© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Versuche

über die

Wasserverdunstung

auf besätem und unbesätem Boden.

Von

August Vogel.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Versuche über die Wasserverdunstung

auf

besätem und unbesätem Boden.

Von

August Vogel.

Die Wasserverdunstung durch die Vegetation, d. h. die Quantität der Verdunstung durch verschiedene Pflanzengattungen auf verschiedenen Bodenarten, ist für die Beurtheilung des vegetabilen Lebens von grosser Bedeutung. Wenn dessenungeachtet über diesen Gegenstand noch keine zahlreichen und erschöpfenden Versuche angestellt worden sind, so liegt die Erklärung darin, dass derartige Versuche gewissermassen doch immer nur allgemeine Anhaltspunkte und im Vergleiche richtige Resultate ergeben können, indem gerade hier mehr, als sonst irgendwo, es unvermeidlich ist, von den exakten im kleineren Maasstabe ausgeführten Versuchen auf die Verhältnisse im Grossen und Ganzen Schlüsse zu ziehen.

Zum Verständniss meiner über diesen Gegenstand ausgeführten Versuche erscheint es nothwendig, einiger einleitender Beobachtungen Erwähnung zu thun, welche zum Zwecke haben, den Unterschied der Wasserverdunstung verschiedener Bodenarten im Vergleiche zur Wasserverdunstung einer Wasseroberfläche festzustellen.

I.

Von einem bei 100° C. getrocknetem lockeren Torfpulver wurden 20 Grmm. in einem Becherglase mit 50 CC. Wasser benetzt, so dass

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

die Oberfläche des benetzten Torfes nur wenige Linien unter dem Rande des Becherglases stand. In einem zweiten Becherglase befanden sich 50 CC. Wasser, dessen Oberfläche ebenfalls nahezu den Rand des Glases berührte. Beide Gläser standen nebeneinander in einem Lokale von 15° bis 20° C. durchschnittlich. Der Versuch begann am 28. Februar und schloss am 10. März. Die Oberfläche beider Gläser war genau gleichgross und betrug 3,1□″.

In den 11 Versuchstagen waren von den 50 CC. Wasser durch den Torf 35,8 CC., von der Oberfläche des offenen Gefässes 17,3 CC. verdampft worden. Die Wasserverdampfung der Wasseroberfläche zur Wasserverdampfung des benetzten Torfes steht somit in dem Verhältniss von 100 : 206, — oder letztere beträgt etwas mehr, als das Doppelte der ersteren.

Selbstverständlich war in der zweiten Hälfte des Versuches der Abstand der Wasseroberfläche von dem Rande des offenen Gefässes wesentlich vermehrt worden, so dass also der Einfluss der Ventilation in diesem Falle bedeutend verringert sein musste und schon aus diesem Grunde sich eine geringere Verdunstung der Wasseroberfläche im Vergleiche zum benetzten Torfe, bei welchem dieses Verhältniss wenigstens nicht in dem Maasse eintreten konnte, voraussetzen liess. Hierin liegt überhaupt eine grosse Schwierigkeit der Beurtheilung der Wasserverdampfung bei derartigen Versuchen und der Umstand, dass dieser Faktor nicht immer die gehörige Berücksichtigung fand, dürfte wohl bisweilen die noch weit grösseren Differenzen, welche sich bei früheren Versuchen in dieser Richtung ergaben, zu erklären im Stande sein.

Von welchem Einflusse die Ventilation auf die Verdunstung ist, diess zeigt folgender Versuch, in welchem diese Bedingung bei verschiedenen Verdampfungsoberflächen möglichst gleichgestellt war. Hiezu dienten 3 ganz flache Porzellanschalen, in deren eine 25 CC. Wasser, in die 2. bei 100° C. getrockneter Thonboden, in die 3. bei 100° C. getrocknete schwarze Gartenerde gebracht worden war. Von den beiden Erden befanden sich in den 2 Porzellanschalen gleiche abgewogene Mengen, welche je mit 25 CC. Wasser benetzt wurden. Das Wasser war gänzlich in die Erde eingedrungen, so dass kein Wasser über den Erden stand. Die Oberflächen der 3 Schalen waren genau gleich gross. Die

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Schalen standen unmittelbar neben einander in einem Raume von 16° bis 22° C. Der Versuch umfasste 7 Tage. Als Resultat der einzelnen Wägungen ergibt sich die Verdampfung von der Wasseroberfläche zur Verdampfung von den beiden benetzten Erdoberflächen im Verhältnisse von 100 : 136. Die Unterschiede der Verdampfung sind somit bedeutend geringer in diesem Versuche, wobei eine grössere Uebereinstimmung der Ventilationseinwirkung hergestellt war, als in dem vorigen.

Um endlich die Bedingungen der Verdunstung einer Wasseroberfläche mit verschiedenen Erdoberflächen absolut gleich herzustellen, wurde noch folgender Versuch ausgeführt. Hiezu dienten 3 Glasflaschen von ganz gleichem Inhalte und gleich grossen Oeffnungen. Letztere betrug bei allen 15 Millimeter. In die eine der Flaschen Nr. I wurden 35 CC. Wasser eingemessen, in zwei anderen gleiche abgewogene Mengen Erde mit 35 CC. Wasser benetzt gebracht und zwar in Nr. II Thonboden, in Nr. III Gartenerde. Nach einem Vorversuche waren die Mengen der Erden gerade hinreichend, um die zugesetzte Wassermenge zu absorbiren, so dass also keine Wasseroberfläche über den Erden stand. Diese 3 Flaschen befanden sich in einem Lokale von 10° bis 12° C. offen nebeneinander stehend. Der Versuch umfasst 45 Tage. Die Verdampfung betrug bei:

Nr. I	(Wasser)	2,1	Grmm.
Nr. II	(benetzter Thonboden)	3,5	,,
Nr. III	(benetzte Gartenerde)	2,8	,,

Es ergibt sich hieraus, dass die Wasserverdampfung bei einer beschränkten Oberfläche überhaupt nur eine sehr geringe ist, dass indess doch ein Unterschied zwischen der Wasseroberfläche und den benetzten Erden bemerkbar wird. Die etwas vorwaltende Wasserverdampfung von Nr. II findet ihren Grund in dem Umstande, dass aus den im Thonboden ruhenden Keimen sich einige Pflanzen während dieser Zeit entwickelt hatten.

II.

Die im Folgenden zu beschreibenden Versuche beziehen sich auf zwei ganz verschiedene Erdarten, nämlich: 1. auf einen fetten Thonboden von gelblicher Farbe (Gegend von Straubing) 2. auf einen Kalk-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

und humusreichen Boden von schwarzer Farbe (Gegend zwischen Dachau und Schleisheim).

Die chemische Analyse, welche indess in ihren Specialitäten für die Frage der Wasserverdunstung nur von sekundärer Bedeutung sein kann, charakterisirte die erstere Erdart als ein Thonsilikat mit einem Gehalte von 70 proc. Kieselerde, Spuren von Kalk und Eisen, nebst einigen Procenten Phosphorsäure und Alkalien, die zweite Erdart als einen humusreichen Kalkboden. Die Erfahrung hat ersteren Boden als einen sehr fruchtbaren, den anderen als einen überaus unfruchtbaren, — nur für eine Haferernte geeigneten dargethan.

Es musste zunächst Aufgabe sein, die Unterschiede der Wasserverdunstung durch die Oberfläche dieser beiden Bodenarten auf das Genaueste kennen zu lernen. Zu dem Ende wurden 2 Blechkästen von gleichgrosser Oberfläche und Tiefe mit diesen Erden gefüllt und eine jede mit der für eine Vegetation geeigneten Wassermenge behandelt. Der Versuch umfasste 8 Tage ohne Begiessen, wobei beide Kästen in einem Lokale von 18^0 bis 22^0 C. nebeneinanderstanden. Als Resultat der einzelnen Wägungen, deren specielle Aufzählung ich hier übergehe, ergab sich, dass 1□' Thonboden in diesem Zeitraume 591 Grmm., d. i. 74 Grmm. per Tag, 1□' Kalkboden 680 Grmm. Wasser, d. i. 85 Grmm. per Tag verdunstete. Der Thonboden verdunstet somit in einer bestimmten Zeit ohne Zufuhr von Aussen weniger Wasser, als der Kalkboden und zwar in dem Verhältniss von 100 : 115. Bei der Annahme eines ursprünglich gleichgrossen Wassergehaltes beider Bodenarten ist daher der Thonboden nach 8 Tagen ohne Regen um ein Beträchtliches reicher an Wasser, als der Kalkboden, — ein Umstand, der für die Erklärung der grossen Differenzen in der Fruchtbarkeit beider Bodenarten als ein sehr wesentlicher Faktor zu betrachten sein dürfte.

Berechnet man die hier erhaltenen Resultate auf 1 Morgen Landes (40,000 □'), so würde ein Morgen Thonboden während 8 Tagen ohne Regen 23,640 Kilogrmm., ein Morgen Kalkboden 27,000 Kilogrmm. Wasser abgeben, natürlich unter Voraussetzung der beobachteten Temperatur.

Nachdem in dieser Art der Unterschied beider Erdarten in der Wasserverdunstung festgestellt war, erübrigte es noch, die Verschiedenheit

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

in der Wasserabsorption aus feuchter Luft durch die beiden Bodenarten kennen zu lernen. Zu dem Ende wurden 10 Grmm. von jeder der beiden Erden, nachdem sie durch künstliches Trocknen auf den gleichen Trockenheitsgrad gebracht worden waren, über eine Fläche von 25□ Centimeter auf Glasplatten gleichmässig ausgebreitet und sodann 3 Tage lang auf Glasdreifüssen unmittelbar über die Wasseroberfläche einer mit Wasser gesperrten Glasglocke gestellt. Die durch mehrmaliges Wägen der Erden gefundene Gewichtszunahme ergab die Mengen des absorbirten Wassers bei der im Raume herrschenden Temperatur.

