

wenn auch starke Wandlungen erfolgten, als von typischen abgeleitet anzusehen.

Das Umkehren einer "Laufwurzel" (so bezeichnet Verfasser die epikortikalen Wurzeln altweltlicher Loranthoideen im Gegensatz zu den neuweltlichen vorherrschenden, haptotropischen, die GOEBEL "Greifwurzeln" nennt) an der Stelle, wo sie vom lebenden Teil eines Nährastes auf die abgestorbene Fortsetzung gelangte, wird als Reaktion auf perzipierte stoffliche Unterschiede durch die Wurzel zurückgeführt.

Innsbruck, Botanisches Institut, den 23. März 1926.

Die beigegebenen Bilder hat die wissenschaftliche Hilfskraft des Institutes, Fräulein Marie BUECK angefertigt.

Ueber den Wasserverbrauch der hauptsächlichsten Kulturpflanzen. Von WERNER PILASKI (Königsberg i. Pr.)

EINLEITUNG.

In der vorliegenden Arbeit bringe ich die Ergebnisse von Gefäßversuchen, die ich im Sommer dieses Jahres angestellt habe. Von den 200 zur Verfügung stehenden Gefäßen waren 120 mit unseren hauptsächlichsten Kulturpflanzen bestellt und bei voller Wasserkapazität gehalten (Versuchsreihe I), die übrigen 30 wurden mit nur zwei Pflanzenarten besät und die zur Verfügung gestellte Wassermenge zwischen 10 und 100% der vollen Kapazität des Bodens differenziert (Versuchsreihe II). Die verbrauchten Wassermengen wurden alle ein bis drei Tage ersetzt und gemessen.

Im allgemeinen wurde bei einer Verdunstung von 10 bis 20 mm der freien Wasseroberfläche gegossen.

Der erste Teil dieser Abhandlung soll den relativen Wasserverbrauch (Verbrauch : Ertrag) behandeln, der zweite das Wasser als Vegetationsfaktor im Rahmen der Wirkungsgesetze, der dritte endlich die Gesetzmäßigkeiten, die sich in der Wasseraufnahme der Pflanzen in der Zeit- resp. Verdunstungseinheit ergeben. Fernerhin soll er eine ausführliche Besprechung der betreffenden Versuche enthalten.

Aus der umfangreichen Literatur, die sich im Laufe der Zeiten über diese Fragen angehäuft hat, will ich nur das möglichst kurz anführen, was in unmittelbarer Beziehung zu meinen Versuchen steht, und zwar werde ich in jedem einzelnen Teile so vorgehen, dass ich zuerst die Ergebnisse der früheren Versuche anführe, dann die der meinigen und zum Schlusse das ganze Material einer zusammenhängenden Betrachtung unterwerfe.

I. HAUPTTEIL.

Vom relativen Wasserverbrauch der Pflanzen.

A. FRÜHERE VERSUCHE.

1. Wassergehaltsmessungen im gewachsenen Boden.

Will man den Wasserverbrauch der Pflanze ermitteln, so kann man dabei auf verschiedenen Wegen vorgehen.

Der erste besteht darin, dass man den Wassergehalt des Bodens unter der gewachsenen Pflanzendecke misst, der zweite darin, dass man Pflanzen in grossen Vegetationskästen heranzieht und die Wasserbilanz dieser Kästen gewichtsmässig feststellt. Die dritte Versuchsmöglichkeit ist der Gefässversuch, die vierte endlich das Heranziehen der Pflanzen in mit Nährlösung gefüllten Zylindern oder sonstigen Gefässen. Bei den beiden letzteren Versuchsarten wird selbstverständlich ebenso, wie bei der zweiten, das verbrauchte Wasser in bestimmten Zeitabschnitten ergänzt und gemessen.

Die Methode, durch Messen der Bodenfeuchtigkeit unter verschiedenen Pflanzen festzustellen, wie weit dieselben den Wassergehalt des Bodens erschöpft haben, ist von mehreren Forschern angewandt worden. Die meisten Ergebnisse dieser Versuche waren mir nicht zugänglich oder sie ergaben dasselbe Resultat wie die Untersuchungen von SEELHORSTs, sodass ich mich hier auf die letzteren beschränken will. Die erste Veröffentlichung SEELHORSTs über diesen Gegenstand finden wir im Journal für Landwirtschaft 1906, Seite 187 (Messungen in den Jahren 1901/04), die zweite ebenda 1915 (dieselben Messungen sowie die von 1905 - 14).

Von SEELHORST liess monatlich den Feuchtigkeitsgehalt des Bodens in 25, 50 wie 75 cm Tiefe bestimmen.

In der nachfolgenden kleinen Tabelle bringe ich einen Auszug aus den von ihm aus den Ergebnissen der Jahre 1901 - 1904 ermittelten, durchschnittlichen Wassergehaltszahlen.

	Juli			August			September			im Durch- schnitt.
	25	50	75 c m	25	50	75 B o d e n t i e f e.	25	30	75	
Roggen	14,0	15,7	17,1	18,9	15,5	17,7	21,4	19,4	19,7	17,7
Rüben	13,9	19,3	20,7	16,4	16,4	18,1	18,5	17,6	16,8	17,5
Hafer mit Klee	12,9	13,1	14,5	18,0	13,6	14,8	20,6	13,4	14,6	15,06
Klee	11,9	12,6	15,1	15,0	12,9	13,9	19,2	16,5	14,0	14,6
Weizen nach Klee	10,9	12,4	15,3	17,2	12,2	13,9	19,8	17,6	16,0	15,0
Kartoffeln	15,3	18,7	20,9	17,8	17,7	18,5	19,6	19,4	20,5	18,7
Weizen nach Kartoff.	12,8	13,0	15,5	19,7	12,7	14,9	22,6	20,9	13,9	16,4
Victoria- Erbsen	13,4	14,3	18,6	17,6	13,8	16,6	21,4	19,0	18,6	15,9
Kleine grüne Erbsen.	13,9	15,1	19,7	18,5	14,5	16,4	22,1	18,8	18,6	17,5

Ich habe deshalb die für die Monate Juli, August, September ermittelten Zahlen gewählt, weil in dieser Zeit einerseits der Boden die wenigsten Niederschläge erhält, andererseits die meisten Pflanzen auf dem Höhepunkt ihres Wachstums stehen und sich jetzt die Entziehung von Wasser durch die Pflanzendecke am meisten im Boden bemerkbar machen muss.

Berechnet man von diesen Zahlen wiederum den Durchschnitt, so ergibt sich ein Wert, der uns einen ungefähren Anhaltspunkt für das Wasserbedürfnis der betreffenden Pflanzen geben kann. Ordnet man die letzteren nach der Höhe des Wassergehalts des von ihnen bestandenen Bodens, so ergibt sich folgendes Bild:

1. Kartoffeln	18,7	6. Victoria Erbsen	15,9 ?
2. Roggen	17,7	7. Hafer mit Klee	15,06
3. Rüben	17,5	8. Weizen nach Klee	15,0
4. Kleine grüne Erbse	17,5	9. Klee	14,6
5. Weizen nach Kartoffeln	16,4		

Im Journal für Landwirtschaft im Jahre 1915 bringt v. SEELHORST dann die Durchschnittszahlen von 12 Jahre lang geführten Messungen. Auch hier kommen wir, wenn wir die betreffenden Pflanzen nach demselben Prinzip ordnen, wie bei den ersten Versuchen, zu der gleichen Reihenfolge:

Kartoffeln, Roggen, Rüben, Erbsen, Hafer, Weizen.

Kartoffeln und Roggen beanspruchen den Boden am wenigsten, bei weitem am anspruchsvollsten ist der Weizen; Klee ist in dieser Zusammenstellung leider nicht enthalten.

Selbstverständlich haben diese Zahlen nur relativen Wert. Ganz abgesehen von ihrer Unsicherheit kennen wir nicht die Höhe der Ernte, ebenso die im Boden versickerten Wassermengen. Endlich zeigen auch die zum Beginn der Vegetationsperiode auf den einzelnen Böden ermittelten Wassergehaltszahlen Differenzen. Auch befanden sich die betreffenden Pflanzen in der für die Berechnung herangezogenen Zeit in recht verschiedenen Entwicklungsstadien. Trotzdem können wir aus diesen Beobachtungen recht gute Anhaltspunkte entnehmen.

2. Versuche mit Vegetationskästen.

Die ersten Versuche mit Vegetationskästen (Lysimetern) hat wohl WOLLNY angestellt. Er benutzte, ebenso wie späterhin SEELHORST eiserne Kästen von allerdings bedeutend kleinerem Umfang als die von Ersterem gebrauchten.

Die Kästen enthielten eine Drainagevorrichtung; das abgelaufene Wasser wurde gemessen, ebenso die durch die Niederschläge zugeführten Wassermengen.

WOLLNY hat sich nun darauf beschränkt, festzustellen, ob in der betreffenden Vegetationsperiode die natürlichen Niederschläge zur Befriedigung des Wasserbedürfnisses der Pflanzen ausreichten resp. wie weit letztere gezwungen waren, auf die im Boden vorhandene Winterfeuchtigkeit zurück zu greifen.

Diese Feststellungen haben für die Beantwortung unserer Frage weniger Interesse. Ich will deshalb nicht weiter auf sie eingehen.

Später hat dann v. SEELHORST in solchen Vegetationskästen mehrere Jahre lang Versuche angestellt. Er ging dabei, ebenso wie WOLLNY, so vor, dass die in die 1 qm grossen und 1,3 m tiefen Vegetationskästen eingesäten Pflanzen im wesentlichen auf die natürlichen Niederschläge angewiesen waren. Der Wasserhaushalt wurde wöchentlich durch Wiegen festgestellt. Der wunde Punkt dieser Versuchsanstellung ist die Berücksichtigung der Bodenverdunstung. SEELHORST sah sich genötigt, für sie geschätzte Werte anzunehmen. Er ging bei dieser Schätzung vom Wasserverbrauch eines Brachekastens aus, von dem er eine gewisse Menge abzog, um der Herabsetzung der Bodenverdunstung durch die Beschattung durch die grüne Masse Rechnung zu tragen.

Zur Kritik dieses Verfahrens mögen wir ihn selber hören (Journal für Landwirtschaft 1914):

"Das Taxieren des Einflusses der Beschattung durch die Pflanzen auf die Grösse der Wasserverdunstung des Bodens gibt natürlich nur sehr unsichere Werte. Ich habe es deshalb bei späteren Versuchen unterlassen und bei diesen lediglich den Gesamtverbrauch an Wasser festgestellt. Es hat sich dabei herausgestellt, dass die Dichte des Bestandes von sehr grossem Einfluss auf die Höhe des Gesamtverbrauches war. Je dichter bis zu einem gewissen Masse der Bestand und je üppiger er ist, umso grösser ist der absolute, umso geringer der relative Wasserverbrauch der Pflanzen; dass das so sein muss, erhellt aus folgender Betrachtung:

Der Brachekasten (1 qm Oberfläche) habe z.B. während einer Vegetationsperiode 200 kg Wasser an die Luft abgegeben; ein anderer Kasten (ebenfalls 1 qm Oberfläche) habe eine einzige Haferpflanze getragen, deren Trockengewicht 100 g bei der Reife betragen habe. Dieser Kasten habe 40 g mehr als 240 kg abgegeben. Bezieht man nun die Gesamtwasserabgabe, 240 kg, auf 100 g Trockensubstanz, so berechnet sich der Wasserverbrauch von einem Teil Trockensubstanz auf 2400 Teile.

Ganz anders stellt sich der Wasserverbrauch bei der Annahme, dass 50 Pflanzen mit einem Erntegewicht von 1,2 kg auf dem Kasten gestanden haben, und dass dieser Kasten 480 kg mehr, im Wasser also in Summa 680 kg verbraucht hat. Bezieht man diesen Gesamtwasserverbrauch auf 1,2 kg Trockensubstanz, dann ergibt sich ein relativer Wasserverbrauch von $680 : 1,2 = 566$. In Wirklichkeit wird er noch geringer gewesen sein, weil die Verdunstung der Erde durch die Beschattung von fünfzig Pflanzen stark herabgesetzt sein muss. Bei dem mit einer Pflanze bestandenen Kasten kann dieser aber nur einen sehr geringen Einfluss auf die Verdunstung gehabt haben.

Dieses Beispiel zeigt so recht, dass bei der Feststellung der Wassermenge, welche zur Erzielung der Einheit Trockensubstanz gebraucht wird, je nach dem Mass der Beschattung sehr verschiedene Werte gefunden werden müssen. Die bei den Untersuchungen gefundenen Werte können nur für die bei diesen vorhandenen Bestandsdichten wirken.

Zieht man, wie es bei den alten Topfversuchen geschehen ist, die Verdunstung des Brachetopfes von der Gesamtwasserabgabe ab, dann scheint der relative Wasserverbrauch natürlich umso kleiner zu sein, je dichter der Bestand gewesen ist, weil die Verdunstung durch den dichten Bestand, wie ausgeführt ist, stärker herabgesetzt ist, wie durch den dünneren. Auch dieses ist bei den alten Topfversuchen nicht berücksichtigt. Aus dem bisher Angeführten geht hervor, dass es garnicht möglich ist, den relativen Wasserverbrauch der Pflanzen auch nur annähernd zu ermitteln. Die jedesmalige Feststellung kann nur für die bei dem Versuch obwaltenden Umstände gelten. Diese sind natürlich, je nach der Bodenart, der Düngung, dem Wassergehalt des Bodens und dann nach der Witterung, welche während des Versuchs geherrscht hat, sehr verschieden."

SEELHORST zieht, indem er diese Worte schreibt, das Facit aus einer mehr als 12-jährigen Arbeit.

Ich stelle im Folgenden kurz die hauptsächlichsten Resultate der SEELHORST-schen Forschungen, soweit sie mir zugänglich waren, zusammen:

Jahr.	Pflanze.	Relativer Wasserverbrauch m. Berücksicht. d. Boden- Verdunstung.
1903	Hafer, Durchschnitt aus 3 Versuchen	268
1904	Hafer, gehackt u. gewalzt	270,2
	Klee	432
1905	Winterweizen	333
	Winterroggen	375
	Kartoffeln	277
	Gerste	454

Jahr	Pflanze	Relativer Wasserverbr mit Berücksichtigung d. Bodenverdunstung.
1905	Winterroggen I	446,5
	Winterroggen II	501,2
	Winterroggen III	499
	Kartoffeln I	58,4
	Kartoffeln II	60
	Kartoffeln III	61,4
1906/1907	Sommergerste	346,4
	Winterroggen	307
	Rüben	268,1
	Lupinen I	225,52
	(2. Aug. II	187,79
	bis 8. De- III	200,23
	zember) IV	209,22
	" V	213,17
	" VI	255,91
	" VII	205,07
	" VIII	226,65
	Lupine I	296,99
	Lupine II	290,73
	Lupine III	288,6
	Lupine IV	346,36
	Kartoffeln I	223,4 +)
	Kartoffeln II	262,7
	Kartoffeln III	297,1
	Kartoffeln IV	316,1
	Kartoffeln V	390,4
	Sommergerste I	287,4
	Sommergerste II	303
	Roggen I	403,6
	Roggen II	397,8
	Roggen III	376,6
	Roggen IV	351,8
	Roggen V	493,2

+) Bezogen auf das geerntete Knollengewicht (gr. Tr.).

Wasserverbrauch von Roggen auf Sandboden 1908/1909
ohne Berücksichtigung der Bodenverdunstung.

Ertrag	526,0	482,3	482,1	458,5	414,8	399,4	397,4	395,5
Rel. Wass.-Verbr.	588,5	685,0	665,8	719,7	731,2	777,2	750,7	767,9
Ertrag	395,5	390,6	390,0	350,5	339,0			
Rel. Wass.-Verbr.	754,0	763,4	793,1	840,0	900,0			

B. Gefäßversuche.

Von Gefäßversuchen will ich hier nur auf die Versuche HELLRIEGELS, WOLLNYS und HILDEBRANDTs eingehen.

