	0.96	0.88	0.84	—	—				
13.	—	—	16.9	17.1	21.3	18.8	17.0	17.8	—	—	—	—	0.55	0.45	0.39	0.47	0.89	0.35	—	—				
14.	22.6	21.5	16.3	17.1	20.5	18.7	16.4	15.8	—	—	1.32	1.42	0.65	0.71	0.51	1.17	0.81	0.57	—	—				
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	0.82	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° C., bei den besonnenen Pflanzen 15.58°, der Unterschied also nur 0.13° 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 Versetzung¹⁾ 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.²⁾ 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 Verschliessung jedenfalls nicht absolut luftdicht sein konnte, ferner bei den ziemlich häufigen Begiessungen auch die Luft im Boden jedesmal mehr minder erneut 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 Gesamtblaubung 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

¹⁾ Die Nadeln waren schon weit entwickelt als diess geschah.

²⁾ Diesem Uebelstande kann leicht und wird bei Fortsetzung der Versuche abgeholfen werden.

über die Blattgrößen der Forstbäume¹⁾ 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 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 α 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 α 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: $500 : x = 100 : p$; 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 Gesammttranspirationsverlust. Da die Wägungen selbstverständlich nicht immer genau in denselben Tagesstunden ausgeführt werden konnten, so mussten die Gewichtsunterschiede 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 α p bei Nr. 4 und 18)

¹⁾ Siehe den letzten Abschnitt dieser Abhandlung.

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 Oberfläche von □ Ctm.	100 Grm. luft-trockene Blätter haben eine Oberfläche von □ Ctm.	1 □ M. Oberfläche entspricht Grm. luft-trockener Blätter	Auf 1000 Blätter kommt Transpiration vom Juni bis November in Grm.	Auf 100 Grm luft-trockene Blätter kommt Transpiration 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. 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
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 Piche¹⁾, 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 irrthümlich, diesem den Hauptantheil daran zuzuschreiben.

3. Regen. Einer der wesentlichsten Factors, 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

¹⁾ 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 Wiesner¹⁾ 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

¹⁾ 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 ^o ,	19·3 ^o ,	19·1 ^o ,	14·1 ^o ,	13·7 ^o ,	18·2 ^o ,	17·0 ^o ,	19·9 ^o ,	20·0 ^o ,	19·2 ^o ,	17·8 ^o ,	18·3 ^o ,	18·8 ^o C.
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.¹⁾

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

¹⁾ 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, variirte 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 Blattrockengewicht 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 betrugten.

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 notwendigen 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 Regenmengen 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 Regenmengen.
(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 1/2- 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 welch' 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 diess-bezüglichen 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 Blatttrockengewicht umgerechneten mittleren Transpirationsgrößen jener Versuchspflanzen, bei welchen mindestens zwei Exemplare¹⁾ 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

¹⁾ 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. und 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	
<hr/>		
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 Vierteltheil 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 Untersuchungen¹⁾ 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 (*pîns, pîns 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

¹⁾ 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 Mangel¹⁾ 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 grossem 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 indifferenter 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

¹⁾ 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 verwertbar 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 vorausszuschicken 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 300000×30 Kubikctm. d. h. 9000 Klg. 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 Bluthuche; 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		frischen	luft-trockenen
			gewichtetes berechnet			gewichtetes berechnet			
<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
	gewichtes 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. Ueberdiess 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 Lufttrockengewicht 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 Oberförstern 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 $\frac{10000}{600} = 16\cdot7 \text{ □M.}$ ergeben, was mir viel zu wenig scheint;

ich schätzte 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 Laublufdtrockengewicht etwa 40 Klg. Transpirationswasserverlust; der Topf

Nr. 28	transpirirte pro 100 Gramm Blattlufttrockengewicht	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,¹⁾ so ergibt sich pro Hektar eine Regenmenge von $100,000.000 \square \text{Ctm.} \times 30 = 3000,000.000 \text{ Kubikctm.} = 3,000.000 \text{ Klg. Wasser.}^2)$

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 Stangenbuchegehölze 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,

¹⁾ 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.

²⁾ 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 Luftrockengewicht 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 Luftrockengewicht, 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 verschiedenen 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.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Wien](#)

Jahr/Year: 1881

Band/Volume: [2_1881](#)

Autor(en)/Author(s): Höhnel Franz Xaver Rudolf Ritter von

Artikel/Article: [Über die Transpirationsgrößen der forstlichen Holzgewächse mit Beziehung auf die forstlich-meteorologischen Verhältnisse. 47-90](#)