I. Versuch, 3 Tage (17. bis 20. Dezember)
Mittlere Temperatur 18° C.
a) Thonboden, Wasseraufnahme 0,3 Grmm.
b) Kalkboden, „ 0,64 „

II. Versuch, 3 Tage (21. bis 24. Dezember)
Mittlere Temperatur 22° C.
a) Thonboden, Wasseraufnahme 0,52 Grmm.
b) Kalkboden, „ 0,93 „

III. Versuch, 3 Tage (7. bis 10. Januar)
Mittlere Temperatur 11° C.
a) Thonboden, Wasseraufnahme 0,19 Grmm.
b) Kalkboden, „ 0,37 „

Von welchem Einflusse die Flächenausbreitung auf die Wasseraufnahme ist, zeigt ein weiterer Versuch, wobei die gleiche Menge der Erden nicht in dünnen Schichten, sondern auf Uhrgläsern von 40 Millimeter Durchmesser sich unter denselben Verhältnissen wie in den oben beschriebenen Versuchen 4 Wochen bei der Durchschnittstemperatur von 16° C befanden. Die Wasserabsorption betrug in diesem Falle:

a) Thonboden 4,4 proc.
b) Kalkboden 8,1 „

Es war somit bei beschränkter Oberfläche in 4 Wochen durchaus keine verhältnissmässig grössere Menge Wassers absorbirt worden.

Man ersieht aus den mitgetheilten Beobachtungen, dass das Absorptionsvermögen des Kalkbodens das des Thonbodens durchschnittlich um etwas mehr als das Doppelte übersteigt, — allerdings nur eine

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

geringe Compensation für den Nachtheil, welcher dem Kalkboden aus der schnelleren Verdunstung des Wassers im Verhältniss zum Thonboden erwächst. Die grosse Uebereinstimmung, wie sie sich aus den augeführten Versuchszahlen ergibt, lässt immerhin eine bestimmte Gesetzmässigkeit der beiden Bodenarten in dieser Beziehung erkennen, so wie auch ein gewisser Zusammenhang der Wasseraufnahme mit der Temperatur bemerkbar ist, obschon der Einfluss letzterer auf die Wasserverdampfung weit geringer erscheint, als man erwarten sollte.

Endlich will ich noch einige Versuche erwähnen, welche über das Wasseraufsaugungsvermögen (Capillaranziehung) dieser Bodenarten angestellt worden sind.

Glasröhren von 100 Centimeter Länge, 2 Centimeter Höhe und 2 Centimeter Durchmesser, in ihrer ganzen Länge in Zehntel-Centimeter eingetheilt, wurden am unteren Ende mit feiner Leinwand verschlossen durch Darüberschieben eines genau passenden Messingringes, und unter gelindem Aufklopfen nach und nach mit den durch das gleiche Sieb geschlagenen trockenen Erden gefüllt. Die so vorgerichteten Glasrohre standen nun senkrecht vermittelst eines Halters befestigt mit ihrem unteren durch Leinwand verschlossenen Ende genau 15 Minuten in einem Gefässe mit Wasser. Nach dieser Zeit wurde die Höhe der aufgestiegenen Flüssigkeit abgelesen wie folgt:

a) Thonboden 15.
b) Kalkboden 19.

Zu einem Versuche in umgekehrter Weise, um das Eindringen der Feuchtigkeit von oben nach unten zu bestimmen, dienten unten geschlossene graduirte Glasrohre, auf gleiche Höhe mit den beiden Bodenarten gefüllt. Das Aufgiessen von 10 CC. Wasser geschah mittelst einer Pipette. Nachdem beide Rohre gleich lange Zeit in senkrechter Stellung gestanden hatten, wurde der Punkt, bis auf welchen das Wasser eingedrungen, abgelesen. Als Resultat wiederholter Versuche ergab sich, dass das Eindringen des Wassers in den Thonboden und in den Kalkboden im Verhältniss von 4,4 : 8,1 steht.

Auch in diesen Verhältnissen ist ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Bodenarten nicht zu verkennen.

Zur Bestimmung der Wasserabsorptionskraft beider Erden durch

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Benetzen bediente ich mich viereckiger Zinkkästen, 17 Centimeter hoch und im quadratförmigen Durchmesser 2,5 Centimeter weit, deren siebförmiger Boden abgenommen werden kann, um ihn mit einem feinen befeuchteten Leinwandstück zu bedecken. Nachdem der Apparat gewogen, wurden die getrockneten und gesiebten Bodenarten partieenweise in die Zinkkästchen gebracht und jedesmal durch gelindes Aufklopfen ein dichtes und gleichförmiges Zusammensitzen der Bodentheilchen bewirkt, bis zuletzt das ganze Kästchen mit Erde angefüllt war. Man stellte nun die Apparate mit dem siebförmigen Boden in Wasser und liess die Erden von unten auf sich vollsaugen, bis nach mehrmaligen Wägen nur höchst unbedeutende Gewichtsdifferenzen zu bemerken waren. Als Resultat zahlreicher sehr nahe übereinstimmender Versuche ergab sich, dass der Thonboden 64,2 proc., der Kalkboden 32,4 proc. Wasser absorbirt.

III.

Nach dieser allgemeinen Charakteristik des Thon- und Kalkbodens gehe ich auf die Versuche über, welche den Vergleich der Wasserverdunstung auf besätem und unbesätem Boden zum Gegenstande haben.

Vier Blechkästen von gleichgrosser Oberfläche und Tiefe waren, — 2 mit Thonboden, 2 andere mit Kalkboden gefüllt worden; durch ein länger fortgesetztes Trocknen bei 100° C. befanden sich beide Erden genau im gleichen Trockenheitsgrade. Das Benetzen der Erden in jedem der Kästen geschah durch Zusatz von 80 CC. Wasser, wodurch der normale Zustand für die Vegetation der Kresse, welche zunächst als Versuchsmaterial verwendet wurde, hergestellt war. Am 20. Februar wurde der eine mit Thonboden und der eine mit Kalkboden gefüllte Kasten mit gleichen Mengen abgewogener Kressensamen gleichmässig besät und alle 4 Kästen gewogen. Die 4 Kästen standen während der Versuchsperiode, welche 28 Tage umfasste, nebeneinander in einem Lokale von durchschnittlich 16° bis 23° C. Temperatur. Am 24. Februar war der Keimprozess vollendet, am 20. März hatten die Pflanzen durchschnittlich 4″ bis 5″ Höhe erreicht. Jeder Kasten hatte vom 20. Februar bis 20. März in

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

einzelnen gleichmässigen Gaben 400 CC. Wasser erhalten, d. i. per Tag 14,3 Grmm.

Als Resultat der am 20. März vorgenommenen Wägung ergibt sich, dass in den 28 Versuchstagen nicht nur die 400 CC. zugesetzten Wassers gänzlich verdampft worden, sondern auch theilweise die ursprünglich zur Befeuchtung verwendeten 80 CC. Wasser. Die Verdampfung des mit Vegetation bedeckten Bodens ist in beiden Fällen grösser, als die des unbesäten Bodens und zwar beim Kalkboden (die Verdampfungsmenge des unbesäten Bodens = 100 gesetzt) im Verhältniss von 100 : 116, beim Thonboden (die Verdampfungsmenge des unbesäten Bodens = 100 gesetzt) im Verhältniss von 100 : 111.

Vergleicht man die Wasserverdampfungsmenge per 24 Stunden mit der während 24 Stunden erhaltenen Wassermenge, so ergibt sich, dass in allen 4 Versuchen die Menge des verdampften Wassers grösser war, als die des erhaltenen und zwar beim besäten Kalkboden um 2,4, beim unbesäten Kalkboden um 2,0, beim besäten Thonboden um 2,0, beim unbesäten Thonboden um 1,8, und dass daher die Verdampfung des besäten Bodens die des vegetationslosen in dem angegebenen Verhältnisse übersteigt.

Nachdem durch die bisherigen Mittheilungen der Unterschied der Wasserverdampfung zwischen verschiedenen Bodenarten, sowie zwischen besätem und vegetationslosem Boden dargethan worden, versuchte ich es, noch den Unterschied in dieser Beziehung zwischen verschiedenen Pflanzengattungen zu zeigen. Hiezu wurden 5 Topfgewächse gewählt: I. Pelagonium zonale, II. Pelagonium odoratissimum, III. Reseda odorata, IV. Sedum Syboldi, V. Aloë arborea. Diese 5 Pflanzen befanden sich in hölzerne mit dünnem Zinkblech überzogene Kästen mit gewöhnlicher Gartenerde gefüllt eingesetzt, in einem 6. Kasten befand sich zur vergleichenden Beobachtung dieselbe Erde ohne Pflanze. Die Erde hatte in allen 6 Versuchen ursprünglich denselben Feuchtigkeitsgrad. Der Versuch umfasste 30 Tage, während welcher Zeit die 6 Kästen sich unter ganz gleichen Verhältnissen in einem Lokale von 16° bis 23° C. aufgestellt befanden. Die Kästen waren sämmtlich von gleichem Umfange und zwar jeder von 1358□'' Oberfläche und 1' Tiefe. Die Vegetations-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

oberfläche ergab sich nach vorgenommener Messung in den 5 Versuchen durchschnittlich von gleicher Grösse, so viel diess ihrer Natur nach bei so verschiedenen Pflanzenspecien überhaupt möglich erscheint. Jedenfalls war mit Ausnahme von Nr. V, Aloë arborea, die gesammte Oberfläche mit einer Vegetationsschichte bedeckt.

Während der 30 Versuchstage hatte jeder Kasten in verschiedenen gleichmässigen Gaben 1700 CC., d. i. 56 CC. Wasser per Tag erhalten. Die Gewichtsdifferenz zwischen der Wägung sämmtlicher Kästen vom 29. Januar und 28. Februar ergab, dass nicht nur die 5 Pflanzen, sondern auch die Erdoberfläche ohne Pflanze mehr Wasser verdampft haben, als während dieser 30 Tage zugesetzt worden ist, so dass also der Boden ungeachtet des Wasserzusatzes von 1700 CC. trockner geworden sein muss, als er ursprünglich beim Beginne des Versuches gewesen, wenn man nicht annehmen will, dass sowohl Pflanze als Boden aus der Atmosphäre Wasser aufgenommen habe. Ferner ergibt sich, dass die Wasserverdampfungsmengen in allen Fällen durch die Vegetation, im Vergleiche zur Wasserverdampfungsmenge des Bodens allein, wesentlich vermehrt worden war. Setzen wir die Wasserverdampfung des vegetationslosen Bodens = 100, so ergibt sich, das Wasserverdampfungsverhältniss der einzelnen Pflanzen wie folgt:

I. 100 : 142. II. 100 : 183. III. 100 : 140.
IV. 100 : 157. V. 100 : 264.

Vergleicht man den durchschnittlichen Wasserverlust für 24 Stunden mit dem täglichen Wasserzusatz, so ergibt sich dass alle Kästen täglich mehr Wasser verdampften, als sie erhalten hatten und zwar:

I.	mehr	um	4,4	Grmm.
II.	„	„	5,7	„
III.	„	„	3,4	„
IV.	„	„	3,9	„
V.	„	„	8,1	„
VI.	„	„	3,1	„

Endlich zeigt diese Versuchsreihe noch, dass die Natur der Pflanzenspecies auf die Menge des verdampften Wassers von grösstem Einflusse ist. Vergleicht man z. B. Nr. V mit Nr. III, so ergibt sich die Wasser-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

verdampfung bei Nr. V fast doppelt so gross, als bei Nr. III, nämlich in dem Verhältnisse von 66 : 35.