HELLRIEGEL verwandte unten geschlossene Gefäße. Die Bodenoberfläche wurde

mit einer Paraffinschicht überzogen um die Bodenverdunstung zu verhindern. Er kam zu folgenden Resultaten (Wasserverbrauch pro g Trockensubstanz):

Gerste	310	Erbsen	273
Sommerweizen	338	Rotklee	310
Sommerroggen	353	Buchweizen	363
Hafer	376	Sommerrüben	329
Pferdeböhen	282		

WOLLNY ging auf einem anderen Wege vor. Er deckte die Gefäße mit von je einer Röhre durchbrochenem Blechdeckel zu, durch die die betreffende Pflanze das Freie erreichte. Der relative Wasserverbrauch stellte sich wie folgt:

Pflanze.	Ertrag.	Rel. Wasserverbrauch.
Mais	48,05	233,0
Gerste	6,35	774,0
Hafer	10,72	665,0
Hirse	5,25	447,0
Buchweizen	6,4	646,0
Erbsen	9,8	416,0
Raps	4,9	912,0
Senf	5,91	843,0
Sonnenblume	27,8	490,0

HILDEBRANDT berücksichtigte bei seinen Versuchen die Bodenverdunstung überhaupt nicht. Der relative Wasserverbrauch der untersuchten Hafersorten stellte sich folgendermassen:

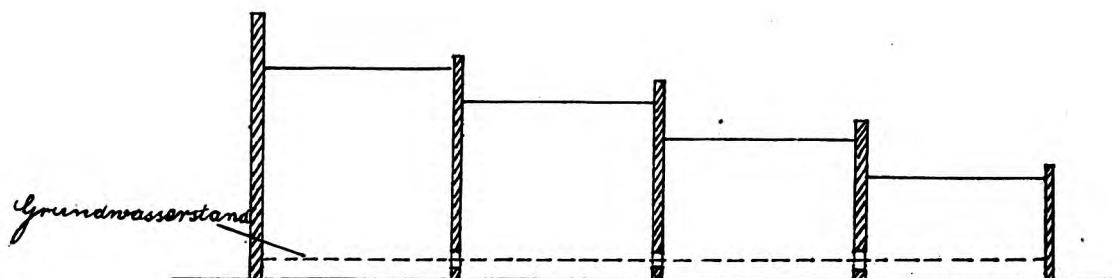
Pflanze.	Ertrag.	Rel. Wasserverbrauch.
1. Mettes Ligowhafer	112,2 ± 1,2	509,8 ± 5,8
2. Denauer Goldhafer	110,6 ± 2,3	538,5 ± 9,2
3. Pflug-Baltenbacher Gelbhafer	116,6 ± 1,1	511,6 ± 2,9
4. Kirsches Gelbhafer	116,7 ± 1,0	493,6 ± 10,4
5. Kirsches Weisshafer	118,4 ± 1,4	504,4 ± 7,8
6. Lüneburger Kleihafer für anmoorigen Boden	106,6 ± 1,6	506,4 ± 2,9
7. Strubes Schlanstedter	121,7 ± 2,1	471,6 ± 4,8
8. Mahndorfer Hafer	109,5 ± 0,76	503,8 ± 2,1
9. Breustedts extragr. Frühhafer	83,0 ± 2,1	620,4 ± 12,0
10. Brandts Gretchenhafer	116,1 ± 0,6	476,9 ± 4,9
11. Svalofs Siegeshafer	123,0 ± 1,96	468,3 ± 8,0
12. Svalofs Kronenhafer	112,6 ± 0,66	498,5 ± 5,6
13. Neumühler Goldhafer	117,9 ± 2,0	460,9 ± 3,3
14. Friedrichswerther Berghafer	113,4 ± 0,72	500,7 ± 3,9
15. Lüneburger Kleyhafer für mittleren Boden	127,6 ± 1,06	454,7 ± 5,8

Der relative Wasserverbrauch zeigt bei den einzelnen Varietäten grosse Unterschiede, die allerdings zum Teil wohl auf den verschiedenen Erträgen beruhen (Vgl. Seite 354).

4. Wasserkultur und Verdrängungsmethode.

Die dritte in Betracht kommende Versuchsanstellung ist die Wasser- resp. Nährlösungskultur. Hier fällt die grösste Schwierigkeit, die Bodenverdunstung, weg, indem die Pflanzen in einer in Zylinder oder sonstige Gefässe gefüllten Nährlösung wachsen, die sie nur durch eine kleine mit Watte verschlossene Öffnung erreichen. Leider war es mir nicht möglich, irgend welche Literatur über solche Versuche zu erhalten.

V. SEELHORST hat endlich eine fünfte Art von Versuchen angestellt. Er verfuhr dabei folgendermassen: Durch Anlage verschieden hoher Mauern wurden Beete mit differenziertem Grundwasserstand geschaffen (vergleiche die schematische Darstellung).



Schematische Darstellung der SEELHORSTschen Anlagen.

In diese Beete, die durch den verschieden hohen Grundwasserstand einen differenzierten Wassergehalt des Bodens erhielten, säte SEELHORST ein Grasgemisch ein. Er ging dabei von der Annahme aus, dass die Gräser einander je nach ihrer Vorliebe für feuchteren oder trockneren Boden allmählich verdrängen würden. Es sollte auf diese Art und Weise das Wasserbedürfnis der einzelnen Grasarten festgestellt werden. Leider war es mir nicht möglich, in dem Journal für Landwirtschaft, in dem die SEELHORSTschen Forschungen erschienen, das Ergebnis des Versuchs zu finden.

B. EIGENE VERSUCHE.

1. Besprechung der Versuchsanstellung.

Ich komme nun zur Besprechung meiner eigenen Versuche. Die Versuchsanstellung war folgende:

Die zur Verfügung stehenden 200 Gefässe wurden mit einer Mischung von 3 Teilen Sand und einem Teil Moor (Volumenteile) beschickt. Für die ersten 120 Gefässe wurde Hohenbockaer Glassand benutzt. Derselbe war im vorhergehenden Vegetationsjahre für mit Nährlösung gegossene Gefässversuche gebraucht worden, hatte Winter über auf einen Haufen geschüttet gelagert und war dann im Frühjahr zur neuen Verwendung durch Sieben von den in ihm enthaltenen Wurzelbestandteilen gereinigt worden. Für die übrigen 80 Gefässe wurde leicht lehmiger Sand aus einer Kiesgrube in der Nähe von Königsberg gebraucht. Der zu beiden Versuchen verwandte Moorboden stammte aus dem Hochmoor von Bledau bei Cranz.

Die ersten 120 Gefässe wurden mit folgenden Pflanzen zur Feststellung ihres relativen Wasserverbrauchs besät resp. bepflanzt:

<u>Getreide.</u>		<u>Gräser.</u>	
Janetzky Sommerweizen	4	Wiesenfuchsschwanz	4
Galizischer Kolb.S.Weizen	4	Rohrartiger Schwingel	4
(Gelbhafer (Nährlösung))	4)	Knaut-Gras	4
(Gelbhafer (Wasser))	4)	Italienisches Raygras	4
Kleyhafer	4	Rohrglanzgras	4
<u>Leguminosen.</u>		<u>Hackfrüchte.</u>	
(Victoria Erbsen	4)	Möhren	8
(Victoria Erbsen (Wasser))	4)	Kohlrabi	8
Ackerbohne	4		
Saatwicke	3		
Gelbe Lupine	2		
<u>Klee.</u>		<u>Sonstiges.</u>	
Gelb-Klee	4	Buchweizen	4
Bastard-Klee I	4	Zuckermoorhirse	8
Bastard-Klee II	4	Gelbe Schwabacher Rispenhirse	4
Horn-Klee	4		

Die in Klammern gesetzten Versuche gehören eigentlich nicht zu dieser Reihe und sind nur der Vollständigkeit halber aufgeführt.

Ausserdem waren noch folgende Versuche angesetzt:

Hernes Hannagerste	4	Ackermanns Danubiagerste	4
Svalöfs Sranhalagerste	4	Gelbe Lupine	4
Ackermanns Bavariagerste	5	Luzerne	4

Die Gerste kam wegen zu starken Mehltau-Befalls nur unvollkommen zur Entwicklung. Luzerne und gelbe Lupine gingen unter Säureerscheinungen ein. Als Ersatz für die Lupine wurden die beiden letzten noch übrigen Gefässe mit Pflanzen aus dem Freien besetzt (vergleiche Teil III).

Von den 80 Gefässen der zweiten Versuchsreihe wurden 40 mit Hafer, der zur einen Hälfte mit Wasser, zur anderen mit Nährlösung gegossen wurde, besät, 40 mit Erbsen, die ebenfalls mit Wasser und Nährlösung gegossen wurden. Näheres über diese Versuchsreihe, insbesondere auch über die Differenzierung der Wassermenge usw. vergleiche Teil II. Die zum Giessen verwandte Nährlösung war nach den Angaben E.A. MITSCHERLICHs wie folgt zusammengesetzt:

Lösung I.

230 g Kaliumnitrat	
+ 90 g Natriumnitrat	
+ 210 g Ammoniumnitrat	
+ 125 g Dikaliumphosphat	
+ 75 g Monokaliumphosphat	
	in 2 1/2 Liter H ₂ O

Lösung II.

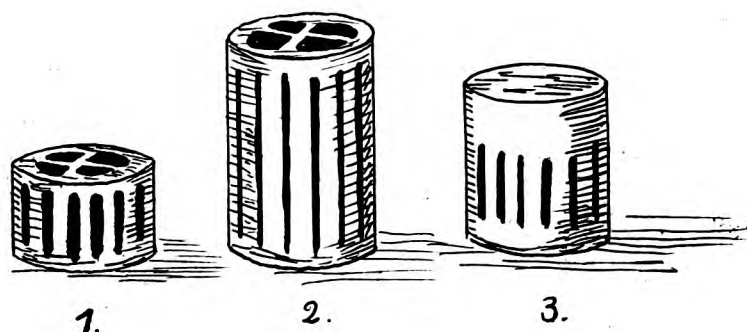
100 g Magnesiumsulfat	
+ 30 g Magnesiumchlorid	
	in 2 1/2 Liter Wasser.

Von beiden Lösungen werden je 225 ccm auf 10 Liter Wasser verabfolgt.

Die Gefässe waren in einem Drahtschuppen aufgestellt, der durch einen abrollbaren Plan vor Regen geschützt wurde. Kleinere Regenmengen, die gelegentlich doch einregneten, wurden gemessen und mit dem Giesswasser verrechnet. Einmal, und zwar in der Sturmnacht vom 3. zum 4. September, hob der Wind den heruntergelassenen Plan aus seiner Befestigung und schob ihn zusammen, sodass meine Versuche einregneten. Glücklicherweise waren die Versuche mit differenzierter Wassermenge schon geerntet resp. standen ganz am Ende ihrer Vegetationsperiode, sodass hier eine Schädigung nicht eintreten konnte. Die übrigen Versuche wurden wieder auf ihr altes Gewicht gebracht und die ausgefallene Messung aus den vorhergehenden und folgenden errechnet. Sollte diese Rechnung auch ungenau sein, so würde der Fehler bei seiner Kleinheit (es handelt sich um den Wasserverbrauch von nur 16 Stunden) kaum eine Rolle spielen.

Die grösste Schwierigkeit bei der Berechnung des Wasserverbrauches der untersuchten Pflanzen bestand in der Berücksichtigung der Bodenverdunstung. Um sie zu ermitteln, wurden 6 Brachetöpfe aufgestellt, von denen 3 künstlich beschattet waren. Sie wurden ebenso wie die mit den Pflanzen besetzten Gefässe erst auf 70, dann auf 100 % der vollen Wasserkapazität des Bodens gehalten.

Zur Beschattung des Bodens dienten je zwei in einander gestellte Pappzylinder, die mit Ausschnitten in der Längsrichtung versehen bei gleicher Beschattung die Beeinflussung der Windstärke und - Richtung durch die Pflanzen möglichst genau nachahmen sollte (vergleiche die unten stehende Abbildung).



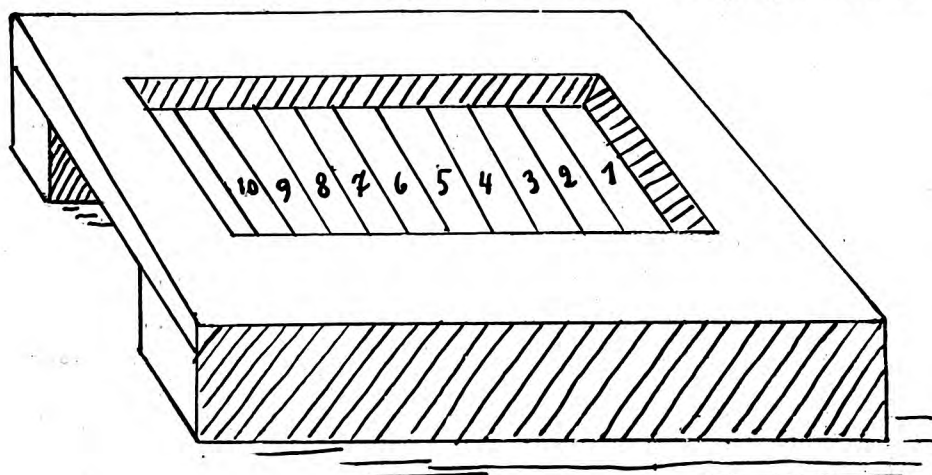
Cylinder 1 = nicht beschattend,

Cylinder 2 = mittel beschattend,

Cylinder 3 = stark beschattend.

Um den Grad der Beschattung des Bodens durch die Zylinder zu ermitteln, um denselben mit der durch die Pflanzen herbeigeführten Beschattung zu vergleichen, konstruierte ich mir folgenden einfachen Apparat:

In einem Kopierrahmen, wie ihn der Photograph benutzt, wurde ein Chlorsilber-



streifen (Celloidin) eingespannt, der durch Seidenpapierschichten verschieden beschattet wurde. Dabei war (vgl. die nebenstehende Abbildung) Abteilung I des Streifens garnicht, Abteilung II durch eine Papierschicht, III durch 2 Schichten und so fort beschattet.

Unter die zur Untersuchung bestimmten Pflanzen und Apparate

wurden unter Glas gespannte Chlorsilberpapier-Streifen gelegt, die also genau der Abteilung I des in den Kopierrahmen eingespannten Chlorsilberpapiers entsprachen, und dem Licht zur gleichen Zeit wie der Kopierrahmen ausgesetzt. Letzterer, sowie die unter die zu untersuchenden Objekte gelegten Streifen wurden gleich lange belichtet, und zwar so lange, bis die Abteilung I des Kopierrahmen-Papiers eine bestimmte Färbung erlangt hatte.

Wurden dann die Färbungen der unter die Pflanzen resp. Apparate gelegten Papierstreifen mit denen des Kopierrahmenstreifens in der Dunkelkammer verglichen, so konnte man mit Leichtigkeit den Beschattungsgrad ermitteln.

Ich stellte die Messungen im Dezember im Gewächshaus unter den von mir im Sommer verwendeten Zylindern sowie unter einigen Gräsern an, die für Demonstrationszwecke dort gezogen wurden. Es ergaben sich folgende Resultate:

Poa compressa.	Phalaris arundina- cea.	Phleum pratense	Poa pratensis	Cylinder		
				schwach	mittel	stark
				beschattend.		
3	4	5	4	4	7,5	10
4	5	4	4	4	6	10
5	6	5	4,5	5	7	8
4	5	4,5	4,15	4,25	6,83	9,33

1 = unbeschattet,

10 = totale Beschattung (richtiger: keine Belichtung festzustellen).

Ich fand also für den am wenigsten beschattenden Zylinder eine geringere Beschattungsgrösse als für die schwach entwickelten Gräser, was für die nachfolgende Auswertung der Bodenverdunstungsversuche von Wichtigkeit ist.

Die gebrauchten Gefässe verdunsteten folgende Wassermengen:

Versuch I (70% Kapazität) 15. 6. - 14. 7. 25.

Verdunstung der freien Wasseroberfläche, mm.	unbeschattet			beschattet.		
	1	2	3	leicht	mittel	stark
353	2015	2250	2190	1310	1375	1435

Versuch II (100% Kapazität) 15. 7. - 15. 8. 25.

Verdunstung der freien Wasseroberfläche, mm.	unbeschattet			beschattet.		
	1	2	3	leicht	mittel	stark
526,5	3050	3385	-	-	-	-

Versuch II a, wie II.

Einige Messungen fallen infolge von Versehen bei ihrer Anstellung aus.

Verdunstung der freien Wasseroberfläche, mm.	unbeschattet			beschattet.		
	1	2	3	leicht	mittel	stark
476,5	-	-	-	1770	1710	1720

Rechne ich diese Zahlen auf 64 mm Verdunstung der freien Wasseroberfläche um, so ergeben sich folgende Werte (über Messung der Verdunstung der freien Wasseroberfläche sowie über die Wahl der Einheit von 64 mm vergleiche Teil III):

		Versuch I	Versuch II
unbeschattet	1	365,4	370,8
"	2	408,0	411,4
"	3	397,0	-
beschattet:			
leicht	1	235,6	237,8
mittel		248,4	229,7
stark		260,1	231,0

Wie wir sehen, verdunstet der Boden bei ca 60 bis 100% seiner vollen Wasserkapazität, vorausgesetzt, dass das verbrauchte Wasser häufig genug erneuert wird, annähernd gleiche Mengen. Ebenfalls bleibt bei genügender Beschattung die Verdunstungsmenge unabhängig von einer weiteren Verstärkung derselben. Die beschatteten Gefässe, die uns hier hauptsächlich interessieren, verdunsteten bei Versuch I bei einer Verdunstung von 64 mm der freien Wasseroberfläche im Durchschnitt 248,0 g, bei Versuch II 232,8 g. Die Ergebnisse von Versuch II sind etwas ungenau, da dreimal eingeregnete Wassermengen berücksichtigt werden mussten, die sich trotz exakter Messungen nur annähernd bestimmen liessen. Infolgedessen legte ich meinen Rechnungen die Zahlen von Versuch I zu Grunde und berücksichtigte die Bodenverdunstung mit 250 g für die Verdunstungseinheit der freien Wasseroberfläche (64 mm).

Trotzdem musste ich mich einige Male dort, wo die Pflanzen durch ihr üppiges Wachstum den Boden vollkommen von der Aussenluft abschlossen resp. wo sie (Möhren) mit ihren Knollen einen Teil der Bodenoberfläche verdrängten, auf Schätzungen einlassen. Doch habe ich dieselben sehr vorsichtig angestellt und glaube, mit ihnen den wirklichen Verhältnissen recht nahe gekommen zu sein.