Es ist hier der Ort, nachträglich noch eines Versuches zu erwähnen, welcher zum Zwecke hatte, die Menge des verdampften Wassers auf besätem und unbesätem Boden durch Messung zu bestimmen. Zwei Gläser von gleichem Inhalte und gleicher Grösse wurden mit zwei nach unten tellerförmig ausgebogenen Drahtgittern bedeckt. Jedes der beiden Drahtgitter war mit 35 Grmm. trocknen Torfpulvers bestreut und auf letzteres so viel destillirtes Wasser aufgegossen worden, bis die Wasseroberfläche im untenstehenden Gefässe das Drahtgitter berührte. Die abgelaufene Menge betrug in jedem der beiden Gläser 350 CC. Das eine Drahtgitter wurde mit Kressensamen besät. Nach 6 Tagen hatten sich 21 Pflanzen entwickelt, deren Wurzeln durch das Gitter hindurchgedrungen mit dem Wasser in Berührung standen. Der Versuch hatte am 10. März begonnen; am 18. April, da die Pflanzen keine weitere Entwicklung zeigten, wurde das Wasser gemessen. Die Wassermenge betrug:

I. Unbesäter Boden 291 CC.
II. Besäter Boden 278 „

Hieraus ergibt sich die Menge des verdampften Wassers:

I. Unbesäter Boden 59 CC.
II. Besäter Boden 72 „

Es ist aus diesen Zahlen ersichtlich, dass die Wasserverdampfung des mit Vegetation bedeckten Torfbodens grösser ist, als die des unbesäten und zwar (die Verdampfungsmenge des unbesäten Bodens = 100 gesetzt) in Verhältnisse von 100 : 121, was mit dem S. 328 beschriebenen Versuche (100 : 116) ziemlich nahe übereinstimmt.

IV.

Zu den folgenden Versuchen, resp. Vegetations-Wasserverdunstungsversuchen, wurden die beiden S. 323 näher bezeichneten Bodenarten, nämlich ein fetter Thonboden und ein humusreicher Kalkboden verwendet. Nachdem beide Bodenarten mehrere Wochen künstlich getrocknet worden waren, ergab die Wasserbestimmung des Thonbodens 5 proc., des Kalk-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

bodens 7 proc. Die Masse der beiden Erdarten wurde hierauf, jede für sich in einem geräumigen Gefässe, vor dem Einfüllen in die einzelnen Kästen mit einer entsprechenden Menge Wassers benetzt, um den Bodenraum in den Zustand eines gewöhnlichen fruchtbaren Ackers zu versetzen. In diesem für die Vegetation vorbereiteten Zustande enthielt der Thonboden 55 proc., der Kalkboden 57 proc. Wasser. Die Erden wurden nun gleichmässig in 12 mit Zinkblech ausgeschlagenen Holzkästen von gleicher Grösse, nämlich von 1□' Oberfläche und 1' Tiefe, vertheilt und mit der gleichen Menge Samen besät. Dieser Versuch umfasste folgende Pflanzengattungen: I. Weizen, II. Roggen, III. Hafer, IV. Gerste, V. Klee. Die Körner waren aus einer grösseren Menge Samen ausgesucht und bei der Aussaat das Verhältniss der im Betriebe grösseren landwirthschaftlichen üblichen Menge, nämlich 1 Schäffel (2 bis 3 Centner) auf 1 Tagwerk (40,000□') eingehalten worden. Auf jeden Kasten waren daher von den Cerealien à 2,5 Grmm. gesät worden, von dem Kleesamen die doppelte Menge. Die Aussaat war am 21. April 1866 vorgenommen worden. Das Begiessen geschah mit destillirtem Wasser und zwar nach Bedürfniss jeden Tag oder nach 2 bis 3 Tagen. Die Menge des Begiessungswassers war, um eine möglichste Gleichmässigkeit zu erzielen, für jeden Kasten stets dieselbe und wurde jedesmal notirt. Es ergab sich hieraus, wie viel Wasser eine Pflanzengattung in einer Vegetationsperiode erhalten hatte und durch die von Zeit zu Zeit vorgenommenen Wägungen die Verdunstung des Wassers in jedem einzelnen Falle. Die Angaben der mittleren Temperatur sind das Resultat von drei, täglich Morgens, Mittags und Abends, angestellten Beobachtungen.

Ich kann nicht umhin, zu bemerken, dass ich es auf Grund sehr zahlreicher früherer Versuche[1]) in dieser und ähnlicher Richtung geradezu für unmöglich halte, bei Vegetationsversuchen in kleinerem Maassstabe, bei theilweise geschlossenem Raume, — sie mögen mit noch so grosser Sorgfalt angestellt sein, — der Vegetation, der Cerealien wenigstens, normale Bedingungen zu erzielen. Bei derartigen künstlichen Vegetationsversuchen wird es nie gelingen, den Einfluss der Ventilation, der

1) Die Aufnahme der Kieselerde durch Vegetabilien. 1866.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Witterung und Insolation den natürlichen Verhältnissen auf freiem Felde ganz gleich zu stellen. Diess hat sich denn auch im Erfolge dieser Versuche herausgestellt. Bei den Cerealien zeigte sich zwar eine ziemlich üppige Aehrenbildung, aber ein wirklicher Körnerertrag im Sinne einer den landwirthschaftlichen Begriffen entsprechenden Ernte konnte nicht erzielt werden. Von Anfang August begannen die Spitzen der die Aehren begleitenden Blätter gelb zu werden und zu vertrocknen, so dass von einer ferneren Aufnahme von Nahrungsstoffen aus dem Boden durch Vermittlung des Wassers, so wie überhaupt von einer weiteren lebendigen Entwicklung nicht mehr die Rede sein konnte. Besonders die Kleepflanzen, obwohl nicht geradezu vertrocknet, zeigten schon von Mitte Juli an keine weitere Entwicklung und begannen gelb zu werden. In wiefern ein von der völlig gesunden Entwicklung in mancher Hinsicht etwas abweichender Zustand der hier verwendeten Pflanzen auf die Menge der Wasserverdunstung von Einfluss sein könnte, möchte wohl schwierig auf experimentellem Wege zu entscheiden sein. Von theoretischer Seite aus betrachtet würde aller Wahrscheinlichkeit nach die Wasserverdunstung bei völlig normaler Entwicklung der Pflanze, wie sie meiner Ansicht nach nur im Freien stattfinden kann, etwas bedeutender ausfallen dürfen.

Vor der Mittheilung der erhaltenen Versuchszahlen in tabellarischer Form mögen nur noch einige Bemerkungen über die Entwicklungserscheinungen der einzelnen Pflanzen vorausgeschickt werden.

Am 23. April hatte der Klee zu keimen begonnen, am 5. Mai waren die Pflanzen vollständig entwickelt, indess kaum 2'' hoch. Eine vollkommen normale üppige Entwicklung war aber während der ganzen Vegetationsperiode mit dem Klee nicht zu erzielen, wahrscheinlich weil die Aussaat nach dem oben angegebenen Verhältniss, 5,0 Grmm. auf den □', für diese Kleesorte etwas zu dicht stattgefunden hatte. Die Blätter waren weit kleiner, als bei natürlich im Freien gewachsenem Klee. Hieraus erklärt sich wohl auch die verhältnissmässig geringe Wasserverdunstung.

Die Keimentwicklung der 4 Cerealien lag mit ganz geringen Unterschieden zwischen dem 28. April und 2. Mai. Am 8. Mai hatten die Pflanzen im Durchschnitte sämmtlich eine Höhe von $^1/_2$' erreicht.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Der leichteren Uebersicht wegen sind die Resultate der einzelnen Wägungen auf den Wasserverlust von 24 Stunden in Grammen berechnet und in der folgenden Tabelle A zusammengestellt worden.

Tabelle A.

Mittlere Wasserverdunstung von 1□′ für 24 Stunden in Grammen.

	I.		II.		III.		IV.	
	21. April bis 18. Mai Mittlere Temperatur 11,2° C.		18. Mai bis 14. Juni Mittlere Temperatur 15° C.		14. Juni bis 6. Juli Mittlere Temperatur 18° C.		6. Juli bis 6. August Mittlere Temperatur 16,2° C.	
	A. Thon-boden.	B. Kalk-boden.	A. Thon-boden.	B. Kalk-boden.	A. Thon-boden.	B. Kalk-boden.	A. Thon-boden.	B. Kalk-boden.
1) Unbesäter Boden	55	57	64	68	73	82	70	75
2) Klee	75	86	168	198	210	219	212	217
3) Hafer	109	114	189	198	225	230	277	301
4) Weizen . . .	103	112	186	195	221	225	271	296
5) Roggen . . .	98	110	182	190	216	222	259	290
6) Gerste . . .	100	110	180	187	218	223	236	291

In der folgenden Tabelle B findet sich die in 108 Vegetationstagen verdampfte Wassermenge eines □′ der besäten und unbesäten Bodenarten zusammengestellt.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Tabelle B.

Wasserverdunstung von 1□′ für 108 Vegetationstage in Grammen.
Mittlere Temperatur vom 21. April bis 6. August: 15,2° C.

	A. Thonboden.	B. Kalkboden.
1) Unbesäter Boden .	7044	7561
2) Klee	17828	19299
3) Hafer	21692	22919
4) Weizen	20169	22627
5) Roggen	20439	22084
6) Gerste	19772	22056

Endlich ist noch in Tabelle C die für 1□′ in den Versuchen gefundene Wasserverdunstung für 1 Morgen (40,000□′) in Litern berechnet worden.

Tabelle C.

Wasserverdunstung von 1 Morg. (40,000□′) für 108 Vegetationstage in Litern.
Mittlere Temperatur vom 21. April bis 6. August: 15,2° C.

	A. Thonboden.	B. Kalkboden.
1) Unbesäter Boden .	280,000	300,000
2) Klee	712,000	772,000
3) Hafer	860,000	920,000
4) Weizen	804,000	900,000
5) Roggen	816,000	880,000
6) Gerste	788,000	880,000

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Als Resultat dieser Versuchsreihe ergibt sich zunächst, dass in der Wasserverdunstung zwischen den 4 Cerealien: Hafer, Weizen, Roggen, Gerste, kein wesentlicher Unterschied stattfinde. Hafer ist offenbar unter den hier zum Versuche verwendeten Pflanzen diejenige, welche am meisten Wasser verdampft, daher am meisten Feuchtigkeit bedarf. Durch alle Versuche, ohne Ausnahme, ist ersichtlich, dass die Verdampfung von dem Kalkboden aus geringer ist, als vom Thonboden, wie diess schon früher S. 324 gezeigt worden ist. Dass das Verhältniss der Wasserverdampfungsunterschiede in beiden Versuchsreihen nicht genau übereinstimmt, findet wohl darin seine Erklärung, dass die erste Versuchsreihe bei einer weit höheren Durchschnittstemperatur, als letztere vorgenommen worden ist. Was endlich den Klee anbelangt, so glaube ich, wie schon oben bemerkt, dass bei seiner in diesem Versuche von dem normalen Zustande abweichenden Entwicklung die gefundenen Versuchszahlen zu niedrig sind und daher kein klares Bild von der Wasserverdampfung, resp. von dem Wasserbedarfe eines Kleefeldes im Vergleiche zu einem mit Cerealien besäten Acker zu liefern im Stande sind.

Berechnet man mit Zugrundelegung der für die 4 Cerealien erhaltenen Versuchszahlen (3, 4, 5, 6, Tabelle C) die durchschnittliche Wasserverdunstung in 108 Vegetationstagen eines Morgens auf die Wasserverdunstung eines □′ mit Cerealien bewachsenen Landes, so ergibt sich:

A.	B.
Thonboden	Kalkboden
20,4 Liter	22,4 Liter

d. h. 1□′ Thonboden mit Cerealien bewachsen, bedarf täglich 188 Grmm. Wasser, 1□′ Kalkboden mit Cerealien bewachsen, bedarf täglich 207 Grmm. Wasser.

Ich kann diese aus meinen Versuchen gezogenen Resultate nicht verlassen, ohne zum Schlusse eine Bestätigung, welche ihrer Richtigkeit von einer ganz anderen Seite zu Theil geworden, hier noch anzuführen. Nachdem nämlich die Versuchsreihe abgeschlossen war, versuchte ich es, von rein praktischer Seite über diesen Gegenstand einigermassen Aufschluss zu erhalten und benützte dazu die Erfahrung eines im landwirthschaftlichen Betriebe ergrauten durch Intelligenz ausgezeichneten Vorarbeiters eines Landgutes. Auf die gestellte Frage, wie viel nach

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

seiner Meinung ein mit Cerealien bebauter Acker zum Gedeihen Wasser bedürfe, bat er sich einige Tage Bedenkzeit aus und kam dann mit der ganz bestimmten und entschiedenen Antwort hervor, „dass auf 20□' Vegetationsland zum guten Wachsen (wie er sich ausdrückte) täglich 3 bis 4 Liter Wasser treffen dürften.“ Diess entspricht insoferne meinen Versuchen, als nach denselben für 20□' Thonboden mit Cerealien bewachsen 3,76 Liter, auf 20□' Kalkboden mit Cerealien bewachsen 4,14 Liter täglich kommen. Da der Befragte von den Resultaten meiner Versuche, weder Kenntniss noch Verständniss hatte, so gereichte es mir zur überraschenden Genugthuung, eine solche gewiss nicht zufällige Uebereinstimmung meiner Resultate mit einer mehr als fünfzigjährigen Erfahrung zu finden.

Als Ergänzung zu dieser Versuchsreihe will ich noch einer Beobachtung Erwähnung thun, welche nach meinem Dafürhalten zur Aufklärung der Wasserverdampfungsfrage durch Vegetabilien einen Beitrag zu liefern im Stande ist.

Drei zusammenhängende Haferpflanzen $1\frac{1}{2}$' hoch auf freiem Felde gewachsen, wurden mit den Wurzeln und der daranhaftenden Erde in eine zur Hälfte mit Wasser gefüllte Flasche gebracht und deren enge Oeffnung um die herausragenden Pflanzen herum mit Baumwolle möglichst hermetisch verstopft. Die Flasche mit den Pflanzen stand am offenen Fenster vom 2. bis 18. Mai. Die mittlere Temperatur betrug während dieser Zeit 14^0 C. Die Wägung geschah täglich des Morgens und es ergab sich eine durch Wasserverdunstung bedingte Gewichtsabnahme in den 16 Versuchstagen von 57,6 Grmm., d. i. für eine Haferpflanze 1,46 Grmm. durchschnittlich in 24 Stunden. Am 11. Mai war an den drei Pflanzen vollkommene Aehrenbildung eingetreten, am 18. Mai zeigte sich an den Spitzen Vertrocknung, weshalb der Versuch nicht weiter fortgesetzt werden konnte. Es ergibt sich indess hieraus, dass die einzelne Haferpflanze während der Periode der Aehrenbildung täglich ungefähr 1,4 Grmm. Wasser verdunstet. Nach zahlreichen Untersuchungen stehen auf 1□' Feld circa 100 Haferpflanzen, welche somit per Tag 140 Grmm. verdampfen würden oder per Morgen in 108 Vegetationstagen 604,800 Liter, in runder Zahl 600,000 Liter. Diess stimmt mit den früher mitgetheilten Versuchen sehr nahe überein, nach welchen 8

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

bis 900,000 Liter sich ergeben haben. Aus der S. 323 aufgeführten Versuchsreihe geht hervor, dass die Wasserverdampfung aus einem Gefässe mit verhältnissmässig kleiner Oeffnung verschwindend gering ist; da nun überdiess hier die von den Pflanzen gelassenen Zwischenräume möglichst verschlossen waren, so dürfte wohl die gefundene Zahl der Wasserverdunstung ausschliesslich auf Rechnung der lebenden Pflanze zu schreiben sein. Das Plus der Mehrverdampfung in der Versuchsreihe S. 329 erklärt sich offenbar aus der von den vegetationslosen Bodenräumen ausgehenden Verdampfung. Die Tabelle A. S. 333 zeigt, dass die Wasserverdampfung in den einzelnen Vegetationsperioden eine etwas verschiedene ist. Somit kann es eigentlich nicht mit vollem Rechte gestattet sein, die einzelne Vegetationsperiode (2. bis 18. Mai) der Berechnung von 108 Versuchstagen zu Grunde zu legen. Ich habe desshalb im darauffolgenden Jahre die Versuche in der Art wiederholt, dass die 4 Cerealien zu drei verschiedenen gleichzeitlichen Perioden aus dem Boden genommen und in enghalsigen Gefässen mit Wasser der Beobachtung unterstellt wurden; die einzelne Beobachtungsperiode wurde stets so lange ausgedehnt, bis die im Wassergefässe befindliche Pflanze hinter der im Freien stehenden Vegetation wesentlich und übereinstimmend zurückgeblieben war. Die Fortsetzung des Versuches geschah alsdann mit neuen, dem Boden entnommenen, im Freien gewachsenen Pflanzen, die zum Versuche dienenden Pflanzen waren nahegelegenen Ackerfeldern entnommen.

In der folgenden Tabelle finden sich die Resultate der einzelnen Wägungen zusammengestellt.

Tabelle D. **Wasserverdampfung der einzelnen Pflanze.**

A. Hafer.

I.	II.	III.	
6 Pflanzen	3 Pflanzen	4 Pflanzen	Wasserverdampfung einer Haferpflanze in einer Vegetationsperiode von 70 Tagen: 72,42 Grmm.
6. Mai bis 2. Juni 117,6 Grmm.	2. Juni bis 18. Juni 74,46 Grmm.	18. Juni bis 12 Juli 92,0 Grmm.	
1 Pflanze per Tag 0,7 Grmm.	1 Pflanze per Tag 1,46 Grmm.	1 Pflanze per Tag 1,12 Grmm.	Wasserverdampfung eines Morgens Haferfeldes: 290,000 Liter.
1 Pflanze in 28 Tg. 19,6 Grmm.	1 Pflanze in 17 Tg. 24,82 Grmm.	1 Pflanze in 25 Tg. 28,0 Grmm.	

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

B. Weizen.

I.	II.	III.	
5 Pflanzen 105,0 Grmm.	3 Pflanzen 66,3 Grmm.	2 Pflanzen 54,5 Grmm.	Wasserverdampfung einer Weizenpflanze in einer Vegetationsperiode von 70 Tagen: 68,5 Grmm.
1 Pflanze per Tag 0,65 Grmm.	1 Pflanze per Tag 1,3 Grmm.	1 Pflanze per Tag 1,09 Grmm.	Wasserverdampfung eines Morgens Weizenfeldes: 277,000 Liter.
1 Pflanze in 28 Tg. 19,2 Grmm.	1 Pflanze in 17 Tg. 22,1 Grmm.	1 Pflanze in 25 Tg. 27,2 Grmm.	

C. Roggen.

I.	II.	III.	
4 Pflanzen 71,68 Grmm.	3 Pflanzen 65,6 Grmm.	3 Pflanzen 82,5 Grmm.	Wasserverdampfung einer Roggenpflanze in einer Vegetationsperiode von 70 Tagen: 66,17 Grmm.
1 Pflanze per Tag 0,61 Grmm.	1 Pflanze per Tag 1,27 Grmm.	1 Pflanze per Tag 1,1 Grmm.	Wasserverdampfung eines Morgens Roggenfeldes: 260,000 Liter.
1 Pflanze in 28 Tg. 17,08 Grmm.	1 Pflanze in 17 Tg. 21,59 Grmm.	1 Pflanze in 25 Tg. 27,5 Grmm.	