V. SEELHORST hat einen ähnlichen Versuch über Bodenverdunstung angestellt. Er bepflanzte einen seiner Vegetationskästen am 15. 4. 1909 mit kleinen abgetrockneten Roggenpflanzen. Dieselben wurden zwei mal, am 15. Mai und 15. Juni durch grössere ersetzt. Die Resultate des Versuchs waren folgende:

	Niederschläge	Verdunstung		
		II	III	Differenz
15. 4. - 30. 7.	296,2	212,4	171,3	41,4
15. 4. - 16. 6.	140,4	106,1	70,7	35,4
II = unbeschattet				
III = beschattet				

V. SEELHORST kam also zu einer Herabminderung der Verdunstung des Bodens durch die Beschattung um ein Viertel bis ein Fünftel, während bei meinen Versuchen der beschattete Boden nur zwei Drittel der Wassermenge an die Atmosphäre abgab, die der unbeschattete Boden verdunstete.

Diese Differenz zwischen den beiden Versuchen ist sehr leicht erklärlich. Der SEELHORSTsche Vegetationskasten erhielt nur die atmosphärischen Niederschläge, während bei meinen Versuchen das verbrauchte Wasser alle zwei bis drei Tage, in der heissen Jahreszeit täglich, erneuert wurden. Bei dem SEELHORSTschen Versuch musste infolgedessen der unbeschattete Boden oben bald abtrocknen und seine Verdunstungsgrösse annähernd gleich 0 werden, während der beschattete Boden noch immer Wasser verdunstete. Bei meinen Versuchen dagegen blieben unbeschattete wie beschattete Gefässe gleichmässig feucht, wodurch sich die Differenz zwischen den Verdunstungszahlen beider vergrössern musste.

Die nachfolgenden Tabellen (Seite 346 - 353) enthalten nun die Ergebnisse meiner Versuche über den relativen Wasserverbrauch. Tabelle I bringt die Erträge

2. Übersicht über die gefundenen Wasser-Verbrauchszellen.

Tabelle I.

Ertrag, Wasserverbrauch, Bodenverdunstung, relativer Wasserverbrauch mit und ohne Berücksichtigung der Bodenverdunstung der auf 100% der vollen Wasserkapazität des Bodens gehaltenen Versuche.

Pflanzenart.	Nr. des Gefäßes.	Wasserverbrauch gr	Im Mittel kg	Ertrag gr Trockensubstanz	Im Mittel kg
<u>Getreide.</u>					
Janetzky's	1	26160	25 ± 0,51	50,6	47 ± 1,04
Sommer-	2	22880		43,0	
Weizen.	3	25860		47,8	
	4	25020		47,2	
<u>Galizischer</u>					
Kolben-	1	24610	25,5 ± 0,39	40,6	41,3 ± 0,5
Sommer-	2	27010		42,6	
Weizen.	3	25050		40,0	
	4	25240		42,1	
<u>Gelbhafer</u>					
	1	25830	26,1 ± 0,49	36,9	38,4 ± 1,22
	2	27320		41,3	
	3	24420		34,9	
	4	26910		40,5	
<u>Kleyhafer für Moor-</u>					
boden	1	33990	34,2 ± 0,59	66,9	66,6 ± 1,37
	2	32100		62,9	
	3	34380		64,8	
	4	36480		72,0	
<u>Leguminosen.</u>					
Victoria Erbse	1	34650	33,7 ± 0,76	106,2	103,8 ± 2,5
	2	35920		107,9	
	3	33670		107,4	
	4	30550		93,6	
Victoria Erbse (Wasser 100%)	1	16840	18 ± 0,366	44,4	48,8 ± 1,06
	2	19130		51,2	
	3	17840		49,2	
	4	18510		50,3	
<u>Gelbe Lupine</u>					
	1	27190	26,8	64,8	59,9
	2	26440		55,1	
<u>Köstritzer Ackerbohne</u>					
	1	50060	38,1 ± 2,9	127,1	79,9 ± 11,5
	2	35770		72,4	
	3	30630		54,5	
	4	36090		65,6	
<u>Saatwicke</u>					
	1	52740	49,9 ± 1,3	107,5	104,8 ± 4,3
	2	50390		112,8	
	3	46670		94,1	
	4				

2. Übersicht über die gefundenen Wasser-Verbrauchszellen.

Tabelle I.

Ertrag, Wasserverbrauch, Bodenverdunstung, relativer Wasserverbrauch mit und ohne Berücksichtigung der Bodenverdunstung der auf 100% der vollen Wasserkapazität des Bodens gehaltenen Versuche.

Pflanzenart.	Wasserverbrauch Ernte gr. Tr.	Im Mittel kg	Bodenver- dunstung	Wasserverbrauch- Bodenverdunst. : Ernte gr. Tr.	Im Mittel.
<u>Getreide.</u>					
Janetzky's	516,9	530 ± 3,2	4250	432,9	439,6 ± 3,2
Sommer-	532,0			432,2	
Weizen.	541,1			552,2	
	530,1			440,1	
Galizischer	606,1	616,5 ± 6,69	4250	501,6	513,6 ± 6,61
Kolben-	634,2			534,3	
Sommer-	626,2			520,0	
Weizen.	599,5			498,5	
Gelbhafer	700,0	681,4 ± 9	4500	578,1	563,7 ± 5,3
	661,5			552,5	
	699,8			570,9	
	664,5			553,3	
Kleyhafer für Moor- boden	508,2	513,9 ± 4,06	4500	440,8	446,2 ± 3,65
	510,2			438,7	
	530,6			461,2	
	506,7			444,2	
<u>Leguminosen.</u>					
Victoria Erbse	326,3	324,7 ± 2,77	3750	291,0	288,5 ± 2,95
	332,9			298,1	
	313,4			278,6	
	326,3			286,3	
Victoria Erbse (Wasser 100%)	379,3	370,9 ± 2,75	4000	289,2	288,6 ± 1,8
	373,6			295,4	
	362,5			281,3	
	368			288,5	
Gelbe Lupine	419,6	449,7	3250	369,4	395,1
	479,8			420,8	
Köstritzer Ackerbohne	394,0	500 ± 27,3	5500	350,6	424 ± 19,37
	494,2			418,1	
	561,9			461,2	
	550,1			466,3	
Saatwicke	490,5	477,8 ± 13,0	5000	444,0	429,8 ± 10,8
	446,9			402,5	
	496,1			442,8	

Tabelle I cont.

Pflanzenart.	Nr. des Gefäßses.	Wasserverbrauch gr	Im Mittel kg	Ertrag gr Trockensubst.	Im Mittel kg
<u>Klee.</u>					
Gelbklee.	1	22970	21,6 ± 0,73	44,5	41,3 ± 1,6
	2	23140		44,7	
	3	19940		37,1	
	4	20410		38,9	
Bastardklee I	1	30360	28 ± 0,83	69,9	59,3 ± 3,9
	2	25870		43,9	
	3	26720		58,5	
	4	28920		64,8	
Bastardklee II	1	32260	32,5 ± 0,5	72,9	75 ± 1,68
	2	34620		81,9	
	3	31680		71,0	
	4	31660		74,2	
Hornklee	1	20670	18,7 ± 1,1	35,9	30,7 ± 2,57
	2	16690		25,5	
	3	21170		34,9	
	4	16160		24,3	
<u>Gräser.</u>					
Wiesenfuchsschwanz	1	33670	30,6 ± 1,07	49,3	49,8 ± 2,26
	2	31970		45,6	
	3	28380		38,4	
	4	28510		38,0	
Rohrartiger Schwingel	1	23490	22,6 ± 0,46	39,9	38,6 ± 0,708
	2	23670		40,3	
	3	21890		38,0	
	4	21540		36,4	
Knautgras	1	28400	30,3 ± 0,46	44,3	48,7 ± 1,07
	2	30790		48,7	
	3	31110		52,0	
	4	30860		49,8	
Italienisch Raygras	1	29730	31,7 ± 0,62	47,5	53,2 ± 1,61
	2	32870		54,0	
	3	31060		52,3	
	4	33020		59,0	
Rohrglanzgras	1	28650	30,6 ± 0,68	43,3	47,5 ± 2,36
	2	30740		48,1	
	3	29880		42,0	
	4	33390		56,5	

Tabelle I cont.

Pflanzenart.	Wasserverbrauch : Ertrag gr. Trockensubstanz	Im Mittel kg	Bodenver- dunstung.	Wasserverbrauch - Bodenverdunst : Ertr. gr Tr.	Im . kg
<u>Klee.</u>					
Gelbklee	516,2 517,6 537,5 524,7	524 ± 3,46	750	499,4 500,8 517,1 505,5	505,7 ± 2,78
Bastard- Klee I	434,3 588,7 456,6 446,3	481,5 ± 26,17	850	422,1 569,3 442,2 433,2	466,7 ± 25,03
Bastard- Klee II	442,6 422,8 446,2 426,7	434,6 ± 4,8	850	427,3 412,3 434,2 415,3	422,3 ± 4,16
Hornklee	575,8 654,6 606,6 665,0	625,5 ± 16,5	3250	485,2 527,1 513,6 531,3	514,3 ± 6,3
<u>Gräser.</u>					
Wiesenfuchs- schwanz	682,9 701,9 739,1 750,2	718,5 ± 12,75	850	665,9 682,5 717,9 727,8	698,5 ± 11,87
Rohrartiger Schwingel	588,7 587,3 576,1 591,7	585,9 ± 2,42	1000	563,5 562,6 549,8 564,3	560 ± 2,51
Knäulgras	641,0 632,3 598,2 619,8	622,8 ± 6,75	900	620,7 613,8 580,9 601,7	604,3 ± ,45
Italienisch Raygras	625,9 608,7 593,9 559,7	597 ± 9,9	850	608,0 592,0 577,6 545,1	580,9 ± 9,5
Rohrglanzgras	661,8 639,2 711,5 589,9	650,6 ± 17,6	850	641,9 621,5 691,1 574,9	632,3 ± 16,64

Tabelle I Schluss.

Pflanzenart.	Nr. des Gefäßses.	Wasserverbrauch gr	Im Mittel kg	Ertrag gr Trockensubst.	Im Mittel kg
<u>Hackfrüchte.</u>					
Möhren.	1	37110	29,2 ± 1,22	132,1	89,1 ± 0,51
	2	25510		69,4	
	3	23450		64,8	
	4	28930		91,5	
	5	26790		85,9	
	6	26150		81,2	
	7	36450		107,6	
	8	29130		80,5	
Kohlrabi	1	30300	27,9 ± 0,49	87,9	75,3 ± 0,26
	2	25310		56,6	
	3	27930		74,8	
	4	29050		84,6	
	5	29120		76,4	
	6	26460		67,7	
	7	29240		69,7	
	8	25670		85,0	
<u>Sonstiges.</u>					
Buchweizen	1	14280	18,5 ± 1,8	20,6	34 ± 5,6
	2	15530		24,5	
	3	25350		56,9	
	4	18900		34,1	
Zucker-Moor-Hirse	1	13200	14,5 ± 0,51	76,8	79,5 ± 2,67
	2	15540		73,6	
	3	13840		78,0	
	4	13780		72,9	
	5	17000		100,9	
	6	16140		90,6	
	7	16000		80,4	
	8	11020		62,8	
Gelbe Schwabacher Rispen-Hirse	1	7920	8,1 ± 0,159	22,6	25,3 ± 1,29
	2	8290		26,5	
	3	7710		22,7	
	4	8620		29,4	

in gr geernteter Trockensubstanz sowie den relativen Wasserverbrauch mit und ohne Berücksichtigung der Bodenverdunstung der Versuchsreihe I.

Die auf 100% der vollen Wasserkapazität des Bodens gehaltenen Versuche der Reihe II sind hier ebenfalls eingereicht worden.

Tabelle I Schluss.

Pflanzenart.	Wasserverbrauch : Ertrag gr Trockensubstanz.	Im Mittel kg	Bodenver- dunstung.	Wasserverbrauch - Bodenverdunst. : Ertr. gr Tr.	Im Mittel kg
<u>Hackfrüchte.</u>					
Möhren	280,9 367,6 361,8 316,2 311,9 322,0 338,7 361,8	332,6 ± 7,95	1950	266,2 339,4 331,7 294,9 289,2 289,0 320,6 337,7	309,7 ± 7,26
Kohlrabi	344,6 447,2 373,5 343,4 347,6 390,8 420,2 302,0	371,2 ± 0,26	4500	293,5 367,7 313,2 290,2 322,2 324,3 355,0 249,1	
<u>Sonstiges.</u>					
Buchweizen	693,1 631,3 445,5 554,3	581 ± 39,8	5250	436,9 417,8 353,3 400,2	402,0 ± 12,4
Zucker- Moor-Hirse	171,9 211,1 177,4 189,1 168,6 178,1 199,0 175,5	183,8 ± 3,81	3250	129,5 167,1 135,8 144,1 136,3 142,3 158,7 123,7	142,2 ± 3,48
Gelbe Schwa- bacher Ris- pen-Hirse	350,4 312,9 339,7 293,2	324 ± 10,2	3000	217,7 199,6 207,5 191,2	204 ± 4,2

Tabelle II enthält Erträge des relativen Wasserverbrauchs der Versuche mit differenzierter Wassermenge (Reihe II).

Die Bodenverdunstung habe ich hier nicht berücksichtigt, da ich mich bei den verschiedenen feuchten Boden auf Schätzungen hätte einlassen müssen.

Tabelle II.

Wasserverbrauch, Ertrag und relativer Wasserverbrauch ohne Berücksichtigung der Bodenverdunstung der Versuche mit differenziertem Wassergehalt des Bodens. -

	Nr. des Gefäßes.	Wasserverbrauch gr	Im Mittel kg	Ertrag gr Tr.S.	Im Mittel	Wasserverbrauch : Ertrag gr	Im Mittel kg
Hafer, Wasser 10%	1	2050	2,28	3,6	3,8	570	600,5
	2	2440	± 0,068	3,9	± 0,049	625,6	± 9,86
	3	2400		3,9		615,4	
	4	2250		3,8		590,8	
20%	1	4740	4,55	5,5	5,5	681,8	824,2
	2	4430	± 0,084	5,7	± 0,61	777,1	± 13,2
	3	4710		5,6		841,0	
	4	4330		5,3		817,0	
40%	1	7230	7,19	6,5	6,3	1113,0	1145,5
	2	7040	± 0,084	6,4	± 0,085	1094,0	± 12,32
	3	7490		6,0		1248,0	
	4	6990		6,2		1127,0	
70%	1	7750	7,98	5,5	6,2	1409,0	1295
	2	8210	± 0,137	6,5	± 0,16	1263,0	± 27,6
	3	8300		6,5		1277,0	
	4	7640		6,2		1232,0	
100%	1	7440	8,04	6,3	7,0	1181,0	1143
	2	8050	± 0,214	6,9	± 0,244	1167,0	± 1,50
	3	7760		6,9		1125,0	
	4	8900		8,1		1098,0	
Erbsen, Wasser 10%	1	2070	2,11	7,3	7,2	283,6	293,9
	2	2030	± 0,104	7,4	± 0,38	274,4	± 7,27
	3	2550		8,5		300,0	
	4	1810		5,7		317,6	
20%	1	5800	5,2	20,8	17,9	278,8	306,8
	2	3720	± 0,35	11,3	± 1,6	329,2	± 6,8
	3	6000		19,5		307,7	
	4	6230		20,0		311,6	
40%	1	12270	12,1	34,9	34,9	351,6	347,9
	2	12350	± 0,15	35,9	± 0,49	344,0	± 1,77
	3	11560		32,9		351,4	
	4	12370		35,9		344,5	
70%	1	15860	16,7	42,1	45,3	376,8	369,7
	2	16440	± 0,28	44,8	± 1,05	366,9	± 5,86
	3	17290		49,6		348,5	
	4	17280		41,7		386,5	
100%	1	16840	18	44,4	48,8	379,3	370,9
	2	15130	± 0,366	51,2	± 1,06	373,6	± 2,73
	3	17840		49,2		362,5	
	4	18510		50,3		368,0	

Tabelle II Schluss.