D. Gerste.

I.	II.	III.	
5 Pflanzen 87,12 Grmm.	3 Pflanzen 63,75 Grmm.	3 Pflanzen 71,25 Grmm.	Wasserverdampfung einer Gerstenpflanze in einer Vegetationsperiode von 70 Tagen: 62,4 Grmm.
1 Pflanze per Tag 0,6 Grmm.	1 Pflanze per Tag 1,25 Grmm.	1 Pflanze per Tag 0,95 Grmm.	Wasserverdampfung eines Morgens Gerstenfeldes: 250,000 Liter.
1 Pflanze in 28 Tg. 17,4 Grmm.	1 Pflanze in 17 Tg. 21,25 Grmm.	1 Pflanze in 25 Tg. 23,75 Grmm.	

Man erkennt zunächst aus dieser Zusammenstellung der Versuchszahlen, dass die Zugrundelegung der für eine einzelne kürzere Vegetationsperiode gefundenen Wasserverdampfungsmenge wie diess S. 336 (2. bis 18. Mai) geschehen ist, etwas zu hohe Resultate ergibt; es war entschieden nothwendig, die Beobachtungen über eine längere Vegetationsperiode und zwar stets mit erneuten Pflanzen auszudehnen, wie diess in

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

der zuletzt beschriebenen Versuchsreihe stattgefunden hat. In dieser Weise aber gewährt nach meinem Dafürhalten der Versuch ein anschauliches Bild von der durch die Pflanze selbst mit Ausschluss des Bodens bewirkten Wasserverdampfung.

Ferner ergibt sich aus der Betrachtung der Resultate, dass zwischen den Cerealien in Betreff der Wasserverdampfung allerdings ein Unterschied, wenn auch kein wesentlicher stattfindet, wie diess zum Theil bereits die S. 335 zusammengestellten Versuche gezeigt haben. Bei der Berechnung der Wasserverdampfung auf einen Morgen Getreidefeld musste natürlich von einer bestimmten Anzahl Pflanzen auf 1□′ ausgegangen werden. Für Hafer kann ich, wie schon oben angegeben, mit ziemlicher Bestimmtheit die auf 1□′ stehende Pflanzenmenge durchschnittlich auf meinen Beobachtungsfeldern wenigstens nur mit geringen Schwankungen zu 100 festsetzen; das Gleiche ist der Fall mit Gerste. Weizen und Roggen dagegen dürften bei gleicher Aussaat wohl etwas dichter stehen, da bekanntlich das Weizenkorn 6 bis 7 Halme, das Haferkorn 3, niemals über 4 Halme treibt. Da aber bei der Aussaat diesen Verhältnissen in der landwirthschaftlichen Praxis Rechnung getragen wird, so dürfte bei der Annahme von 100 Pflanzen per □′ auch für die übrigen Cerealien keine wesentliche Abweichung von der Wahrheit im Allgemeinen bedingt werden. Selbstverständlich können diese Zahlenangaben nur als Anhaltspunkte für die Praxis im grösseren Maasstabe dienen unter der Voraussetzung einer verhältnissmässig gleichdichten Bestellung des Feldes, wie denn überhaupt letztere Angaben sich speciell auf meine Versuchsfelder beziehen.

Endlich ist es auch noch versucht worden, die Wasserverdampfung des Laub- und Nadelholzes nach dieser Weise in den Kreis der Beobachtung zu ziehen. Nach zahlreichen Erfahrungen in dieser Richtung scheint es keinen anderen Weg zu geben, als einen einzelnen Baum mit der Wurzel und einer bestimmten Blätter- oder Aesteanzahl zum Gegenstande der Beobachtung zu machen, um von hier aus auf eine grössere Waldstrecke wenigstens einen annähernden Schluss zu ziehen. Allerdings können der Natur der Sache nach nur verhältnissmässig kleine Bäume von geringem Umfange hiezu angewendet werden, dafür gestattet aber auch dieses Verfahren absolut genaue Wägungen, so dass der Fehler

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

nur auf der Uebertragung dieser Verhältnisse auf den grösseren Maasstab beruhen kann. Zugleich ist die Verdampfung des Bodens nach dieser Methode gänzlich ausgeschlossen; die gefundenen Resultate beziehen sich somit nur auf die von den Blättern, im anderen Falle von den Nadeln ausgehende Wasserverdampfung. Endlich ist nach dieser Untersuchungsweise auch noch ein öfterer Wechsel des Baumes gestattet, so dass also die Beobachtung sich nicht nur auf wenige Wochen, sondern auf längere Vegetationsperioden des im frischen Zustande befindlichen Untersuchungsobjektes erstrecken.

Zum Gegenstande der Beobachtung sind die beiden Hauptrepräsentanten des Laub- und Nadelholzes, — die Buche (Fagus sylvatica) und die Fichte (Abies excelsa) — gewählt worden. Was die Ausführung des Versuches selbst betrifft, so fand diese ganz nach dem S. 336 mitgetheilten Verfahren statt, welches bei Beobachtung der einzelnen Cerealienpflanzen versucht worden war. Die frisch dem Walde entnommenen Bäume wurden mit der Wurzel und anhängender Erde in eine Flasche gebracht, deren Boden mit derselben Walderde und Wasser bedeckt war. Der Verschluss der Mündung geschah auf das Sorgfältigste. Sobald an den Blättern des Laubholzes sich Spuren der Verwelkung zeigten oder von der Fichte die Nadeln bei leiser Berührung abfielen, so dass also die Bäume nicht mehr als lebensfähig zu betrachten waren, wurden sie mit neuen Exemplaren, möglichst von gleicher Grösse und gleichem Umfange demselben Walde entnommen vertauscht. Dieser Zeitpunkt pflegte bei der Buche gewöhnlich nach 3 Wochen, bei der Fichte schon etwas früher einzutreten. In dieser Weise sind die Versuche vom 2. Mai bis 25. September mit geringen Unterbrechungen fortgesetzt worden. Die zum Versuche verwendeten Buchen trugen 60 bis 70 ausgebildete Blätter, die Fichten 6 Seitenzweige à $\frac{1}{2}'$ lang.

Als Resultat der Wägungen, deren Einzelnheiten ich hier als unerheblich der Kürze wegen übergehen darf, hat sich die Wasserverdampfung der Buche im Durchschnitte täglich, d. h. in 24 Stunden, zu 15 Grmm., der Fichte zu 12 Grmm. ergeben. Man kann hiernach wenigstens auf das Bestimmteste annehmen, dass die Wasserverdampfung des Laubholzes zum Nadelholze im Verhältnisse von 5 : 4 stehe. Um aber neben diesem sicheren Resultate aus den Versuchen einen Schluss auf

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

die Wasserdampfung von einer grösseren Waldoberfläche zu ziehen, ist es unerlässlich, auf die Verhältnisse des forstlichen Betriebes der Wälder, welchen die Versuchsexemplare entnommen sind, im Allgemeinen einzugehen.

Für die hier in Betracht kommenden Waldungen findet durchgängig ein 144jähriger Betrieb statt. Nach eigenen Erhebungen und den mir vom kgl. Forstbureau zur Disposition gestellten genau geführten Listen einer grossen Anzahl von Revieren stellt sich in Beziehung der Baumzahl eines Morgens Waldes (40,000□′) folgendes Resultat heraus.

A. Buchenwaldung.

1)	144jähriger	Betrieb:	186	bis	190	Stämme.
2)	117	„	„	504	„	510	„
3)	108	„	„	420	„	430	„
4)	78	„	„	603	„	620	„
5)	20	„	„	2350	„	3000	„
6)	4 Jahre	nach der	Aussaat:	10	bis	12,000	Pflanzen.
7)	1 Jahr	„	„	„	circa	40,000	„

B. Fichtenwaldung.

1)	144jähriger	Betrieb:	228	bis	235	Stämme.
2)	120	„	„	246	„	254	„
3)	108	„	„	260	„	280	„
4)	90	„	„	428	„	436	„
5)	20	„	„	1926	„	2000	„
6)	4 Jahre	nach der	Aussaat:	9	bis	10,000	Pflanzen.
7)	1 Jahr	„	„	„	circa	40,000	„

Die zu den beschriebenen Versuchen verwendeten Bäume waren Waldungen von dem Stande A. 6 und B. 6 entnommen, wobei indess zu bemerken ist, dass der Stand 7 nicht von selbst in den Stand 6 übergeht, wozu ohne Hülfe ein Zeitraum von vielleicht 10 Jahren nöthig wäre, sondern dass der Stand 6 durch Versetzen der zweijährigen Pflanzen erreicht worden ist.

Nehmen wir nun in runder Summe die Anzahl der Bäume in einer Buchenwaldung auf einem Morgen zu 12,000, in einer Fichtenwaldung

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

zu 10,000 Stück Pflanzen an, so ergibt sich, dass ein Morgen Buchenwaldung bezeichneten Standes in 5 Monaten 27,000 Liter, ein Morgen Fichtenwaldung desselben Standes in 5 Monaten 18,000 Liter Wasser verdampfen würde.

Vergleicht man diese Resultate mit den auf Getreidefeldern in dieser Beziehung erhaltenen, so ergibt sich ein überaus grosser Unterschied. Es bestätigt sich hiedurch die hohe Bedeutung der Wälder für die Ansammlung und dauernde Erhaltung von Feuchtigkeit.

Selbstverständlich können sich die Resultate nur auf einen Morgen Waldung von dem angegebenen Stande beziehen. Ob man, ohne einen grossen Fehler zu begehen, diese Zahlen auch für Waldungen von längerem Betriebe mutatis mutandis annehmen dürfe, — wobei durch Verminderung der Stämmeanzahl die Höhe des Baumes und der Umfang seiner Krone zunimmt, — vermag ich vorläufig mit Sicherheit nicht zu entscheiden.