	Nr. des Gefäßes	Wasserverbrauch gr	Im Mittel kg	Ertrag gr Tr.S.	Im Mittel kg	Wasserverbrauch gr	Im Mittel kg
Hafer, Nährlös. 10%	1	3040	3,1	6,1	5,8	498,4	532,2
	2	3200	± 0,13	5,6	± 0,29	571,4	± 11,37
	3	2590		4,8		539,6	
	4	3480		6,7		519,4	
20%	1	7620	7,6	15,3	14,3	498,0	532,5
	2	7570	± 0,073	14,5	± 0,34	522,0	± 10,88
	3	7880		14,5		543,4	
	4	7310		12,9		566,6	
40%	1	16470	17,0	28,9	29,6	596,8	574,5
	2	16680	± 0,2	28,9	± 0,33	577,2	± 1,96
	3	17250		30,2		571,1	
	4	17570		30,3		579,8	
70%	1	23940	24,7	38,5	39,1	621,8	631,9
	2	25080	± 0,2	38,8	± 0,23	646,3	± 3,9
	3	24660		39,4		625,9	
	4	25220		39,8		633,6	
100%	1	25830	26,1	36,9	38,4	700,0	681,4
	2	27320	± 0,49	41,3	± 1,22	661,5	± 9
	3	24420		34,9		699,8	
	4	26910		40,5		664,5	
Erbsen, Nährlös. 10% x)	1	2000	1,5 x)	6,8	6,3 x)	294,1	220,1 x)
	2	2100	± 0,29	7,9	± 0,49	265,9	± 29,2
	3	870		4,9		177,5	
	4	830		5,8		143,1	
20%	1	5150	5,9	17,1	20,6	301,1	293,1
	2	5740	± 0,27	18,0	± 1,5	318,8	± 7,13
	3	6210		22,4		277,3	
	4	6850		24,9		275,1	
40%	1	15560	15,2	56,7	53,9	274,5	281,8
	2	14670	± 0,17	52,4	± 0,67	280,0	± 2,24
	3	15550		53,6		289,4	
	4	15030		53,0		283,5	
70%	1	27640	26,2	88,8	87,0	311,3	301,6
	2	26010	± 0,32	87,5	± 0,54	297,3	± 2,35
	3	26120		87,0		300,2	
	4	25270		84,9		297,7	
100%	1	34650	33,7	106,2	103,8	326,3	324,7
	2	35920	± 0,76	107,9	± 2,5	332,9	± 2,77
	3	33670		107,4		313,4	
	4	30550		93,6		326,3	

x) x) x) x) Wahrscheinlich richtiger:

Im Durchschnitt: 2,05 7,3 280 (Versuch I und II).

Ordne ich nun meine Pflanzen nach der Höhe des relativen Wasserverbrauchs, so komme ich zu folgender Reihenfolge:

Zuckermoorhirse	142,2 ± 3,48
Gelbe Schwabacher Rispenhirse	204 ± 4,2
Victoria Erbse (Nährlösung)	288,6 ± 1,8
" (Wasser)	288,5 ± 2,95
Möhren	309,7 ± 7,26
Kohlrabi	314,4 ± 9,17
Lupine, gelbe	395,1
Buchweizen	402 ± 12,4
Bastard-Klee II	422,3 ± 4,15
Ackerbohne	424 ± 19,37
Wicke	429,8 ± 10,84
Janetzky's Sommerweizen	439,6 ± 3,2
Kleyhafer für Moorboden	446,2 ± 3,65
Gelbhafer (Wasser)	456 ± 1,40
Bastard-Klee I	466,7 ± 25,03
Gelbklee	505,7 ± 2,78
Galizischer Kolben S. Weizen	513,6 ± 6,61
Hornklee	514,3 ± 5,27
Rohrartiger Schwingel	560 ± 2,51
Gelbhafer (Nährlösung)	563,7 ± 5,27
Italienisches Raygras	580,9 ± 9,5
Knautgras	604,3 ± 6,45
Rohrglanzgras	632,3 ± 16,64
Wiesenfuchsschwanz	698,5 ± 11,87

Die Zahlen sind durchschnittlich bedeutend höher als die von SEELHORST und von anderen Forschern ermittelten und daher nur bedingt mit ihnen vergleichbar. Der Grund liegt wohl darin, dass die Versuche durch das als Vogelschutz sie umgebende Drahtgitter stark beschattet waren. Bei beschatteten Pflanzen ist nun der relative Wasserverbrauch, wie schon WOLLNY konstatierte, bedeutend höher.

Die Reihenfolge der Pflanzen nach ihrer Wasserbedürftigkeit ist allerdings ziemlich dieselbe wie bei den früheren Versuchen.

Den geringsten relativen Wasserverbrauch haben Erbsen (über Hirse waren mir Versuche anderer Forscher leider nicht zugänglich). Dann kommen die Hackfrüchte, Lupine und Roggen. Buchweizen zeigt allerdings nach den Versuchen HELLRIEGELS einen verhältnismässig hohen Wasserverbrauch, während er bei meinen Versuchen an sechster Stelle steht. Dann kommt die Akerbohne, die auch wenig Wasser verbraucht, weiterhin die übrigen Getreidearten, zum Schluss endlich Klee und Gräser.

Wenn ich hier von "anspruchsvoll" spreche, so ist diese Bezeichnung eigentlich unangebracht, denn eine Pflanze, die an den Feuchtigkeitsgehalt ihres Standortes sehr geringe Ansprüche stellt, kann trotzdem einen relativ hohen Wasserverbrauch haben und umgekehrt.

Betrachten wir das Verhältnis von relativem Wasserverbrauch und Ertrag bei den auf 100% der vollen Wasserkapazität gehaltenen Gefässen, so finden wir, dass im allgemeinen ersterer umso grösser wird, je kleiner der letztere ist.

Eine Erklärung für diese Tatsache müssen spätere, genauere Versuche bringen. Aus dem vorhandenen Versuchsmaterial lässt sie sich nicht ermitteln, ich könnte höchstens Vermutungen hierüber aussprechen.

Betrachten wir die Versuche mit unterschiedlichem Wassergehalt des Bodens, so finden wir die gegenteilige Erscheinung: Der relative Wasserverbrauch ist umso grösser, je mehr bei steigendem Wassergehalt des Bodens die Erträge ansteigen.

Tatsächlich liegen die Verhältnisse nicht so krass, wie es auf den ersten Blick den Anschein hat. Es ist hier die Bodenverdunstung nicht berücksichtigt, die

sicherlich einen grossen Teil des Ansteigens des relativen Wasserverbrauchs bedingt. Beispielsweise wird bei den auf 70% der vollen Wasserkapazität des Bodens gehaltenen, mit Nährlösung gegossenen Erbsen die Bodenverdunstung nur ein Viertel der 100-prozentigen Versuchsreihe betragen, weil bei der enorm starken Entwicklung dieser Kulturen die Bodenoberfläche der ersteren schnell nach dem GiesSEN abtrocknete und so gut wie nichts verdunstete, während die Bodenoberfläche der 100-prozentigen Gefässe viel länger feucht blieb. Umgekehrt wird (vergleiche über Bodenverdunstung Seite 344/45) bei den mit Wasser gegossenen Erbsen die Bodenverdunstung bei den 70- und 100-prozentigen Versuchen annähernd die gleiche sein.

Bevor wir zu dieser Frage des Ansteigens des relativen Wasserverbrauchs der Pflanzen mit dem Wassergehalt des von ihnen bestandenen Bodens Stellung nehmen, müssen wir uns darüber klar werden, wovon der Wasserverbrauch einer Pflanze eigentlich abhängig ist.

Nach den Forschungen HUBERS ist die Grösse der Wasserdurchströmung direkt proportional dem Saugkraft-Unterschied zwischen den transpirierenden Teilen und dem Boden und umgekehrt proportional dem Leitungswiderstand.

Wie derselbe Forscher, so wie WALTER fand, schreitet die Pflanze zu einer Einschränkung der Transpiration (Verschluss der Spaltöffnung) nur bei grosser Steigerung der Evaporation. Die normale Folgerung einer grossen Evaporation resp. Wassermangels im Boden ist die Verstärkung der Saugkraft der Wurzel durch Turgeszenz-Rückgang im pflanzlichen Körper. Wird die osmotische Kraft des Bodens trotzdem grösser als die der Wurzeln, so verwelkt die Pflanze.

Da nun die Pflanzen der wasserarmen Gefässe sich ebenso normal entwickelten wie die der feucht gehaltenen, gewissermassen nur verkleinerte Abbilder der letzteren waren, so müsste an und für sich der relative Wasserverbrauch durchweg derselbe sein. Er ist dennoch bei den auf trockenem Boden gewachsenen Pflanze geringer, weil diese einen grösseren osmotischen Widerstand des Bodens zu überwinden haben.

Das Ansteigen des relativen Wasserverbrauchs müsste auch dem Wirkungsgesetz folgen. Mir war es leider nicht möglich, diese zu ermitteln, da ich die Bodenverdunstung bei dem betreffenden Versuche nicht berücksichtigen konnte.

Jedenfalls wäre es sehr interessant, diese Frage zu klären. Die Grundbedingung ist allerdings die, dass wir bei den künftigen Versuchen die Bodenverdunstung ausschalten. Ich halte hier den von WOLLNY beschrittenen Weg (vergl. S. 340) am gangbarsten. Die Gefässe müssten im übrigen ebenso konstruiert sein wie die bei unseren Versuchen verwandten (neuestes Modell der von MITSCHERLICH entworfenen Gefässe), doch wäre die Grösse etwas kleiner zu wählen, da jedes Gefäss ja nur mit einer bzw. wenigen Pflanzen zu besetzen wäre.

II. HAUPTTEIL.

Vom Wasser als Vegetationsfaktor im Rahmen der Wirkungsgesetze.

1. FRÜHERE VERSUCHE.

Versuche über den Vegetationsfaktor Wasser liegen wohl ausschliesslich von MITSCHERLICH vor. WOLLNY und HELLRIEGEL haben zwar auch schon derartige Versuche angestellt, doch arbeiteten sie mit unten geschlossenen Gefässen und kamen so zu ganz anderen Resultaten. So fand WOLLNY das Optimum der Bodenfeuchtigkeit für das pflanzliche Wachstum bei 60 bis 70% der vollen Wasserkapazität des Bodens, MITSCHERLICH dagegen bei 100%.

Anders liegen die Verhältnisse bei den Versuchen WOLLNYS, bei denen er den Einfluss der Durchsetzung des Bodens mit Steinen feststellt, was ja letzten Endes auch einer Änderung der der Pflanze zur Verfügung stehenden Wassermenge gleich kommt. Hier finden wir das Wirkungsgesetz bestätigt. Die gefundenen Werte folgen der Gleichung (x = Bodenvolumen):

$$\log (140 - y) = 2,1461 - 0,74 x$$

Auf die ja allgemein bekannten Versuche MITSCHERLICHs will ich nur ganz kurz eingehen. Es handelt sich hier ebenfalls durchweg um Gefäßversuche, bei denen MITSCHERLICH entweder so vorging, dass er den Pflanzen verschiedene Böden, und damit verschiedene Wassermengen, zur Verfügung stellte, oder dass er den Wassergehalt des Bodens bei gleichem Volumen desselben differenzierte. Er kam dabei zu folgenden Wirkungsfaktoren für Wasser:

Kulturpflanze.	Boden.	Art der Düngung.	Wirkungsfaktor des Wassers.
Senf	Sand	Ständig mit TOLLEN-scher Nährlösung durchtränkt, leicht erreichbar.	0,00200
Senf	Sand	desgl., doch tiefer im Boden verteilt.	0,00100
Lupinen	Sandboden	Grunddüngung und zweimal volle Durchtränkung mit Nährlösung	0,00086
Wicken	Sandboden Gartenboden	Grunddüngung + Kopfdüngung und einmal volle Durchtränkung mit Nährlösung.	0,00053 0,00053
Hafer	Sandboden	desgleichen	0,00052
Möhren	Gartenboden	desgleichen	0,00047
Hafer	Gartenboden	Grunddüngung + 2 Kopfdüngungen	0,00032
Erbsen	Gartenboden	desgleichen	0,00032
Senf	Moorsand	desgleichen	0,00032
Spörgel	Sandboden Moorboden	2. Frucht der Grunddüngung und einmal völlige Durchtränkung mit Nährlösung	0,00017
Kleine Gerste	Sandboden Moorboden	desgleichen	0,00013 0,00013

Auffallend ist auf den ersten Blick die Tatsache, dass der Wirkungswert für Wasser so grossen Schwankungen unterworfen ist. Wir müssen uns darüber klar werden, dass es tatsächlich unmöglich ist, den Vegetationsfaktor Wasser unter Gleichsetzung aller anderen Faktoren zu differenzieren. Sowie wir den Wassergehalt des Bodens ändern, ändern wir gleichzeitig die chemischen Wachstumsfaktoren, deren Natur derart kompliziert und ungeklärt ist, dass wir uns von ihrem Einfluss teilweise keine rechte Vorstellung machen können. Beispielsweise sind die bei meinen Versuchen öfters eingetretenen Krankheits-Erscheinungen fast durchweg auf zu reichliche Wassergaben, besonders bei jungen Kulturen, zurückzuführen.

Ausführliche Besprechung des Vegetationsverlaufs sowie der Behandlung der einzelnen Versuche der Reihe 2.

Bei meinen Versuchen wurden je 40 Gefässe mit Erbsen und Hafer besät, und von diesen wiederum die eine Hälfte mit Wasser, die andere mit Nährlösung gegossen. Es ergaben sich so 4 verschiedene Versuchsreihen zu 20 Gefässen. Je 4 Gefässe jeder Reihe wurden auf 10, 20, 40, 70 und 100% der vollen Wasserkapazität des Bodens gebracht.

Über den verwandten Boden vergleiche Seite 342. Beim Ansetzen der Versuche war die Hygroskopizität des Sandes nicht berücksichtigt, sodass sich bei den Berechnungen die Notwendigkeit ergibt, bei den Werten von $w = \% \text{ Wasser}$ 5 % (115 g) abzuziehen.

Nachfolgend möchte ich den Verlauf der Entwicklung der einzelnen Versuchsreihen kurz schildern:

Erbsen, Wasser.

25. 5. 25 Aussaat. Die Gefässe werden anfangs nur mit Wasser besprengt, ausserdem erhalten sie am 8. und 11. 6. je 200 ccm Nährlösung. 9. bis 10. 6. Verziehen der jungen Pflanzen auf 19. Am 12. 6. werden die nominell 70 und 100 prozentigen Gefässe auf 70% der vollen Wasserkapazität des Bodens gebracht, die übrigen enthalten noch zuviel Wasser, müssen abdunsten und erreichen ihr richtiges Gewicht erst später (40% am 17. 6., 20% am 26. 8.) auf ihr volles Gewicht gebracht. Die Entwicklung der Pflanzen verläuft normal, die 10 prozentigen Gefässe reifen etwa 2 Wochen früher als die übrigen. Ernte am 20. 8.

Ernte in g Trockensubstanz.

	10%				20%			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Stroh	4,9	5,1	5,3	4,1	9,0	5,8	8,5	9,3
Korn + Spreu	2,4	2,3	3,2	1,6	11,8	5,5	11,0	10,7
Sa.	7,3	7,4	8,5	5,7	20,8	11,3	19,5	20,0

40%				70%				
	1	2	3	4	1	2	3	4
Stroh	14,6	15,2	14,1	15,5	19,0	19,6	21,3	21,2
Korn + Spreu	20,3	20,7	18,8	20,3	23,1	25,2	28,3	23,5
Sa.	34,9	35,9	32,9	35,8	42,1	44,8	49,6	44,7

100%				
	1	2	3	4
Stroh	20,0	23,4	21,9	21,5
Korn + Spreu	24,4	27,8	27,3	28,8
Sa.	44,4	51,2	49,2	50,3

Beginn der Messungen des Wasserverbrauchs 20. 6. Abschluss derselben bei den 20 bis 100 prozentigen Gefässen 20. 8., bei den 10 prozentigen 10. 8.

Erbsen, Nährlösung.

Erste Behandlung der Versuche wie bei den mit Wasser gegossenen Erbsen. Am 12. 6. wird mit dem Giessen mit Nährlösung begonnen, soweit die Versuche nicht noch abdunsten müssen.

Die 100 prozentigen Gefässe werden vorläufig auf 80%, erst am 20. 6. auf 100% der vollen Wasserkapazität des Bodens gebracht. Die 10 prozentigen erreichen am 29. 6., die 20 prozentigen am 27. 6., die 40 prozentigen am 17. 6. ihr richtiges Gewicht.

Die Pflanzen entwickeln sich bis auf Gefäss III und IV des 10 prozentigen Versuches, die bald eingehen, normal.

Die 10 prozentigen Versuche reifen etwa zwei Wochen früher als die übrigen. Ernte am 24. 8. 25.

Ernte in g Trockensubstanz.

		10%				20%			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Stroh		5,7	5,7	4,9	5,8	7,8	8,0	10,0	11,6
Korn + Spreu		1,1	2,2	-	-	9,3	10,0	12,4	13,3
Sa.		6,8	7,9	4,9	5,8	17,1	18,0	22,4	24,9

		40%				70%			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Stroh		26,3	22,2	24,7	23,2	37,9	38,2	35,8	36,9
Korn + Spreu		30,4	31,2	28,9	29,8	50,0	49,3	51,2	38,0
Sa.		56,7	53,4	53,6	53,0	88,8	87,5	87,0	74,9

		100%			
		1	2	3	4
Stroh		39,7	42,4	45,0	37,9
Korn + Spreu		66,5	65,5	62,4	56,7
Sa.		106,2	107,9	107,4	94,6

Beginn der Messungen des Wasserverbrauchs 20. 6. Abschluss derselben bei den 10 prozentigen Gefässen 8. 8., bei den übrigen 25. 8.

Hafer, Wasser.