Ich kann nicht umhin, hier noch einer Versuchsreihe Erwähnung zu thun, welche von dieser Arbeit unabhängig von meinem Freunde Dr. W. Fleischmann [1]) ausgeführt auf anderem Wege eine Bestätigung meiner vorstehenden Angaben zu liefern im Stande sein dürfte. Die Versuche betreffen ausschliesslich die Hopfenpflanze. Die Ranken eines Hopfenstockes wurden, nachdem das Erdhäufchen über der Wurzel beseitigt war, hart am Boden mit schiefem Schnitte abgeschnitten, rasch durch bereit gehaltene durchbohrte Korkstöpsel geführt und in Glaskolben bis zu einer Marke mit Wasser gefüllt gesetzt. Hierauf wurden die Korke an den Ranken, welche auf dem Boden der Gläser aufstanden, heruntergeschoben, auf den Gläsern befestigt und die Zwischenräume zwischen Ranken und Kork fest mit Baumwolle verstopft. Nachdem alles in beschriebener Weise vorbereitet war, überdeckte man die Gläser mit der vorher weggeschafften Erde wieder vollständig. Die einzelnen Ranken fingen an zu saugen und das aufgesogene Wasser wurde mittelst einer Bürette von Zeit zu Zeit wieder ersetzt. Als Resultat ergab sich, dass die 3 Ranken des Hopfenstockes während 6 Stunden bei heiterem

---

1) F. Nobbe's landw Versuchsstationen. Bd. IX. S. 178. 1867.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Wetter nahezu 1 Liter in sich aufgenommen hatten. Diese Wasseraufnahme ist natürlich eine viel geringere bei Regenwetter, indem in diesem Falle die wasserleitenden Theile der Ranken mit Wasser gesättigt waren und somit ein Stocken des Saftes stattfand. Wir dürfen daher, um beiläufig die Wassermenge, welche ein Hopfenfeld während einer längeren Vegetationsperiode verdunstet, festzustellen, die erhaltenen Zahlen nicht unbedingt zu Grunde legen. Nach angestellten Berechnungen beträgt die Verdunstungsfläche einer völlig entwickelten Hopfenpflanze 11 □ M. Der wechselnden Witterung während eines Sommermonates Rechnung tragend und unter der Annahme, dass während der Nacht keine Verdunstung stattfinde, kann wohl die Wasserverdunstung einer Hopfenpflanze von 3 Ranken für 12 Stunden in runder Summe zu 1 Liter festgestellt werden. Von einem Morgen Landes, auf welchem 1600 Hopfenstöcke stehen, würden demnach in einer Vegetationsperiode von 3 Monaten circa 150,000 Liter Wasser verdampft werden.

Berücksichtigt man, dass die von dem Boden ausgehende Wasserverdampfung ausgeschlossen ist, dass ferner die hier beschriebenen Versuche sich auf eine von den Wurzeln getrennte Pflanze beziehen, wodurch eine wesentliche Verringerung in der Wasseraufnahme und somit in der Wasserverdunstung nothwendig bedingt erscheint, so stimmen im Allgemeinen diese Resultate mit meinen früher angegebenen, wie ich sie bei den Cerealien erhalten habe, sehr wohl überein.

V.

Es ist nicht zu verkennen, dass die bisher mitgetheilten Versuche in Kästen, wenngleich von ziemlich umfangreichen Dimensionen, der Vegetation nicht die vollkommen normalen Bedingungen des freien Feldes gewähren konnten. Vor Allem ist zu berücksichtigen, dass obschon die meisten der erwähnten Versuche nicht in geschlossenen Räumen, sondern am offenen Fenster ausgeführt sind, doch immerhin nur ein verhältnissmässig beschränkter Luftzutritt stattfand, — wesentlich abweichend von dem Einflusse der Ventilation, welchem die Pflanze auf freiem Felde unterliegt. Aehnlich ist der Fall bei den Versuchen, welche die Wasserverdampfung von einer einzelnen Pflanze ausgehend zum Zwecke hatten. Somit schien es wünschenswerth, meine Beobachtungen auf das freie

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Feld auszudehnen, um auch hier wenigstens annähernd die Wassermenge zu bestimmen, welche von einer mit Cerealien, mit Wiese u. s. w. bewachsenen Oberfläche in einem gewissen Zeitraume verdampft wird.

Es sind sehr zahlreiche Versuche angestellt worden, um durch Aushebung verschieden bewachsener Bodenarten und von Zeit zu Zeit wiederholte Wägungen u. s. w. auch den Verhältnissen im Freien Rechnung zu tragen, sie alle haben mich überzeugt, dass auf diesem Wege durchaus kein Resultat zu erzielen ist. Das Ausstechen einer gemessenen Bodenfläche in gewisser Tiefe, wenn auch, was natürlich der günstigste Fall ist, nur eine compakte Wiese hiezu benützt wird, das Wiedereinsetzen des Stückes in einem Tuche oder Drahtgitter eingeschlossen u. s. w., ist mit so grossen Destruktionen der Vegetation und überhaupt mit derartigen Verlusten und Hindernissen verbunden, dass von der Erlangung nur einigermassen zuverlässiger Resultate, nach meinen bisherigen Erfahrungen wenigstens, keine Rede sein kann.

Ich habe es versucht, ein von der direkten Wägung gänzlich verschiedenes Princip in die Behandlung dieses Gegenstandes einzuführen; der Weg, den ich mit einiger Aussicht auf Erfolg angebahnt zu haben glaube, ist das System der Hygrometrie und Atmidometrie.

Die Methoden der Hygrometrie gehen bekanntlich darauf hinaus, die Quantität des Wassergehaltes der Atmosphäre absolut oder relativ zu bestimmen. Durch diese Versuche erhält man aber stets nur Werthe, welche lediglich den Zeitraum der Beobachtung selbst umfassen, so dass erst mit Durchschnittsberechnungen einer grösseren Anzahl einzelner Beobachtungen ein für grössere Zeiträume geltendes Resultat erzielt werden kann. Da es sich bei meinen Versuchsreihen darum handelte, die Menge von einer Bodenfläche verdampften Wassers für längere Perioden in ihren Wechselbeziehungen aufzufassen, so konnte diese Methode der Hygrometrie selbstverständlich immerhin nur Resultate von sekundärer Bedeutung ergeben. Dass indess in dem Wassergehalte der Atmosphäre Unterschiede stattfinden je nachdem die Luft in Betreff ihres Feuchtigkeitgrades auf einem bewachsenen oder vegetationslosen Felde untersucht wird, zeigt sich durch folgende mit dem bekannten August'schen Hygrometer auf verschiedenen Feldern vorgenommenen Beobachtungen.

In Betreff des Instrumentes ist noch zu bemerken, dass ich mich

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

bei allen meinen zahlreichen Versuchen ausschliesslich der Psychrometer nach der Lamont'schen Modifikation bedient habe. Diese Einrichtung besteht darin, dass neben den beiden Thermometerskalen noch 2 Skalen aufgetragen sind nach der Formel

$$F - 0{,}000892\ (t - t')\ 6,$$

so dass man nur die Ablesung des feuchten Thermometers von der Ablesung des trocknen abzuziehen hat, um den Dunstdruck zu erhalten. Der Beobachter ist dadurch in den Stand gesetzt, den Druck der in der Luft enthaltenen Wasserdünste unmittelbar ohne Hülfe von Tabellen anzugeben, — ein Vortheil, der namentlich bei so zahlreichen und gleichzeitigen Versuchen sehr hervorgehoben zu werden verdient. Die Berechnung der Dunstsättigung, sowie der Dunstmenge, d. i. der absoluten Feuchtigkeitsmenge in 1 rheinländischer Cub' nach Lothen ist aus dem Dunstdruck nach den bekannten Formeln vorgenommen worden.

Zu diesen Versuchen erscheint wohl nicht leicht eiu Flächenraum geeigneter, als ein Torffeld, welches theilweise cultivirt und bebaut oder brachliegend, theils nur für den Wiesenbau entwässert, theils ganz uncultivirt, in solcher Weise Oberflächen von den verschiedensten Beschaffenheiten in nicht zu grosser Entfernung von einander darbietet.

Die hygrometrischen Beobachtungen umfassen folgende vier ungefähr $^1/_2$ Stunde von einander entfernt liegende Versuchsfelder:

1) Ein Haferfeld (cultivirtes Wiesenmoor).
2) Eine Wiese (entwässertes Wiesenmoor).
3) Ein brachliegender Acker, welcher im vorhergehenden Jahre Hafer getragen und umgeackert worden (cultivirtes Wiesenmoor).
4) Ein Torfwiesenmoor mit Typha bewachsen, sumpfig.
5) Ein Kleefeld.

Die Beobachtungen einer jeden Reihe sind alle gleichzeitig auf den verschiedenen Feldern angestellt worden, und zwar stets möglichst in der Mitte eines jeden Feldes, so dass im Umkreis von circa $^1/_4$ Stunde dieselbe Natur der Oberfläche dargeboten war.

In den Versuchen I, II, III und IV waren die Haferpflanzen sehr üppig entwickelt, durchschnittlich $1^1/_2$' hoch, die Grashalme 1' hoch und zwar kein sogenanntes saures Gras, sondern kleeartige Gewächse.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Das Brachfeld zeigte sich nur dünn mit Unkraut bedeckt. Die Hygrometer wurden unmittelbar über den Pflanzenspitzen, auf dem Brachfelde unmittelbar über den Boden angebracht.

Es folgen nun die Zahlen, wie sie die ersten 3 Versuchsreihen direkt ergeben haben nebst den betreffenden Berechnungen.

I. Versuchsreihe. (4. Juli 1866.)

	A. Brachfeld.	B. Haferfeld.	C. Wiese.	D. Torfmoor.
1) Dunstdruck . .	0,40	4,70	4,75	5,09
2) Dunstsättigung .	0,825	0,881	0,891	0,955
3) Dunstmenge. .	0,01865325	0,01991941	0,02014551	0,02159255

II. Versuchsreihe. (5. Juli 1867.)

1) Dunstdruck . .	4,60	4,79	5,00	5,25
2) Dunstsättigung .	0,630	0,664	0,681	0,726
3) Dunstmenge . .	0,018963	0,02002640	0,020774	0,02185260

III. Versuchsreihe. (8. Juli 1867.)

	A. Brachfeld.	B. Kleefeld.
1) Dunstdruck . . .	4,9	5,3
2) Dunstsättigung . .	0,734	0,746
3) Dunstmenge . . .	0,02051998	0,021070

Auf meine Veranlassung sind noch folgende Felder einer anderen Lage hygrometrisch geprüft worden: Haferfeld, Wiese, Roggenfeld, Kartoffelfeld, Mohrfeld, Torfmoor. Die aufgeführten Zahlen beziehen sich auschliesslich auf den Wassergehalt eines Cubikmeters in Grammen, indem durch Versehen die übrigen Versuchsresultate mir nicht mitgetheilt wurden, eine nachträgliche Ermittlung war aber nicht möglich.

IV. Versuchsreihe. (10. Juli 1867.)

A. Haferfeld.	B. Wiese.	C. Roggenfeld (5 Tage vor der Ernte).
9,6.	10,9.	9,0

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

D.	E.	F.
Kartoffelfeld.	Moorfeld.	Torfmoor.
10,1.	9,0.	11,1.

Es folgen hier endlich noch einige schon früher von einem andern Beobachter (Herrn M. Fuchs) auf meine Veranlassung ausgeführte Versuche. Die Resultate sind zu leichterer Vergleichung mit den vorstehenden auf die Wassermenge in einem Cubikmeter nach Grammen berechnet.

V. Versuchsreihe. (13. April 1867.)

A.	B.
Brachfeld (hinter der Bavaria).	Saatfeld, schwach.
6,2.	7,1.

(20. April 1867).

A.	B.
Kiesboden (am Judenkirchhof).	Wiese (am linken Isarufer).
10,3.	11,6.

Ein flüchtiger Blick auf diese Resultate zeigt, dass offenbare Unterschiede in der Dunstspannung zwischen den verschiedenen Vegetationsoberflächen bestehen. Sie sind allerdings gering, allein doch bezeichnend, indem nicht ausser Acht gelassen werden darf, dass der Psychrometer das in der Luft schwebend enthaltene Wasser nicht anzuzeigen vermag, sondern in seinen Angaben sich nur auf das in der Atmosphäre gelöste Wassergas, — den Dunstdruck — sich bezieht. Die Berechnung der absoluten Dunstmenge aus dem psychrometrischen Dunstdrucke beruht aber bekanntlich auf einer Hypothese. Wir wissen, dass in künstlich befeuchteten Lokalen der Psychrometer keineswegs die erwarteten Wasserzunahmen anzeigt, was wohl auch mit der schwierigen Diffussion des Wasserdunstes zusammenhängt. Ich habe schon bei einer anderen Gelegenheit gezeigt, dass die Angaben des Psychrometers durchaus in keinem constanten Verhältnisse zu den direkten Feuchtigkeitsbestimmungen in der Atmosphäre stehen und also diese nicht direkt aus jenen abgeleitet werden können. So erklärt es sich denn auch, dass unter den zahlreichen mir vorliegenden Versuchen einige vereinzelte

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

mit entgegengesetztem Resultate vorkommen. So lieferte z. B. ein auf der Pullacher Höhe am 23. April 1867 ausgeführter Versuch die Wassermenge der über einer Kiesfläche befindlichen Atmosphäre um 0,3 Grmm. höher, als in der Atmosphäre eines Saatfeldes. Diess schliesst nach den obigen Auseinandersetzungen keineswegs aus, dass letztere dessenungeachtet mehr schwebende Wassertheile enthielt, als erstere u. s. w. Auf das Bestimmteste erkennt man aber aus diesen Versuchen, dass das in der Luft enthaltene Wasser auch in dem Zustande, wie es der Psychrometer anzeigt, seiner Menge nach ebenfalls von der Natur der Vegetationsdecke wesentlich beeinflusst, — speziell durch eine üppige Vegetation erhöht — werde. Versuche mit einem besonders zu diesem Zwecke construirten Haarhygrometer, welche aber leider in diesem Sommer nicht zum Abschlusse gelangen konnten, werden im Stande sein, diese vergleichenden Unterschiede noch deutlicher zu machen.

Nach Mittheilung dieser nur nebenher erwähnten hygrometrischen Resultate gehe ich zur Beschreibung der atmidometrischen Versuche über. In Beziehung auf das hiezu benützte Instrument darf ich auf die früher gegebene ausführliche Beschreibung des Apparates verweisen.[1])

Lässt man eine flache Schale mit Wasser in irgend einem geschlossenen Raume oder im Freien unbedeckt stehen, so wird das Wasser verdampfen und daher die in der Schale befindliche Wassermenge nach und nach veringert werden. Diese Verdampfung des Wassers, welche schneller oder langsamer vor sich geht, ist von den 3 Faktoren: Temperatur, Ventilation und Luftdruck abhängig. Die mit dem Atmidometer gewonnenen Zahlen sind somit das Resultat dieser 3 Faktoren und geben die von allen meteorologischen Momenten influencirte Totalwirkung von dem Augenblicke der Aufstellung bis zu dem der Beobachtung an. Die Unterschiede, welche sich in der Beobachtung auf verschiedenen Oberflächen ergeben, müssen caeteris paribus, d. h. bei Identität jener 3 Faktoren, nothwendiger Weise durch die Natur und Beschaffenheit des Bodens bedingt sein.

Zur Ausführung der Versuche wurden Glasschalen, jede von

---

1) Bayer. Kunst- und Gewerbeblatt. April 1856.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

6,6 Centimeter Durchmesser und 45 CC. Wasserinhalt auf dem Atmidometer durch Eintröpfeln von Wasser genau eingestellt, an die verschiedenen Punkte, welche zur Beobachtung dienten, gebracht und in Zwischenräumen wieder auf dem Atmidometer in's Gleichgewicht gesetzt. Man erhielt hiedurch die Menge des verdampften Wassers in bestimmten Zeiträumen.

Die Vornahme atmidometrischer Versuche kann der Natur der Sache nach nur bei trocknem Wetter stattfinden, indem jeder Regenfall eine Ueberschwemmung der Schale veranlasst. Die Oberfläche der Schalen, um diess zu verhindern, mit einer Art spitzigen Daches zu bedecken, wie ich es mehrmals versucht habe, ist insofern ungeeignet, als hiedurch die Resultate wegen theilweiser Abhaltung der Ventilation zu wesentlich beeinflusst werden. Einige speciell zu diesem Zwecke ausgeführte atmidometrische Versuche liefern einen sehr entscheidenden Beitrag zur Beurtheilung dieses Verhältnisses.

Zwei Atmidometer-Schalen wurden Morgens 7 Uhr, die eine auf einem Blumenbrette vor dem Fenster, die andere am Fenster innerhalb des Zimmers, beide nur ½' von einander entfernt aufgestellt. Es war somit die Temperatur und Zeit der Insolation für beide ganz dieselbe, nur blieb von der im Zimmer stehenden Schale die Einwirkung der Ventilation nicht gänzlich, — da das Fenster während der ganzen Versuchsperiode offen blieb, — sondern nur theilweise abgehalten. Nach 10 Stunden betrug die Verdampfungsmenge im Freien 5,1 CC., im Zimmer 0,75 CC. In einem zweiten länger andauernden Versuche betrug die Verdampfung im Freien 9,5 CC., im Zimmer 1,8 CC. Man erkennt hieraus den mächtigen Einfluss, welchen die Ventilation unter sonst ganz gleichen Verhältnissen und Umständen auf die Verdampfung einer Wasseroberfläche auszuüben im Stande ist.

Um die Anwendbarkeit der atmidometrischen Methoden auf die Bestimmung der Wasserdampfungsverhältnisse nachzuweisen, mögen hier noch die Resultate einiger Vorversuche Platz finden.

2 Atmidometer-Schalen wurden, die eine a über einer Wasseroberfläche, die andere b in geringer Entfernung von der ersteren und in gleicher Höhe auf einem Brette aufgestellt. Die Messungen zu verschiedenen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Zeitabschnitten vorgenommen ergaben folgende Unterschiede in der Wasserverdampfung.

	I.	II.	III.
a)	10,1	3,6	6,0
b)	12,4	4,5	7,4.

Nach den im Durchschnittsverhältnisse berechneten Zahlen ergibt sich somit die Wasserverdampfung von einer Wasseroberfläche zu einer trocknen Oberfläche wie 100 : 124.

Ebenso wurden 2 Atmidometer-Schalen auf die beiden zu den früheren Versuchen benützten Erden, Thon- und Kalkboden, — in gleicher Weise befeuchtet — aufgestellt. Die Messungen zu 3 verschiedenen Zeitabschnitten vorgenommen gaben folgende Resultate:

	I.	II.	III.
Thonboden	8,1	6,3	8,5
Kalkboden	6,9	5,7	7,4.

Nach den S. 324 beschriebenen direkten Verdampfungsversuchen verdampft der Thonboden weniger Wasser als der Kalkboden in bestimmter Zeit und zwar in dem Verhältnisse von 100 : 115. Die über dem Kalkboden stehende Atmosphäre muss hiernach auch in diesem Verhältnisse feuchter sein, als die über dem Thonboden stehende. Der atmidometrische Versuch ergibt auch in der That dem durch den direkten Versuch erhaltenem Verhältnisse sehr nahe stehende Zahlen und zwar nach der durchschnittlichen Berechnung der 3 Versuche:

Kalkboden : Thonboden

100 : 114.

Hiebei ist natürlich vorausgesetzt, dass durch gleichmässiges Begiessen die beiden Bodenarten während der Versuchsperiode in einem übereinstimmenden Feuchtigkeitsgrade erhalten werden, da beim gänzlichen Eintrocknen die Verhältnisse insofern sich ändern, als der Thonboden noch länger feucht bleibt, wenn der Kalkboden schon ganz ausgetrocknet ist, wie ich diess S. 324 gezeigt habe und als trockne Oberfläche, somit als beförderndes Moment, auf die atmidometrische Verdampfung einwirkt.

In gleicher Weise wurden diese beiden Bodenarten in besätem und unbesätem Zustande vergleichungsweise atmidometrisch untersucht. Die

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Vegetationsdecke der mit dem Ausdrucke „besäter" Boden hier bezeichneten Oberfläche bestand in beiden Fällen aus einer dichten Linaria-Pflanzung.

		I.	II.	III.
a)	Thonboden besät	7,5	10,3	8,7
	Thonboden unbesät	8,4	11,5	9,9
b)	Kalkboden besät	4,5	8,1	6,2
	Kalkboden unbesät	5,4	10,0	7,2.

Nach den S. 328 beschriebenen direkten Verdampfungsversuchen hat sich die Wasserverdampfung des unbesäten Thonbodens zum besäten im Verhältnisse von 100 : 111, des unbesäten Kalkbodens zum besäten im Verhältniss von 100 : 116 ergeben. Die Durchschnittsberechnung der Atmidometerzahlen ergibt das Verhältniss wie folgt:

a) Thonboden unbesät : Thonboden besät
112 : 100
b) Kalkboden unbesät : Kalkboden besät.
120 : 100.