23. 5. 25. Aussaat. Verziehen der jungen Pflanzen auf 35 am 9. 6. Anfangs werden die Versuche nur leicht mit Wasser besprennt, ausserdem erhalten sie am 11. 6. 200 ccm Nährlösung. Am selben Tage wird mit der Regulierung des Wassergehalts begonnen. Die 100 prozentigen Gefässe werden vorläufig auf 80%, am 13. 6. auf 90%, erst am 5. 8. auf 100% der vollen Wasserkapazität des Bodens gebracht. Die 10 bis 40 prozentigen Gefässe dunsten noch ab. Die 10 prozentigen Gefässe erreichen am 5. 7., die 20 prozentigen am 20. 6, die 40 prozentigen am 19. 6. ihr richtiges Gewicht. Nach dem Abdunsten der wasserarmen Versuche erhalten alle Gefässe nach und nach 250 ccm Nährlösung. Die Entwicklung der Pflanzen ist wegen des Nährstoffmangels schlecht. Ernte am 24. 8.

Ernteergebnis in g Trockensubstanz.

		10%				20%			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Stroh		2,3	2,3	2,3	2,5	3,3	3,1	3,3	3,1
Korn + Spreu		1,3	1,6	1,6	1,3	2,3	2,6	2,3	2,2
Sa.		3,6	3,9	3,9	3,8	5,6	5,7	5,6	5,3
		40%				70%			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Stroh		3,9	3,8	3,7	3,7	3,6	4,0	4,0	3,9
Korn + Spreu		2,6	2,6	2,3	2,5	1,9	2,5	2,5	2,3
Sa.		6,5	6,4	6,0	6,2	5,5	6,5	6,5	6,2
		100%							
		1	2	3	4				
Stroh		4,2	4,2	4,4	4,9				
Korn + Spreu		2,1	2,7	2,5	3,2				
Sa.		6,3	6,9	6,9	8,1				

Zu Hafer, Wasser: Beginn der Messungen des Wasserverbrauchs 20. 6., Abschluss derselben 24. 8.

Hafer, Nährlösung.

Erste Behandlung der Versuche wie bei dem mit Wasser gegossenen Hafer. Ab 11. 6. wird mit der Regulierung des Wassergehaltes begonnen, dabei die 100 prozentigen Versuche noch auf 80% der vollen Wasserkapazität, erst am 1. 7. auf 100%. Die 10 prozentigen Gefässe erreichen am 8. 6., die 20 prozentigen am 27. 6., die 40 prozentigen am 18. 6. ihr richtiges Gewicht.

15. 6. Beginn des Giessens mit Nährlösung.

Die Pflanzen kümmern anfangs, erst nach dem Geben von Nährlösung erholen sie sich. Ernte am 14. 8.

Erntergebnis in g Trockensubstanz.

		10%				20%			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Stroh		3,5	3,7	3,4	4,4	8,6	7,8	7,9	6,5
Korn + Spreu		2,6	1,9	1,4	2,3	6,7	6,7	6,6	6,4
Sa.		6,1	5,6	4,8	6,7	15,3	14,5	14,5	12,9

		40%				70%			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Stroh		17,8	17,7	17,5	18,5	26,5	25,2	25,9	26,9
Korn + Spreu		11,1	11,2	12,7	11,8	12,0	13,6	13,5	12,9
Sa.		28,9	28,9	30,2	30,3	38,5	38,8	39,4	39,8

		100%			
		1	2	3	4
Stroh		44,4	40,8	44,4	47,7
Korn + Spreu		22,5	22,1	20,4	24,3
Sa.		66,9	62,9	64,8	72,0

Über die 100 prozentigen Gefässe vergleiche auch Teil III (Hafer-Nährlösung Seite , Erbsen (Wasser) Seite , Erbsen (Nährlösung) Seite).

Der Wassergehalt des Bodens war tatsächlich niedriger wie angegeben, da die Pflanzen nur 1-3-tägig gegossen wurden ^{x)} und im Laufe eines Giessfages erhebliche Wassermengen verbrauchten. Wie eine von mir angestellte Berechnung erwies, ist diese Herabsetzung des Wassergehaltes prozentual bei den Versuchen einer Reihe annähernd derselbe; ich habe sie aus diesem Grunde bei der Berechnung der Wirkungsfaktoren für Wasser nicht berücksichtigt.

x) Beginn der Messungen des Wasserverbrauchs 20. 6. Abschluss derselben bei den 10 und 20 prozentigen Gefässen 1. 9., bei den 40 bis 100 prozentigen 14. 9.

Mathematische Ausrechnung der Resultate.

Die berechneten und gefundenen Werte stellen sich wie folgt:

**ERBSEN- UND HAFERERTRÄGE ALS FUNKTION DES
PROZENTISCHEN WASSERGEHALTS DES BODENS.**

W = proz. Wassergeh. d. Bodens.	x = zur Verfügung steh. Was- sermenge.	Erbsen.				Hafer.			
		Wasser.		Nährlösung.		Wasser.		Nährlösung.	
		gef.	ber.	gef.	ber.	gef.	ber.	gef.	ber.
10%	230	7,7 ± 0,3	7,8	7,3 ± 1,5	9,1	3,8 ± 0,05	3,6	5,8 ± 0,3	5,9
20%	460	20,1 ± 0,3	21,0	20,6 ± 0,7	25,8	5,5 ± 0,07	5,9	14,3 ± 0,3	15,6
40%	920	34,9 ± 0,5	35,0	53,9 ± 0,5	54,0	6,3 ± 0,09	6,3	29,6 ± 0,3	28,5
70%	1610	45,3 ± 1	45,1	87,0 ± 0,5	85,4	6,2 ± 0,16	6,5	39,1 ± 0,2	38,4
100%	2300	48,8 ± 1	48,8	107,2 ± 0,4	107,6	6,2 ± 0,7	6,5	38,4 ± 1,2	42,7

Die berechneten Werte folgen der Gleichung:

Erbsen (Wasser): $\log 51 - 0,0144 (w - 5) \%$

Erbsen (Nährlösung): $\log (160 - y) = \log 160 - 0,0051 (w - 5) \%$

Hafer (Wasser): $\log (6,5 - y) = 6,5 - 0,07 (w - 3) \%$

Hafer (Nährlösung): $\log (46 - y) = \log 46 - 0,012 (w - 5) \%$

Berechne ich mir aus den Wasserverbrauchszahlen der betreffenden Versuche den täglichen durchschnittlichen Wassergehalt des Bodens, so liegt derselbe bei den mit Wasser gegossenen Erbsen etwa $1/8$, bei den mit Nährlösung gegossenen Erbsen etwa $1/4$, bei dem mit Nährlösung gegossenen Hafer etwa $1/7$ unter dem angegebenen Wassergehalt.

Die Höchsterträge würden dann bei Erbsen (Wasser) etwa bei 2320 g, bei Erbsen (Nährlösung) etwa bei 7300 g, bei Hafer (Nährlösung) etwa bei 2630 g insgesamt zur Verfügung gestellter Wassermenge erreicht werden.

Auffällig ist die Tatsache, dass der Wirkungsfaktor des Wassers bei den Nährlösungsversuchen kleiner ist als bei den Wasserversuchen, eine Erscheinung, die den Erfahrungen MITSCHERLICHs widerspricht.

III. HAUPTTEIL.

Gesetzmässigkeiten, die sich aus dem Wasserverbrauch der Pflanzen
in der Zeit resp. Evaporations-Einheit ergaben.

Der vorliegende dritte Teil meiner Abhandlung soll das Ansteigen und Fallen des Wasserverbrauchs in der Vegetationsperiode behandeln, was ungefähr dem Wachstum der betreffenden Pflanzen entspricht, und gleichzeitig eine genaue Beschreibung der einzelnen, für diese Berechnung in Betracht kommenden Versuche enthalten.

1. Beziehungen zwischen Transpiration und Evaporation.

Den Messungen des Wasserverbrauchs können wir natürlich nicht die absolute Zeiteinheit zu Grunde legen - die Pflanze verbraucht an einem warmen Tage oft mehr als an 5 kühlen - sondern wir müssen sie auf eine Einheit der Verdunstungskraft der Atmosphäre beziehen, die wir mit Hilfe der Evaporation - der Verdunstung toter Körper - messen.

Für die Messung der Evaporation gibt es keinen exakten Apparat, besser gesagt, überhaupt keinen Massstab. Die einfachste Methode ist die, dass man Schalen mit Wasser aufstellt und misst, wieviel sie verdunsten. Die Nachteile dieser Methode liegen auf der Hand, bringt doch schon eine aus Kupfer hergestellte Schale ganz andere Resultate als eine eiserne. Den für unsere Zwecke brauchbarsten Apparat stellt wohl der MITSCHERLICHsche Verdunstungsmesser dar. Er besteht aus einer porösen, vollkommen mit destilliertem Wasser angefüllten Tonzelle. Das von deren Oberfläche verdunstete Wasser ergänzt sich mittels eines Steigrohres durch Hebelwirkung aus einem Zylinder, an dessen Skala mühelos die verbrauchte Wassermenge abgelesen werden kann. Vor Anstellung der Messungen werden die Apparate in einem gegen Luftzug geschützten Raum aufgestellt. Ihre Verdunstung wird dort mit einer zur Kontrolle aufgestellten freien Wasseroberfläche verglichen und ihre Messzylinder werden auf Millimeter Verdunstung derselben geeicht. Bei unseren Apparaten z.B. entsprach ein Teilstrich der Skala einer Verdunstung von zwei Millimetern der freien Wasseroberfläche. (Ausführliche Besprechung und Skizze des Apparates vergleiche MITSCHERLICH, Bodenkunde).

HUBER endlich ging von der Temperatur-Differenz eines feuchten und eines trockenen Thermometers aus, eine im allgemeinen recht zuverlässige Methode, die allerdings auch bei starkem Sonnenschein versagen soll.

Wie WALTER nachwies, stimmt die Transpirationskurve der Pflanze mit der Evaporationskurve weitgehend überein, ja öfter ist diese Übereinstimmung grösser als die zwischen den Ergebnissen der einzelnen Evaporationsmesser. (WALTER ging bei seinen Messungen von kurzen Zeiträumen aus, in denen das Wachstum der Pflanze keine Rolle spielt). Wir können also ruhig unseren Berechnungen die Messungen mit dem MITSCHERLICHschen Verdunstungsmesser, den ich benutzte, zu Grunde legen.

Wir können nun bei der Berechnung der Wasserverbrauchskurve wieder auf zwei Wegen vorgehen: Entweder wir gehen vom relativen Wasserverbrauch (Transpiration der Pflanze : Evaporation) in der Zeiteinheit aus oder von den Wassermengen, die die Pflanze in einer zu wählenden Evaporationseinheit verbraucht. Ich habe mich für den letzteren Weg entschlossen, da das Wachstum der Pflanze mehr den Faktoren, die auch zum grössten Teil die Evaporation beeinflussen, nämlich Licht und besonders Wärme, folgt, als der Zeiteinheit. Praktisch ist es nun allerdings unmöglich, immer gerade nach Ablauf der Evaporationseinheit - in diesem Falle = 64 mm Verdunstung oder 128 Teilstriche des benutzten MITSCHERLICHschen Verdunstungsmessers - die Gefässe zu giessen.

Unsere Evaporationszahlen werden deshalb etwas schwanken, wir müssen sie gegen einander verschieben und die Wasserverbrauchszahlen in demselben Verhältnis umrechnen.

Aus Tabelle III geht genau hervor, wie die einzelnen Messungen gegen einander verschoben wurden. Es sind alle Versuche nach diesem Schema umgerechnet worden.

Der Wert 0 der Kurvenberechnungen entspricht immer der jeweils ersten, bei der betreffenden Pflanze angestellten Messung, also z.B. bei der Schwabacher Rispenhirse dem Wert 5 des Umrechnungsschemas. (Der Berechnung der Wasserverbrauchskurve der Rispenhirse liegen die Messungen vom 9. 7. bis 3. 9. zu Grunde. Vergleiche die Beschreibung des Versuchs Seite 382). Wert 1 der Kurvenberechnung entspricht dann Messung 6 des Schemas, Wert 2 Messung 7 und so fort.

Tabelle IV enthält als Beispiel einen so umgerechneten Versuch und zwar den von Saatwicke. Bei den Additionen und Subtraktionen wurde mit der kleinsten Einheit von 10 g gerechnet. Eine genaue Rechnung war wohl kaum angebracht, muss man doch bedenken, dass unseren Zahlen im Freien mit einer Dezimalwaage angestellte Messungen zu Grunde liegen.

Tabelle III.

Nummer der Messung.	Zeit des gemessenen Wasserverbr.	Anzahl d. Giesstage während dieser Zeit.	Verdunst. d. Verd.-Messers währ. ds. Zeit in Einheiten des Apparats.	Die Messung wurde gemehrt resp. gemindert um (Produkt der Zahl x u. d. Messung y).		Dieses entspricht einer Änderung des Verdunstungsmesser-Ergebn. um (in Einheiten des Apparats).
I	17.6. - 22.6.	3	128	x	y	
II	23.6. - 27.6.	3	128			
III	28.6. - 30.6.	3	135	+		
IV	1.7. - 8.7.	4	117	- 0,0518	d.M. III	- 7 = 128
V	9.7. - 13.7.	3	149	+ 0,0518	d.M. III	+ 7) = 128
VI	14.7. - 16.7.	3	128	+ 0,0263	d.M. V	+ 4) = 128
VII	17.7. - 19.7.	3	122	- 0,0263	d.M. V	- 4) = 128
VIII	20.7. - 22.7.	3	117	- 0,114	d.M. V	- 17) = 128
IX	23.7. - 25.7.	3	160	+ 0,114	d.M. V	+ 17) = 128
X	26.7.	1	108	- 0,133	d.M. VI	- 17) = 128
XI	27.7. - 30.7.	3	134	+ 0,133	d.M. VI	+ 17) = 128
XII	31.7. - 5.8.	2	100	- 0,09	d.M. VII	- 11) = 128
XIII	6.8. - 9.8.	3	130	+ 0,09	d.M. VII	+ 11 = 128
XIV	10.8. - 14.8.	4	150	- 0,2	d.M. IX	- 32 = 128
XV	15.8. - 21.8.	3	112	+ 0,2	d.M. IX	+ 32) = 128
XVI	22.8. - 25.8.	3	128	- 0,11	d.M. X	- 12) = 128
XVII	26.8. - 3.9.	4	130	+ 0,11	d.M. X	+ 12) = 128
XVIII	4.9. - 14.9.	5	145	- 0,134	d.M. XI	- 18) = 128
XIX	15.9. - 22.9.	3	115	+ 0,134	d.M. XI	+ 18) = 128
				+ 0,07	d.M. XIII	+ 10) = 128
				- 0,077	d.M. XIII	- 10) = 128
				+ 0,0533	d.M. XIV	+ 8) = 128
				- 0,0533	d.M. XIV	- 8) = 128
				- 0,0933	d.M. XIV	- 14) = 128
				- 0,0933	d.M. XIV	+ 14) = 128
				+ 0,016	d.M. XVI	+ 2) = 128
				- 0,016	d.M. XVI	- 2) = 128
				+ 0,016	d.M. XVII	+ 2) = 128
				- 0,016	d.M. XVII	- 2 = 128
				- 0,0117	d.M. XVIII	- 17 = 128
				+ 0,0117	d.M. XVIII	+ 17) = 128
				- 0,0348	d.M. XIX	- 4) = 128

+) 0,0518 d.M. III bedeutet 0,0518 x Ergebnis der Messung III.

Tabelle III cont.

Nummer der Messung.	Zeit des gemessenen Wasserverbr.	Anzahl d. Giesstage während dies. Zeit	Verdunst. d. Verd.-Mess. währ. ds. Zeit in Einheiten d. Apparats	Die Messung wurde gemehrt resp. gemindert um (Produkt der Zahl x und d. Messung y).		Dieses entspricht einer Änder. d. Verdunst.-Mess.-Ergebn. um (in Einheiten d. Apparats).
XX	23. 9 - 3.10.	4	154	+ 0,0348 - 0,19	d.M. XIX d.M. XX	+ 4) = -30) = 128
XXI	4.10.-10.10.	3	126	+ 0,19 - 0,18	d.M. XX d.M. XXI	+30) = -28) = 128

Umrechnung des Versuchs mit Saatwicke
nach obigem Schema.

			gr Tr. 107,5	112,8	2,1		
I	310	390	450	0,6	1,2	2,1	1,3 ± 0,32
II	520	500	430	2,5	2,2	1,9	
				3,1	3,4	4,0	3,5 ± 0,2
III	620	490	540				
	- 30	- 30	30				
	590	460	510	3,2	1,9	2,8	
				6,3	5,3	6,8	6,1 ± 0,78
IV	730	730	710				
	+ 40	40	30				
	+ 30	30	30				
	860	800	770	5,7	4,9	5,5	
				12,0	10,2	12,3	11,3 ± 0,52
V	1400	1400	1200				
	- 40	40	30				
	- 160	160	140				
	1200	1200	1030	8,8	8,6	8,3	
				20,8	18,8	20,6	20,1 ± 0,5
VI	+ 160	160	140				
	1170	840	960				
	- 160	110	130				
	1170	890	970	8,7	5,7	7,7	
				29,5	24,5	28,3	27,4 ± 1,17
VII	+ 160	110	130				
	1680	1390	1560				
	- 150	130	140				
	1690	1370	1550	13,5	9,9	13,8	
				43,0	34,4	42,1	39,8 ± 2,17
VIII	+ 150	130	140				
	2630	1900	1990				
	2780	2030	2130	23,6	15,8	20,0	
				66,6	50,2	62,1	59,6 ± 3,76

Umrechnung des Versuchs mit Saatwicke (cont.)

			gr. Tr. 107,5 112,8 2,1			
IX	3380	2430	2680			
-	680	490	540			
	2700	1940	2140	22,8	15,0	20,1
				89,4	65,2	82,2
						78,9 ± 5,5
X	+ 680	490	540			
	1900	1710	1650			
-	210	190	180			
	2370	2010	2010	19,7	15,6	18,7
				109,1	80,8	100,9
						96,9 ± 6,4
XI	+ 210	190	180			
	3030	2790	2620			
-	410	370	350			
	2830	2610	2450	24,0	20,9	23,4
				133,1	101,7	124,3
						119,7 ± 7,2
XII	- 410	370	350			
	2670	2470	2540			
+	270	280	240			
	3350	3120	3130	28,8	25,4	30,7
				161,9	127,1	155,0
						148 ± 8,3
XIII	3540	3660	3180			
-	270	230	240			
+	260	260	230			
	3530	3640	3170	30,5	30,0	31,1
				192,4	157,1	186,1
						178,5 ± 8
XIV	4860	4950	4300			
-	260	260	230			
-	450	460	400			
	4150	4230	3670	36,3	35,3	36,4
				228,7	192,4	222,5
						214,5 ± 8,8
XV	+ 450	460	400			
	3060	3020	3030			
+	60	60	60			
	3570	3540	3490	30,9	29,1	34,5
				259,6	221,5	257,0
						246,0 ± 9,8
XVI	3450	3680	3540			
-	60	60	60			
+	70	70	60			
	3460	3690	3540	29,9	30,4	35,0
				289,5	251,9	292,0
						277,8 ± 10,3
XVII	4120	4260	3810			
-	70	70	60			
	4050	4190	3750	35,4	34,8	37,3
				324,9	286,7	329,3
						313,6 ± 10,7
XVIII	5950	6120	4990			
-	700	720	580			
	5250	5400	4410	46,5	45,6	44,2
				371,4	332,3	373,5
						359,1 ± 10,6

Umrechnung des Versuchs mit Saatwicke (Schluss).

				gr. Tr. 107,5	112,8	2,1	
XIX	+	700	720	580			
		3640	3730	3100			
	-	130	130	110			
		4210	4320	3570	36,8	36,0	35,3
				408,2	368,3	408,8	395,1 ± 10,7
XX	+	130	130	110			
		5090	5440	4780			
	-	970	1030	910			
		4250	4540	3980	37,2	38,0	39,7
				445,4	406,3	448,3	433,4 ± 10,8

Die so erhaltenen Wasserverbrauchszahlen werden um die Bodenverdunstung, in diesem Falle je 250 g, gemindert und durch die von dem betreffenden Gefäss erzeugte Trockensubstanz (gr) dividiert. Berechne ich dann aus diesen Zahlen, die den relativen Wasserverbrauch der einzelnen Gefässe in der Evaporations-Einheit darstellen, das Mittel, so erhalte ich die Werte, auf denen unsere Kurvenberechnungen beruhen.

Für die Berechnung der S-Kurve haben mehrere Forscher mathematische Ausdrücke gefunden, so ROBERTSON, CARLSON, MITSCHERLICH und BAULE. Die MITSCHERLICHsche Formulierung kam nicht in Betracht, da Herr Professor MITSCHERLICH mir persönlich mitteilte, dass er selber von ihr abgekommen sei. Die übrigen Formeln erfüllen alle ihren Zweck. Ich habe die von BAULE aufgestellte benutzt, da bei dieser sich die Rechnungen am einfachsten stellen. Sicher sind, wie BAULE selber bemerkt, noch viele Formulierungen möglich, die gleiches leisten.

Die BAULsche Formel lautet:

$$y = A \left[1 - 10^{-ct^n} \right]$$

oder logarithmisch:

$$\log (A - y) = \log A - c t^n$$

Um zu leichter rechenbaren Zahlen zu kommen, reduzierte ich, wie WAGNER es in seiner Arbeit angibt (Beziehungen des Wachstums der Pflanzen zur physikalischen Chemie) v (= Verdunstungseinheit), das bei mir an die Stelle von t (Zeiteinheit) tritt, durch V, d.h. die Summe von Verdunstungseinheiten, bei der der halbe Gesamtwasserverbrauch erreicht wird. Dann wird das c der Formel = 0,3 (vergleiche WAGNER, wie oben).

Die eigentlichen Steigerungsfaktoren der Kurven wurden dann aus den Werten 0,3 : vⁿ errechnet.

Bemerken möchte ich noch, dass die Endwerte der berechneten S-Kurven, da Y ja nur einen relativen Wert darstellt, uns keinen Anhaltspunkt für den Endwert des relativen Wasserverbrauchs (Wasserverbrauch : Ertrag) bieten.

Auch bestehen zwischen den Zahlen des relativen Wasserverbrauchs, die sich aus der direkten Berechnung (Addieren der Verbrauchsmenge) ergeben, und den Summen der gefundenen Kurvenwerte kleine Differenzen, die zum Teil darauf beruhen, dass oft zur Kurvenberechnung nicht alle Messungen herangezogen sind, zum Teil auch darauf, dass durch die grosse Zahl von dazwischen liegenden Rechnungen das Endresultat bei der Berechnung zum Ansatz der Kurve natürlicherweise etwas ungenauer werden musste.

Die Kurven wurden von allen Versuchen der Reihe I sowie von den auf 100% der vollen Wasserkapazität gehaltenen Versuche der Reihe II berechnet. Bei den 10 bis 70 prozentigen Versuchen der Reihe II sah ich von einer Kurvenberechnung ab, da ich hier die Bodenverdunstung nicht berücksichtigen konnte. Ebenfalls wurde für die 100 prozentigen mit Wasser gegossenen Haferversuche die S-Kurve nicht berech-

net, da wir es bei den geringen Erträgen der Gefässe hier wohl mehr mit einer Verdunstung des Bodens, als der Pflanzen zu tun haben.

Die Übereinstimmung der gefundenen und berechneten Werte ergibt sich aus der Tabelle III.

Auf graphische Darstellung der Kurven wurde bis auf ein Beispiel (Galizischer Kolben-Sommerweizen, siehe unten) verzichtet.

Berechnung der S-Kurven der einzelnen Versuche.

JANETZKIs Sommerweizen (4 Gefässe).

26. 5. 25 Aussaat. Verwandt wird ungebeiztes Saatgut.

9. 6 Verziehen der jungen Pflanzen (III. bis V. Blatt) auf 35.

12. 6. Die anfangs nur mit Wasser leicht besprengten Gefässe werden auf 52% der vollen Wasserkapazität des Bodens gebracht und von nun an mit Nährlösung nach Gewicht gegossen. Die Kapazität wird wie folgt erhöht:

22. 6.	70%	)	
23. 6.	80%	)	
5. 7.	90%	)	der vollen Wasserkapazität des Bodens.
25. 7.	100%	)	

Die Pflanzen entwickeln sich normal, Schossen, Blüte und Reife etwa 3 bis 7 Tage früher als beim galizischen Kolbensommerweizen, was zum Teil auf die spätere Aussaat des letzteren zurückzuführen sein mag. Anfang August leichter Mehltau - und Rostbefall, ohne wesentliche Schädigung für die Vegetation. Ernte 14. 9.

Ernteergebnis g Trockensubstanz.

Stroh	31,8	24,4	30,0	27,4
Korn + Spreu	18,8	18,6	17,8	19,8
Sa.	50,6	43,0	47,8	47,2

Beginn der Messungen des Wasserverbrauchs 13. 6.

Abschluss der Messungen des Wasserverbrauchs 14. 9.

Der Berechnung der Wasserverbrauchskurve sind die Zahlen vom 17. 6. bis 15. 9. zu Grunde gelegt, wobei die letzte Messung (15. 9.) errechnet ist. Die Bodenverdunstung ist durchweg mit 250 g für die Verdunstungseinheit in Rechnung gesetzt.

Die Kurve folgt der Gleichung:

$$y = A \left[1 - 10^{-0,3 \left(\frac{0 + 2}{9,7} \right) 2,52} \right] c = 0,009781$$

Galizischer Kolbensommerweizen (4 Gefässe).

27. 5. 25 Aussaat. Das Saatgut mit Germisan gebeizt.

9. 6. Verziehen der jungen Pflanzen auf 35.

12. 6. Beginn der Nährlösungsgaben. Erhöhung der Kapazität wie bei JANETZKys Sommerweizen.

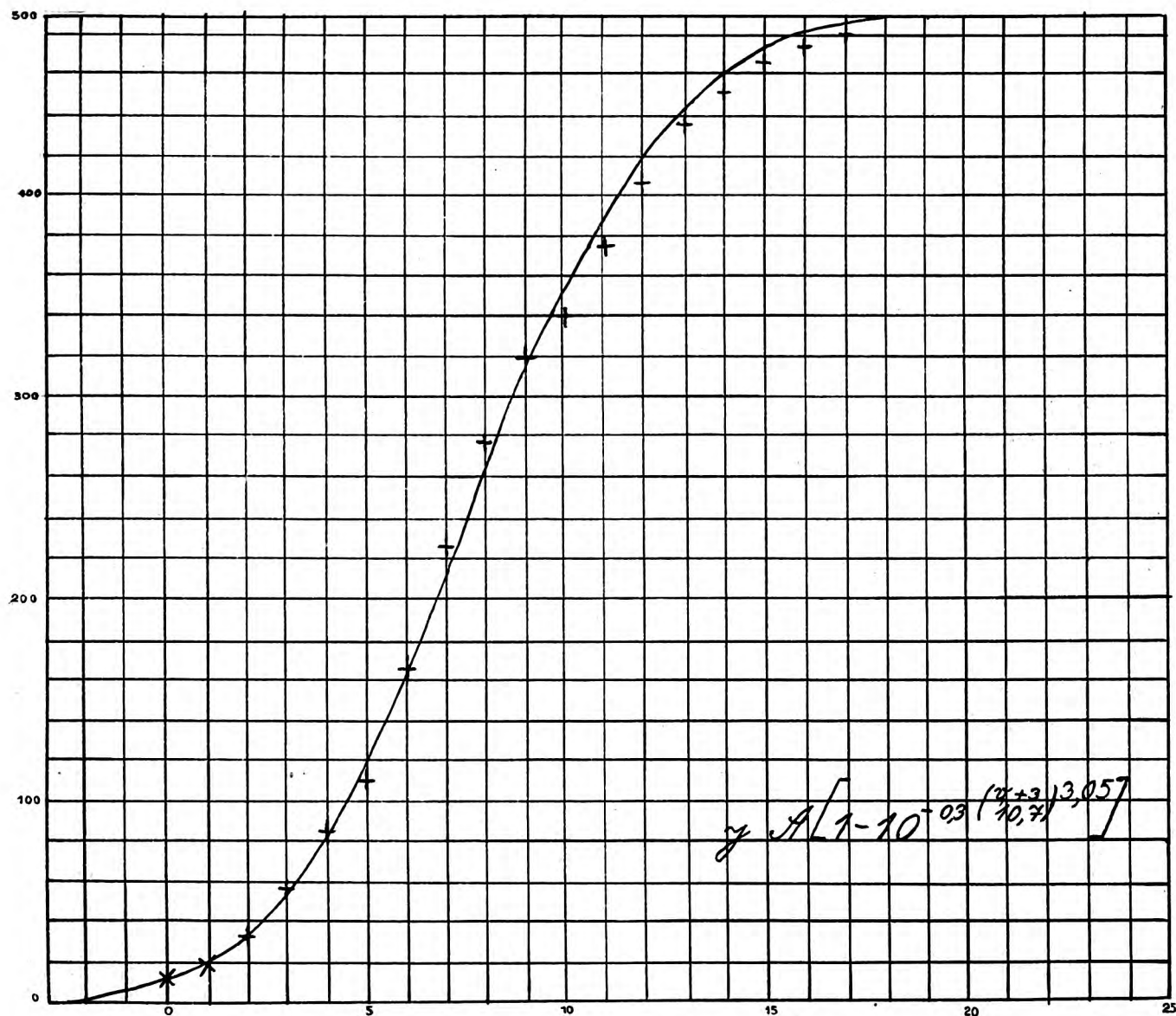
Einige der jungen Pflanzen kümmern und gehen ein. Die dafür am 28. 6. nachgepflanzten Setzlinge gehen gut an. Von dann an verläuft die Entwicklung normal, doch bleibt sie um 4 bis 7 Tage hinter der des JANETZKyschen Sommerweizens zurück, wobei man allerdings die um 2 Tage verzögerte Aussaat berücksichtigen muss.

Anfang August leichter Mehltau - und Rostbefall, der kaum Schädigungen hervorruft.

Ernte am 14. 9.

Galizischer Kolben-Sommer-Weizen.

v	Gef. Werte.	Ber. Werte.
0	7,1 ± 0,22	6,9
1	16,9 ± 0,2	16,5
2	32,3 ± 0,56	32,2
3	55,7 ± 1,62	54,7
4	83,9 ± 3,07	84,5
5	112,7 ± 3,9	121,4
6	164,3 ± 4,38	164,0
7	224,7 ± 5,3	210,6
8	278,3 ± 7,9	258,7
9	309,2 ± 8,6	306,1
10	340,5 ± 7,9	349,6
11	374,3 ± 6,4	387,9
12	404,2 ± 4,9	419,3
13	437,7 ± 4,5	443,5
14	454,9 ± 5,4	461,2
15	469,5 ± 6,3	473,2
16	477,3 ± 6,4	480,9
17	484,7 ± 7	485,3
19		490



Ernteergebnis in g Trockensubstanz.

Stroh	28,2	31,6	28,5	29,8
Korn + Spreu	12,4	11,0	11,5	12,3
Sa.	40,6	42,6	40,0	42,1

Der Berechnung der Wasserverbrauchskurve sind die Zahlen vom 17. 6. bis 15. 9. zu Grunde gelegt, wobei die letzte Messung (15. 9.) errechnet ist. Die Bodenverdunstung ist mit 250 g für die Verdunstungseinheit in Rechnung gesetzt.

Die Werte folgen der Gleichung:

$$y = A \left[1 - 10^{-0,3 \left(\frac{v+3}{10,7} \right)^{3,5}} \right]; c = 0,0002175$$

Gelbhafer (4 Gefässe).

23. 5. 25 Aussaat. 9. 6. Verziehen der jungen Pflanzen auf 35.

Am 11. 6. erhalten die anfangs nur leicht mit Wasser besprengten Gefässe je 200 ccm Nährlösungen, werden dann mit Wasser auf 70% der vollen Wasserkapazität des Bodens gebracht und bis zum 15. 6. nach Gewicht mit Wasser gegossen. Inzwischen wird die Kapazität am 12. 6. auf 80% erhöht.

Am 15. 6. wird mit dem Giessen von Nährlösung begonnen und gleichzeitig der Boden auf 90% der vollen Wasserkapazität gebracht. Bis zum 16. 7. wird diese dann allmählig auf 100% gesteigert. Die Entwicklung der Pflanzen verläuft normal; vor dem Geben von Nährlösung stellen sich allerdings Hunger-Erscheinungen ein. Hieraus erklärt es sich auch, dass eine Berechnung der Wasserverbrauchskurve sich als unmöglich erwies. Ernte am 14. 9.

Ernteergebnis in g Trockensubstanz.

Stroh	26,0	28,7	24,1	27,1
Korn + Spreu	10,9	12,6	10,8	13,4
Sa.	36,9	41,3	34,9	40,5

Beginn der Messungen des Wasserverbrauchs 20. 6.

Abschluss der Messungen des Wasserverbrauchs 14. 9.

Dem Ansatz zur Berechnung der Wasserverbrauchskurve liegen die Zahlen vom 24. 6. bis 14. 9. zu Grunde.

Kleyhafer für Moorboden (4 Gefässe).

26. 5. 25 Aussaat, Saatgut wird mit Germisan gebeizt.

Die Versuche werden genau so behandelt wie JANETZKYs Sommerweizen (Vgl. S. 366).

Die Pflanzen entwickeln sich normal. Der Ende Juni ebenfalls eintretende Rostbefall hat kaum schädigende Wirkung. Ernte am 14. 9. Das Stroh der Ernte ist zum Teil noch grün, Korn schon zwei Wochen brachreif.

Ernteergebnis in g Trockensubstanz.

Stroh	44,4	40,8	44,4	47,7
Korn + Spreu	22,5	22,1	20,4	24,3
Sa.	66,9	62,9	64,8	72,0

Beginn der Messungen des Wasserverbrauchs am 13. 6, Abschluss derselben 14. 9.

Der Berechnung der Wasserverbrauchskurve sind die Zahlen vom 17. 6. bis 14. 9. zu Grunde gelegt.

Die Bodenverdunstung ist durchweg mit 250 g für die Verdunstungseinheit in Rechnung gesetzt.

Die Werte folgen der Gleichung:

$$y = A \left[1 - 10^{-0,3 \left(\frac{v+2}{12,14} \right)^{2,5}} \right]; c = 0,0004552.$$

Erbsen (Wasser 100%, 4 Gefässe).

Aussaat 25. 5. 25.

Anfangs nur mit Wasser gesprengt; am 8. und 11. 6. erhält jedes Gefäss je 200 ccm Nährlösung.