Man erkennt hieraus die nahe Uebereinstimmung der atmidometrischen Messungen mit den direkten Wägungen. Es bedarf wohl kaum der besonderen Erwähnung, dass die atmidometrischen Zahlen für die eigentliche von der Oberfläche ausgehende Wasserverdampfung im umgekehrten Sinne zu verstehen sind; wenn z. B. in dem oben mitgetheilten Versuche beim Vergleiche einer trocknen und einer Wasseroberfläche sich das Verhältniss wie 124 : 100 ergeben hat, so heisst diess natürlich nichts anderes, als dass, die Verdampfung der trockenen Fläche zu 100 angenommen, die Verdampfung der Wasseroberfläche 124 beträgt. Ebenso wenn die atmidometrischen Zahlen für besäten und unbesäten Kalkboden sich wie 100 : 120 herausgestellt haben, so bedeutet diess selbstverständlich: die Wasserverdampfung des unbesäten Kalkbodens = 100 gesetzt, beträgt die Wasserverdampfung des besäten 120 u. s. w.

Nach diesen vorläufigen die atmidometrische Methode charakterisirenden Versuchen gehe ich zu den auf freiem Felde angestellten Beobachtungen über.

Die gleichzeitige Aufstellung der Atmidometer-Schalen geschah in

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

der Art, dass die Schalen sich unmittelbar über der Vegetationsdecke frei aufgehängt befanden, da die Versuchsfelder auf einem ungefähr 300 Morgen umfassenden Flächenraume beinahe aneinander gränzend lagen, so standen die Atmidometer-Schalen genau unter demselben Einfluss der Faktoren: Wärme, Luftdruck, Ventilation; die Unterschiede in der Menge der Wasserverdampfung können sich daher ausschliesslich nur auf die Natur der Oberfläche des Aufstellungsortes beziehen. Die Temperaturverschiedenheiten der mit Vegetation bedeckten Oberflächen durch Wärmestrahlung hat sich bei gleichmässiger und geeigneter Aufstellung der Atmidometer-Schalen ohne wesentlichen Einfluss auf die Verdampfung herausgestellt.

Wasserverdampfung in CC.

Dauer des Versuchs.	I. Wiese. a. schwach.	I. Wiese. b. üppig.	II. Klee. a. schwach.	II. Klee. b. üppig.	III. Hafer. a. schwach.	III. Hafer. b. üppig.
1) 8. Mai 1867 24 St. . .	13	12	11	—	16	—
2) 9. „ „ 12 St. . . (6ʰ Morgens bis 8ʰ Abends)	11,25	9	9,5	—	19	—
3) 29 Mai 1867 6 St. . . (6ʰ Morgens bis 12ʰ Mittags)	—	3	—	—	9	—
4) 12. Juni 1867 18 St. . . (6ʰ Morgens bis 12ʰ Nachts)	—	11	—	10	—	15
5) 13. Juni 1867 12 St. . . (6ʰ Morgens bis 12ʰ Abends)	—	8	—	—	—	14
6) 22. Juni 1867 12 St. (6ʰ Morg. bis 6ʰ Abds.)	—	10	—	9,5	—	11
7) 28. „ „ 12 St.	—	10	—	11	—	14
8) 12. Juli „ 12 St.	—	15	—	—	—	—
9) 13. „ „ 12 St.	—	14	—	—	—	—

Selbstverständlich sind bei weitem mehr als die hier angegebenen Versuche angestellt worden, indem ein grosser Theil derselben wegen plötzlich eintretenden Regens, Umfallen der Schalen u. s. w. unbrauchbar gemacht worden ist. Der Ueberblick dieser durch den direkten

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

atmidometrischen Versuch erhaltenen Zahlen ist meines Dafürhaltens sehr instruktiv in Beziehung auf die Wasserverdampfungsmenge durch die einzelnen Pflanzengattungen.

Der verschiedene Grad der atmosphärischen Feuchtigkeit, bedingt durch Wasserverdampfung der Pflanze, dieser Faktor unter möglichster Elimination der Wärmestrahlungsverschiedenheiten ist es allein, welcher diese Unterschiede veranlasst. Dass zwischen Wiese, Kleefeld und Haferfeld in der Wasserverdampfung Unterschiede stattfinden, ergibt sich aus dem Vergleiche der Durchschnittszahlen I : II : III = 10,6 : 10,1 : 14.

Allerdings darf nicht vergessen werden, dass diese Zahlen vorläufig nicht die auf eine Pflanzengattung treffende wirkliche Menge des verdunsteten Wassers ausdrücken, — sie sind natürlich nur bezeichnend für das Verhältniss dieser Verdampfungsmengen, in dieser Beziehung gewähren sie aber ein anschauliches Bild von den Unterschieden zwischen den einzelnen hier zum Versuche benützten Pflanzengattungen. So geht z. B. aus den Versuchszahlen deutlich hervor, dass eine Wiese mehr Wasser verdampft, als ein Haferfeld und zwar in dem Verhältniss von 70 : 53. Der Hauptvorzug der atmidometrischen Methode liegt eben darin, dass sie sich nicht auf künstlich behandelte Vegetationsobjekte in kleinerem Maasstabe zu beschränken hat, sondern dass sie gestattet, die Vegetationsverhältnisse im Ganzen und Grossen, — im natürlichen Zustande unter dem Einflusse aller Faktoren aufzufassen. Die hier erhaltenen Zahlen sind daher wahre Naturzahlen, wie sie uns die unmittelbare Beobachtung der im grossen landwirthschaftlichen Betriebe stehenden Felder darbietet.

Der Vergleich des Versuches vom 8. Mai mit den übrigen zeigt, dass die Hauptsumme der Wasserverdunstung in den Tagesstunden liegt; die geringe Differenz des verdampften Wassers in 24 Stunden und 12 Nachtstunden führt zu der Annahme, dass während der Nacht nicht nur kein Wasser verdampft sondern sogar Wasser aufgenommen werde, — Verhältnisse, die indess, da es sich vorläufig hier nur um die Menge der Wasserverdunstung während grösserer Vegetationsperioden handelt, bei dieser Betrachtung zunächst nicht berücksichtigt werden können.

Obgleich nicht mehr in das Bereich meiner Arbeit gehörend, will ich doch noch die Beobachtungen über die Regenmengen anführen, um

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

daraus einen Vergleich mit den durch meine Versuche gefundenen Verdunstungsmengen herzustellen. Es sind während der 108 Versuchstage (S. 334), welche den Verdunstungsversuchen zu Grunde liegen, ungefähr 1,300,000 Liter Regen und Thau auf 40,000□' gefallen, auf 1□' daher 32,5 Liter. Da nun als Hauptresultat (S. 335) ein mit Cerealien bewachsener Thonboden (I) in dieser Zeit per □' 20,4 Liter, ein mit Cerealien bewachsener Kalkboden (II) 22,4 Liter Wasser verdampft, so erreichte das aus der Atmosphäre gebotene Wasser allerdings die Menge des verdunsteten. Die Differenz beträgt hiernach für I 12,2 Liter, für II 11,1 Liter. Gewöhnlich nimmt man an, — ob mit Recht vermag ich nicht zu entscheiden, — dass die Hälfte, $^3/_4$ oder $^4/_5$ des meteorischen Wassers durch Abfluss u. s. w. für die Vegetation verloren gehe.[1]) Unter diesen Voraussetzungen würden auf den □' nur 16,2, 8,1 oder 6,1 Liter während der 108 Tage treffen, die Regenmenge erreichte demnach durchschnittlich nur einen Theil des verdunsteten Wassers. Wollen wir aber auch die eine oder andere Annahme der Betrachtung zu Grunde legen, soviel ergibt sich aus dem angestellten Vergleiche mit Sicherheit, dass die Regenmenge in jedem Falle unter der Verdunstungsmenge steht, so dass die Pflanze ihren Bedarf noch aus einer anderen Quelle zu nehmen hat. Ob diess durch Condensation der in der Atmosphäre schwebenden Feuchtigkeit oder durch Aufnahme von Wasser aus der Tiefe des Bodens u. s. w. geschieht, hierüber fehlen mir bis jetzt alle auf Versuche gegründeten Anhaltspunkte.

Es erübrigt, einige Hauptpunkte der gewonnenen Resultate zusammenzustellen.

1) Die Wasserverdunstung des Thonbodens zum Kalkboden steht im Verhältniss von 100 : 115.
2) Die Wasserverdunstung des unbesäten und besäten Thonbodens steht im Verhältniss von 100 : 111, des unbesäten und besäten Kalkbodens im Verhältniss von 100 : 116.
3) Die Wasserverdunstung des unbesäten und besäten Torfbodens steht im Verhältniss von 100 : 121.

---

1) Nach Berghaus und Studers für Rhein und Weser ausgeführten Berechnungen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

4) Die Natur der Pflanzenspecies ist auf die Menge des verdampften Wassers von wesentlichem Einflusse.
5) In der Wasserverdunstung zwischen den 4 Cerealien: Hafer, Weizen, Roggen und Gerste, findet kein wesentlicher Unterschied statt. Hafer bedarf unter denselben am meisten Feuchtigkeit.
6) Die Wasserverdampfung des Laubholzes zum Nadelholze steht im Verhältniss von 5 : 4.
7) Die Dunstspannung, wie sie der Psychrometer angibt, wird wesentlich von der Natur der Vegetationsdecke beeinflusst, speciell durch eine üppige Vegetationsdecke erhöht.
8) Die atmidometrische Beobachtung gibt für die Wasserverdunstung des Thon- und Kalkbodens im besäten und vegetationslosen Zustande sehr nahe mit dem direkten Versuche übereinstimmende Zahlen.
9) Die atmidometrische Beobachtung gewährt einen Anhaltspunkt für die Beurtheilung des Wasserverdunstungsverhältnisses verschiedener Vegetabilien im Freien, so wie im grossen Maasstabe.
10) Die Regenmenge einer Vegetationsperiode ist geringer, als die Menge des durch die Pflanze während derselben verdunsteten Wassers.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Abhandlungen der Bayerischen Akademie der Wissenschaften - Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1866

Band/Volume: 10_1

Autor(en)/Author(s): Vogel August

Artikel/Article: Versuche über die Wasserverdunstung auf besätem und unbesätem Boden. 320-355