9. bis 10. 6. Verziehen auf 17 Pflanzen; Fehlstellen werden nachgepflanzt.

Am 12. 6. werden die Gefässe auf 70% der vollen Wasserkapazität des Bodens gebracht; dieselbe wird am 18. 6. auf 90%, am 24. 6. auf 100% erhöht.

Ernte am 20. 8.

Ernteergebnis in g Trockensubstanz.

Stroh	20,0	23,4	21,9	21,5
Korn + Spreu	24,4	27,8	27,3	28,3
Sa.	44,4	51,2	49,2	50,3

Beginn der Messungen des Wasserverbrauchs am 20. 6.

Abschluss der Messungen des Wasserverbrauchs am 20. 8.

Der Berechnung der Wasserverbrauchskurve sind die Zahlen vom 17. 6. bis zum 21. 8. zu Grunde gelegt, wobei die letzte und erste Messung (17. 6., 21. 8.) errechnet sind. Die Bodenverdunstung wurde durchweg mit 250 g pro Verdunstungseinheit der freien Wasseroberfläche in Rechnung gesetzt.

Die Werte folgen der Gleichung:

$$y = A \left[1 - 10^{-0,3 \left(\frac{v+3}{8,95} \right)^{2,13}} \right]; c = 0,002817.$$

Das Herausfallen des Wertes 0 der Kurve erklärt sich daraus, dass hier die Bodenverdunstung zu hoch angesetzt ist, weil die jungen Erbsenpflanzen den Boden sehr gut decken.

Victoriaerbsen (Nährlösung, 100%, 4 Gefässe).

Aussaat und erste Behandlung der Versuche wie bei den während der ganzen Vegetationszeit mit reinem Wasser gegossenen Erbsen.

Am 12. 6. werden die Gefässe ebenfalls auf 80% der vollen Wasserkapazität des Bodens gebracht und von nun an nach Gewicht mit Nährlösung gegossen. Die Kapazität wird während der Vegetationszeit wie folgt erhöht:

18. 6.	90%	)	der vollen Kapazität des Bodens.
16. 7.	100%	)	

Ausserdem wird das Gewicht der Gefässe am 20. 7 um 300 g erhöht, um der starken Entwicklung der grünen Masse auf ihnen Rechnung zu tragen.

Die Pflanzen entwickeln sich sehr stark, Ernte am 14. 8.

Ernteergebnisse in g Trockensubstanz.

Stroh	39,7	42,4	45,0	37,9
Korn + Spreu	66,5	65,5	62,4	55,7
Sa.	106,2	107,9	107,4	93,6

Beginn der Messungen des Wasserverbrauchs am 20. 6.

Abschluss der Messungen des Wasserverbrauchs am 24. 8.

Der Berechnungen der Wasserverbrauchskurve sind die Zahlen vom 24. 6. bis 14. 8. zu Grunde gelegt.

Die gefundenen Werte folgen der Gleichung:

$$Y = A \left[1 - 10^{-0,3 \left(\frac{v+2}{8,2} \right)} \right]^{2,62}; C = 0,001211$$

Köstritzer Ackerbohne (4 Gefässe).

25. 5. 25. Aussaat.

10. 6. Verziehen der jungen Pflanzen auf 15. Am gleichen Tage werden die Gefässe, um ihr Gewicht bei Wassersättigung zu messen, auf volle Kapazität gebracht; bis zum 17. 6. wird dieselbe wieder auf 80% gemindert. Am 20. 6. wird sie auf 90% und am 25. 7. auf 100% wieder erhöht. Ausserdem wird das Gewicht von Gefäss I Mitte August um 200 g erhöht, um das Gewicht der grünen Masse zu berücksichtigen.

Die Pflanzen entwickeln sich anfangs sehr gut. In der zweiten Hälfte des Monats Juli fangen sie an zu kümmern. Zum Teil beruht dieses auf Säure-Erscheinungen, zum Teil auch darauf, dass die Gefässe zu viel Pflanzen enthalten, die sich gegenseitig im Wachstum behindern. Ca. am 15. 8. beginnen sie sich wieder zu erholen. Gefäss I entwickelt sich bedeutend besser als II bis IV. Während der Ernte (14. 9.) befinden sich die Pflanzen im Stadium der Fruchtreife.

Ernteergebnisse in g Trockensubstanz.

Stroh	106,8	58,8	51,7	61,2
Korn + Spreu	20,3	13,6	2,8	4,4
	127,1	72,4	54,5	65,6

Beginn der Messungen des Wasserverbrauchs am 10. 6.

Abschluss der Messungen des Wasserverbrauchs am 14. 10.

Berechnung der Wasserverbrauchskurven war infolge der ungleichmässigen Entwicklung, sowie der Störungen des Wachstums nicht möglich. Der Ansatz zu ihrer Berechnung zeigt den Wasserverbrauch des verhältnismässig besten Versuchs I. Auch hier war eine Berechnung nicht möglich.

Saatwicke (4 Gefässe).

25. 5. 25. Aussaat.

11. 6. Verziehen der jungen Pflanzen auf 35.

Die Gefässe werden am selben Tage auf 52% der vollen Wasserkapazität gebracht und von nun an, nachdem sie bisher nur täglich mit Wasser besprengt wurden, mit Nährlösung nach Gewicht gegossen. Die Kapazität wird wie folgt erhöht:

2. 7.	80%	)	
8. 7.	90%	)	der vollen Wasserkapazität des Bodens.
25. 7.	100%	)	

Ausserdem wird das Gewicht der Gefässe am 14. 8. um 200 g und am 18. 8. um

weitere 100 g erhöht, um das Gewicht der grünen Masse auszugleichen.

Die Pflanzen kümmern zu Anfang etwas und sind am 1. 7. erst ca. 16 cm hoch. Dann entwickeln sie sich allerdings sehr schnell. Gefäß 3 wird vom Wind umgeworfen und so beschädigt, dass es für die Rechnungen ausfallen muss. Die geernteten Pflanzen stehen in voller Blüte; nur sehr wenig Schotenansatz. Ernte am 30.

Ernteergebnis in g Trockensubstanz.

107,5

112,8

(70,0)

94,1

Beginn der Messungen des Wasserverbrauchs am 13. 6.

Abschluss der Messungen des Wasserverbrauchs am 30. 9.

Der Berechnung der Kurve sind die Ergebnisse der Gefäße 1, 2, 4 vom 17. 6. bis 3. 10. zu Grunde gelegt, wobei die letzte Messung (3. 10.) errechnet ist. Die Bodenverdunstung wurde durchweg mit 250 g für die Verdunstungseinheit in Rechnung gesetzt. Die gefundenen Werte folgen der Gleichung:

$$y = A \left[1 - 10^{-0,3 \left(\frac{v+2}{20,2} \right)^{2,81}} \right] ; c = 0,0000644.$$

Gelbe Lupine (2 Gefäße).

Die ursprünglich mit Lupinen angesetzten Versuche gehen im Juli unter Säure-Erscheinungen ein. Um den Versuch nicht ganz ausfallen zu lassen, werden die im Freien herangezogenen Kontrollpflanzen am 17. 7. in 2 Gefäße gepflanzt, und zwar erhält jedes Gefäß je 18 Setzlinge (ca. 10 cm hoch 5. bis 7. Blatt). Dieselben gehen gut an und entwickeln sich normal. Die Gefäße werden anfangs nur leicht mit Wasser besprengt, ab 20. 7. wird Nährlösung bei voller Kapazität des Bodens gegeben. Während der Ernte (3. 10.) sind die Pflanzen noch grün, die angesetzten Schoten beginnen sich teilweise zu bräunen.

Ergebnis in g Trockensubstanz.

Stroh	7,2	47,7
Korn + Spreu	17,6	7,4
Sa.	64,8	55,1

Beginn der Messungen des Wasserverbrauchs am 20. 7.

Abschluss der Messungen des Wasserverbrauchs am 3. 9.

Der Berechnung der Wasserverbrauchskurve sind die Messungen an Gefäß 1 zu Grunde gelegt. Die Bodenverdunstung wurde durchweg mit 250 g pro Verdunstungseinheit in Rechnung gesetzt.

Die gefundenen Werte folgen der Gleichung:

$$y = A \left[1 - 10^{-0,3 \left(\frac{v+3}{11} \right)^{2,17}} \right] ; c = 0,0001649.$$

Gelbklee (4 Gefäße).

Die am 25. 5. 25 ausgesäten Pflanzen gehen unter Säure-Erscheinungen ein. Dafür werden die Gefäße am 9. 6. mit je 25 ca. 4 cm hohen Setzlingen bepflanzt, die gut angehen. Anfangs werden sie täglich leicht mit Wasser besprengt, am 11. 6. erhalten sie 200 ccm Nährlösung.

Am 22. 6. werden die Gefäße auf 70% der gesamten Wasserkapazität des Bodens gebracht und von nun an nach Gewicht mit Nährlösung gegossen. Am 29. 6. wird die

kapazität auf 80% erhöht. Die letzte Erhöhung war wohl zu früh vorgenommen. Jedenfalls stellen sich Säure-Erscheinungen ein, die zu einer Herabsetzung der Kapazität auf 60% zwingen. (Die Abdunstung währt vom 11. 7. bis 17. 7.) Daraufhin wird die Kapazität allmählig wieder wie folgt erhöht:

23. 7.	70%	)	der vollen Wasserkapazität des Bodens.
26. 7.	80%	)	
29. 7.	90%	)	
8. 8.	100%	)	

Die Pflanzen entwickeln sich nach Überwindung der anfangs erwähnten Säure-Erscheinung gut. Bei der Ernte befinden sie sich in dem Zustande der Fruchtreife. Ernte am 30. 9.

Ernteergebnis in g Trockensubstanz.

44,5 44,7 37,1 38,9.

Beginn der Messungen des Wasserverbrauchs am 24. 6.

Abschluss der Messungen des Wasserverbrauchs am 30. 9.

Der Berechnung der Wasserverbrauchskurve sind die Ergebnisse vom 24. 6. bis 3. 10 zu Grunde gelegt, wobei die letzte Messung (3. 10.) errechnet ist. Die Bodenverdunstung ist für Kurvenwert 0 mit 250 g, für Wert 2 mit 200 g, für Wert 3 mit 200 g, für Wert 4 + 5 mit 100 g in Rechnung gesetzt.

Die gefundenen Werte für y folgen der Gleichung:

$$y = A \left[1 - 10^{-0,3 \left(\frac{v+3}{19} \right)} \right]^{2,84}; c = 0,00007003.$$

Bastardklee II (4 Gefässe).

25. 5. 25 Aussaat.

Die Gefässe werden zuerst nur leicht mit Wasser gesprengt, einmal (11. 6.) erhalten sie je 200 ccm Nährlösung. Am 26. 6. werden sie auf 52% der vollen Kapazität des Bodens gebracht und von nun an mit Nährlösung nach Gewicht gegossen. Die Kapazität wird im Laufe der Vegetation wie folgt erhöht:

15. 7.	60%	)	der vollen Wasserkapazität des Bodens.
23. 7.	70%	)	
26. 7.	80%	)	
29. 7.	90%	)	
8. 8.	100%	)	

Am 6. 7. werden die jungen Pflanzen auf 25 verzogen. Sie kümmern anfangs etwas, erholen sich aber und entwickeln sich gut weiter. Zur Zeit der Ernte (30. 9.) befinden sie sich im Abblühen.

Ernteertrag in g Trockensubstanz.

72,9 81,9 71,0 74,2

Die Bodenverdunstung wurde für Kurvenwert 0 mit 250 g, für Wert 2 und 3 mit je 200 g, für Wert 4 und 5 mit je 100 g berücksichtigt.

Später decken die Pflanzen den Boden so gut, dass eine Bodenversunstung kaum in Betracht kommt.

Die gefundenen Werte folgen der Gleichung:

$$y = A \left[1 - 10^{-0,3 \left(\frac{v+3}{16,95} \right)} \right]^{2,71}; c = 0,00014.$$

Bastardklee I (4 Gefässe).

Der am 25. 5. 25 ausgesäte Incarnatklee geht unter Säureerscheinung n ein. Die Gefässe werden dann am 6. 7. mit je 25 Bastardklee-Setzlingen (2 bis 10 cm hoch, 3 bis 8 Blatt) bepflanzt und mit je 400 ccm Nährlösung angegossen. Am 15. 7. werden sie auf 60% der vollen Wasserkapazität des Bodens gebracht und nun, während sie anfangs nur täglich mit Wasser gesprengt wurden, regelmässig mit Nährlösung gegossen.

Die weitere Behandlung der Gefässe sowie die Entwicklung der Pflanzen, Anfang und Abschluss der Messungen und Ansatz der Wasserverbrauchskurve ebenso wie bei Bastardklee II.

Ernteergebnis in g Trockensubstanz.

69,9

43,9

58,5

64,8

Die gefundenen Werte der Kurve folgen der Gleichung:

$$y = A \left[1 - 10^{-0,3 \left(\frac{v+3}{16,8} \right)^{2,75}} \right]; c = 0,00128.$$

Hornklee (4 Gefässe).

Saat sowie Behandlung wie bei Bastardklee II (vergl. Seite 372).

Die Pflanzen entwickeln sich normal. Ernte am 13. 9. Zur Zeit der Ernte befinden sie sich in dem Stadium der Fruchtreife. Sehr geringer Fruchtansatz.

Ernteergebnis in g Trockensubstanz.

35,9

25,5

34,9

24,3

Beginn der Messungen des Wasserverbrauchs am 11. 7.

Abschluss der Messungen des Wasserverbrauchs am 30. 9.

Der Berechnung der Wasserverbrauchskurve liegen die Zahlen vom 10. 7. bis 3. 10. zu Grunde, wobei die erste und letzte Messung (10. 7., 3. 10) errechnet sind. Die Bodenverdunstung wurde durchweg mit 250 g für die Verdunstungseinheit veranschlagt.

Die gefundenen Werte folgen der Gleichung:

$$y = A \left[1 - 10^{-0,3 \left(\frac{v+3}{14,35} \right)^{2,63}} \right]; c = 0,000272.$$

Wiesenfuchsschwanz (4 Gefässe).

Die Gefässe werden am 26. 5. 25 mit je 25 ca. 10 cm hohen Setzlingen bepflanzt. Sie werden anfangs nur leicht mit Wasser besprengt, am 11. 6. auf 52% der vollen Wasserkapazität des Bodens gebracht und von nun an nach Gewicht mit Nährlösung gegossen.

Die Kapazität wird allmählig wie folgt erhöht:

22. 6.	70%	)	der vollen Wasserkapazität des Bodens.
29. 6.	80%	)	
5. 7.	90%	)	
25. 7.	100%	)	

Die Pflanzen entwickeln sich normal, kommen nur ganz vereinzelt zur Blüte. Ernte am 14. 8.

Ernteergebnis in g Trockensubstanz.

49,3

45,6

38,4

38,0

Beginn der Messungen des Wasserverbrauchs am 13. 6.

Abschluss der Messungen des Wasserverbrauchs am 14. 8.

Der Berechnung der Wasserverbrauchskurve sind die Werte vom 17. 6. bis zum 14. 8. zu Grunde gelegt.

Die Bodenverdunstung wurde berücksichtigt mit:

<u>v</u>	<u>gr</u>	<u>v</u>	<u>gr</u>
0	250	3	100
1	200	4	100
2	200		-----

Die gefundenen Werte folgen der Gleichung:

$$y = A \left[1 - 10^{-0,3 \left(\frac{v+2}{15,8} \right)} \right]^{2,6}; c = 0,0002297.$$

Rohrartiger Schwingel (4 Gefässe).

Setzlinge sehr klein, haben erst ein Blatt entwickelt; die Pflanzen kommen nicht zur Blüte; die Bodenverdunstung wird wie folgt berücksichtigt:

<u>v</u>	<u>gr</u>	<u>v</u>	<u>gr</u>
0	250	3	150
1	200	4	100
2	200	5	100

Alles Übrige (Behandlung und Ansetzung der Versuche, Entwicklung der Pflanzen u.s.w.) wie bei Wiesenfuchsschwanz (vergleiche Seite 373).

Ernteergebnis in g Trockensubstanz:

30,9

40,3

38,0

36,4

Die berechneten Werte der Wasserverbrauchskurve folgen der Gleichung:

$$y = A \left[1 - 10^{-0,3 \left(\frac{v+3}{18,4} \right)} \right]^{3,05}; c = 0,00004164.$$

Knautgras (4 Gefässe).

Ansetzen und Behandlung der Versuche, Entwicklung der Pflanzen, Beginn und Abschluss der Messungen u.s.w. wie bei Wiesenfuchsschwanz (Vergl. Seite 373).

Ernteergebnis in g Trockensubstanz.

44,3

48,7

52,0

49,8.

Die Bodenverdunstung ist berücksichtigt mit:

<u>v</u>	<u>gr</u>	<u>v</u>	<u>gr</u>
0	250	2	200
1	250	3	100

Die gefundenen Werte folgen der Gleichung:

$$y = A \left[1 - 10^{-0,3 \left(\frac{v+2}{13,5} \right)^{2,6}} \right]; c = 0,0003453$$

Rohrglanzgras (4 Gefässe).

Ansetzen der Versuche, Behandlung der Gefässe, Entwicklung der Pflanzen, Beginn und Abschluss der Messungen u.s.w. wie bei Wiesenfuchsschwanz (vergl. S.373).

Ernteergebnis in g Trockensubstanz.

43,3

48,1

42,0

56,5

Der Berechnung der Wasserverbrauchskurve liegen die Ergebnisse der Gefässe 1, 2, 4 zu Grunde.

Die gefundenen Werte folgen der Gleichung:

$$y = A \left[1 - 10^{-0,3 \left(\frac{v+2}{15,3} \right)^{2,38}} \right]; c = 0,0004544.$$

Italienisches Raygras (4 Gefässe).

Ansetzen und Behandlung der Versuche, Entwicklung der Pflanzen, Beginn und Abschluss der Messungen, Bodenverdunstung u.s.w. wie bei Wiesenfuchsschwanz (vgl. Seite 373).

Ernteergebnis in g Trockensubstanz.

47,5

54,0

52,3

59,0

Die gefundenen Werte der Wasserverbrauchskurve folgen der Gleichung:

$$y = A \left[1 - 10^{-0,3 \left(\frac{v+2}{16,3} \right)^{2,31}} \right]; c = 0,0004753.$$

Möhren (8 Gefässe).

Die Aussaat erfolgt am 25. 5. 25. Die Pflanzen gehen sehr unregelmässig und spät auf (ca. 10. 6.). Am 23. 6. werden die jungen Pflänzchen, die erst zwei Fiederblätter angesetzt haben, auf 20 Stück verzogen und die Fehlstellen nachgepflanzt. Sie erhalten ausser dem täglichen Sprengwasser am 23. Juni 200 ccm und am 29. Juni 650 ccm Nährlösung. Am 5. Juli werden die Gefässe gleichmässig auf 50% der vollen Wasserkapazität des Bodens gebracht, am selben Tage wird die Kapazität mit Nährlösung auf 60% erhöht und von nun an mit Nährlösung gegossen. Weitere Erhöhungen der Kapazität erfolgen:

am 10. 7.	auf 80%
am 26. 7.	auf 90%
am 26. 8.	auf 100%

Die einzelnen Gefässe entwickeln sich recht unregelmässig, und zwar zeigen die am 23. 6. aus dem Freien nachgepflanzten Setzlinge eine bessere Entwicklung als die gesäten Möhren. Zur Zeit der Ernte (14. 9.) sind die Pflanzen noch grün, die Knollen nicht voll entwickelt.

Ernteergebnis in g Trockensubstanz.

Blätter	65,8	44,3	38,5	45,8	45,2	45,6	64,2	51,9
Knollen	66,3	25,1	26,3	45,7	40,7	35,6	43,4	28,6
Sa.	132,1	69,4	64,8	91,5	85,9	81,2	107,6	80,5

Beginn der Messungen des Wasserverbrauchs am 8. 7.

Abschluss der Messungen des Wasserverbrauchs am 14. 9.

Der Wasserverbrauchskurve liegen die Ergebnisse vom 10. 7. bis 10. 9. zu Grunde.

Die Bodenverdunstung wurde für v 0 mit 250 g, v 1 mit 200 g, dann fortlaufend mit 100 g für die Verdunstungseinheit berücksichtigt.

Die gefundenen Werte folgen der Gleichung:

$$y = A \left[1 - 10^{-0,3 \left(\frac{v+3}{17} \right) 2,65} \right]; \quad c = 0,0001646.$$

Kohlrabi (weiss, 8 Gefässe).

Die ursprünglichen Teltower Rübchen gehen nicht auf. Dafür werden die Gefässe am 26. 6. 25 mit je 3 Kohlrabisetzlingen bepflanzt (ca. 5 cm hoch, 2. Blatt). Die Versuche werden anfangs nur leicht mit Wasser besprenkt, ausserdem erhalten sie am 23. 6. je 250 ccm, am 29. 6. je 650 ccm Nährlösung. Am 1. 7. werden sie mit Wasser auf 60%, am folgenden Tage mit Nährlösung auf 80% der vollen Wasserkapazität des Bodens gebracht. Die Kapazität wird dann am 26. 7. auf 90%, am 9. 8. auf 100% erhöht. Dem Gewicht der grünen Masse wird durch eine Gewichtserhöhung von 350 g am 18. 8. Rechnung getragen.

Die Pflanzen entwickeln sich gut. Gefäss I bleibt anfangs etwas zurück, erholt sich dann aber wieder. Bei der Ernte sind die Kohlrabi fast ausgewachsen und beginnen teilweise schon die Blätter zu verlieren (Ernte am 14. 9.).

Ernteergebnis in g Trockensubstanz.

Blätter	25,4	22,1	26,1	22,3	20,5	16,5	20,9	25,5
Knollen	62,5	34,5	48,7	62,3	55,9	51,2	48,8	59,5
	87,9	56,6	74,8	84,6	76,4	67,7	69,7	85,0

Beginn der Messungen des Wasserverbrauchs am 4. 7.

Abschluss der Messungen des Wasserverbrauchs am 14. 9.

Der Berechnung der Wasserverbrauchskurve liegen die Messungen an den Gefässen 2 bis 8 vom 2. 7. bis 10. 9. zu Grunde, wobei die erste Messung errechnet ist. Die Bodenverdunstung wurde durchweg mit 250 g für die Verdunstungseinheit in Rechnung gesetzt.

Die gefundenen Werte folgen der Gleichung:

$$y = A \left[1 - 10^{-0,3 \left(\frac{v+2}{14,3} \right) 2,3} \right]; \quad c = 0,0006606.$$

Buchweizen (4 Gefässe).

Aussaat am 25. 5. 25. - Verziehen der jungen, ca. 3 bis 7 cm hohen Pflänzchen auf 35.

Am 10. 6. werden die anfangs nur leicht mit Wasser besprenkten Gefässe auf 52% der vollen Wasserkapazität des Bodens gebracht und von nun an täglich nach

Gewicht mit Nährlösung gegossen. Um den sich schlecht entwickelnden Pflanzen mehr Nährlösung zuzuführen, wird die Kapazität des Bodens am 2. 7. auf 80% erhöht. Diese Erhöhung erweist sich aber als zu stark; es treten Säureerscheinungen ein. Infolgedessen muss die Kapazität auf 60% gemindert werden (8. bis 16. 7.).

Darauf schlagen die stark kümmernden Pflänzchen neu aus und entwickeln sich normal weiter. Die Kapazität wird dann allmählig wie folgt gesteigert:

26. 7.	70%	)	der vollen Wasserkapazität des Bodens
8. 8.	80%	)	
10. 8.	90%	)	
22. 8.	100%	)	

Ernte am 14. 9.

Ernteergebnis in g Trockensubstanz.

Stroh	18,3	21,2	44,7	26,3
Korn + Spreu	2,3	3,4	12,2	7,8
Sa.	20,6	24,6	56,9	34,1

Beginn der Messungen des Wasserverbrauchs am 13. 6.

Abschluss der Messungen des Wasserverbrauchs am 14. 9.

Der Berechnung der Wasserverbrauchskurve liegen die Werte vom 17. 6. bis 10. 9. zu Grunde. Die Bodenverdunstung ist durchweg mit 250 g für die Verdunstungseinheit in Rechnung gesetzt. Die ersten vier Werte sind, da sie völlig herausfallen, nicht berücksichtigt worden. Der Nullpunkt der Kurve musste um + 30 y verschoben, die gefundenen und berechneten Werte für y entsprechend um 30 gemindert werden, um dem Wachstumsrückgang zwischen Wert 3 und 5 (2. bis 13. 7.) Rechnung zu tragen.

Die gefundenen berichtigten Werte folgen der Gleichung:

$$y = A \left[1 - 10^{-0,3 \left(\frac{v}{13,05} \right)^{2,79}} \right]; c = 0,0002317.$$

Zuckermoorhirse (8 Gefässe).

25. 5. 25 Aussaat. - 23. 6. Verziehen der jungen Pflanzen auf 10.

Die Gefässe werden anfangs nur mit Wasser gesprengt, ausserdem erhalten sie am 11. 6. je 200 ccm Nährlösung. Am 5. 7. werden sie auf 60% der vollen Wasserkapazität des Bodens gebracht und von nun an regelmässig mit Nährlösung gegossen.

Die Kapazität wird wie folgt erhöht:

23. 7.	70%	)	der vollen Wasserkapazität des Bodens.
26. 7.	80%	)	
28. 7.	90%	)	
9. 8.	100%	)	

Die Pflanzen entwickeln sich anfangs normal. Ende August fangen sie an zu kümmern, es kommt keine zum Blühen. Letzteres mag auch darauf zurückzuführen sein, dass die Aussaat zu spät erfolgte. Jedenfalls blühten die im Freien zu gleicher Zeit angesäten Exemplare auch nur ganz vereinzelt. Ernte am 30. 9.

Ernteergebnis in g Trockensubstanz.

76,8	73,6	78,0	72,9	100,9	90,6	80,4	62,8
------	------	------	------	-------	------	------	------

Beginn der Messungen des Wasserverbrauchs am 13. 7.

Abschluss der Messungen des Wasserverbrauchs am 30. 9.

Der Berechnung der Wasserverbrauchskurve liegen die Ergebnisse vom 14. 7. bis 22. 9. zu Grunde.

Die Bodenverdunstungseinheit wurde durchweg mit 250 g pro Verdunstungseinheit berücksichtigt.

Die gefundenen Werte folgen der Gleichung:

$$y = A \left[1 - 10^{-0,3 \left(\frac{v+2}{11} \right)^{2,0}} \right]; \quad c = 0,002479.$$

Gelbe Schwabacher Rispenhirse (4 Gefässe).

25. 5. 25 Aussaat. - 11. 6. Verziehen der jungen Pflanzen auf 6.

Die anfänglich nur leicht mit Wasser besprengten Gefässe werden auf 52% der vollen Wasserkapazität des Bodens gebracht und von nun an mit Nährlösung nach Gewicht gegossen.

Die Kapazität wird wie folgt erhöht:

5. 7.	60%	) der vollen Wasserkapazität des Bodens.
22. 7.	70%	
26. 7.	80%	
10. 8.	100%	

Die Entwicklung der Pflanzen verläuft normal. Ernteertrag in g Trockensubstanz

Stroh	13,0	13,6	11,4	15,4
Körner + Rispen	9,6	12,9	11,3	14,0
Sa.	22,6	26,5	22,7	29,4

Beginn der Messungen des Wasserverbrauchs am 9. 7.

Abschluss der Messungen des Wasserverbrauchs am 7. 9.

Der Berechnung der Wasserverbrauchskurve liegen die Ergebnisse vom 9. 7. bis 3. 9. zu Grunde. Die Bodenverdunstung ist durchweg mit 250 g für die Verdunstungseinheit berücksichtigt.

Die gefundenen Werte folgen der Gleichung:

$$y = A \left[1 - 10^{-0,3 \left(\frac{v+3}{8,5} \right)^{3,41}} \right]; \quad c = 0,0002032.$$

Tabelle III.

Übereinstimmung der gefundenen und berechneten Werte der Wasserverbrauchskurven +)

	JANETZKYs Sommerweizen.		Galizischer Kolbensommerweizen.	
	gef.	ber.	gef.	ber.
0	8,7 ± 0,2	6,6!	7,1 ± 0,22	6,9
1	18,8 ± 0,3	18,1	16,9 ± 0,2	16,5
2	33,2 ± 0,4	32,8	32,3 ± 0,56	32,2

+) Die Beschreibung der Versuche vergleiche Seite 366 - 377/78.

Tabelle III cont.

	JANETZKYs Sommerweizen.		Galizischer Kolbensommerweizen.	
	gef.	ber.	gef.	ber.
3	56,3 ± 0,7	56,0	55,7 ± 1,62	54,7
4	87,0 ± 0,8	85,6	83,9 ± 3,07	84,5
5	114,5 ± 1,1	120,4	112,7 ± 3,9	121,4
6	159,1 ± 0,9	159,3	164,3 ± 4,36	164,0
7	209,1 ± 1,3	200,6	224,7 ± 5,3	210,6
8	243,2 ± 1,5	241,8	278,3 ± 7,9	258,7
9	284,6 ± 1,6	281,8	309,2 ± 8,6	306,1
10	313,8 ± 1,2	318,7	340,5 ± 7,9	349,6
11	346,5 ± 1,4	351,4	374,3 ± 6,4	387,9
12	375,0 ± 2,1	379,3	404,8 ± 4,9	419,3
13	404,8 ± 2,4	402,0	437,7 ± 4,5	443,5
14	423,4 ± 2,7	419,8	454,9 ± 5,4	461,2
15	435,2 ± 3,0	432,8	469,5 ± 6,3	473,2
16	454,6 ± 3,0	442,7	477,3 ± 6,4	480,9
17	A = 460,0		484,7 ± 7,0	485,3
				A = 490,0

Gelbhafer.

Kleyhafer für Moorboden.

	Gelbhafer.		Kleyhafer für Moorboden.	
	gef.	ber.	gef.	ber.
0	14,7 ± 0,5		5,3 ± 0,12	3,2
1	20,8 ± 0,415		11,7 ± 0,12	9,9
2	28,0 ± 0,57		19,7 ± 0,26	18,9
3	42,3 ± 0,45		34,6 ± 0,35	32,4
4	57,1 ± 0,415		52,3 ± 0,76	52,3
5	84,6 ± 0,34		69,4 ± 1,6	76,0
6	123,8 ± 0,94		99,3 ± 2,0	104,1
7	167,8 ± 1,11		134,6 ± 3,4	135,8
8	210,0 ± 1,78		171,3 ± 4,5	170,4
9	257,1 ± 1,83		204,1 ± 4,6	206,8
10	314,7 ± 3,3		234,9 ± 4,4	244,0
11	364,2 ± 4,05		269,1 ± 3,5	280,6
12	424,6 ± 4,75		303,6 ± 3,1	315,8
13	476,9 ± 5,55		347,9 ± 3,0	348,9
14	516,7 ± 5,8		308,6 ± 1,6	378,4
15	542,3 ± 6,2		409,5 ± 3,6	404,5
16	558,4 ± 6,0		427,9 ± 3,2	426,8
			439,5 ± 4,0	445,2
			A =	500

Tabelle III cont.

	Victoriaerbse gef.	(Wasser). ber.	Victoriaerbse gef.	(Nährlösung). ber.
0	13,9 ± 0,32	20,9	5,9 ± 0,32	5,1
1	32,8 ± 1,17	37,4	17,2 ± 0,58	14,51
2	59,8 ± 1,62	58,0	34,6 ± 1,18	30,0
3	82,4 ± 1,6	81,7	51,7 ± 1,07	51,7
4	105,6 ± 1,87	107,6	76,4 ± 0,85	78,8
5	134,1 ± 1,7	134,3	111,9 ± 0,68	109,9
6	164,0 ± 1,41	160,9	147,2 ± 0,74	143,0
7	192,3 ± 2,03	186,6	179,6 ± 1,55	175,7
8	213,6 ± 2,22	210,5	199,6 ± 1,92	206,1
9	236,1 ± 2,65	232,0	224,1 ± 2,2	232,5
10	259,9 ± 2,65	250,7	248,7 ± 2,03	253,9
11	275,5 ± 2,84	266,6	267,5 ± 2,17	270,2
12	285,3 ± 2,77	279,1	277,9 ± 2,3	282,0
13	291,5 ± 2,7	290,4	A = 300,0	
		A = 320,0		

Köstritzer Ackerbohne.			Saatwicke.	
0	6,6		1,3 ± 0,32	0,9
1	11,9		3,5 ± 0,2	2,7
2	21,6		6,1 ± 0,78	5,9
3	35,7		11,5 ± 0,52	10,7
4	46,3		20,1 ± 0,5	18,0
5	63,3		27,4 ± 1,17	27,7
6	84,0		39,8 ± 2,17	39,8
7	100,9		59,6 ± 3,76	55,0
8	115,5		78,9 ± 5,5	73,1
9	131,9		96,9 ± 6,4	95,2
10	149,5		119,7 ± 7,2	118,1
11	170,4		148,0 ± 8,3	145,1
12	194,3		178,5 ± 8,0	174,7
13	214,4		214,5 ± 8,8	207,0
14	233,4		246,0 ± 9,8	241,1
15	253,2		277,8 ± 10,3	277,1
16	279,6		313,6 ± 10,7	314,5
17	310,0		359,1 ± 10,6	352,8
18	331,7		395,1 ± 10,7	391,0
19	346,8		433,4 ± 10,8	429,7
			A = 800,0	

Tabelle III cont.

	Gelbe Lupine:		Gelbklee.	
	gef.	ber.	gef.	ber.
0	19,0	20,2	$4,5 \pm 0,6$	3,41
1	39,9	37,0	$9,4 \pm 0,5$	7,6
2	57,2	58,6	$16,8 \pm 0,26$	14,3
3	84,7	84,5	-	23,6
4	110,8	114,1	$39,9 \pm 1,13$	36,5
5	142,8	146,2	$57,6 \pm 3,54$	52,8
6	181,8	180,1	$75,7 \pm 3,8$	73,0
7	217,1	214,9	$100,4 \pm 4,1$	97,2
8	254,1	250,0	$124,7 \pm 5,3$	125,1
9	283,9	282,9	$154,5 \pm 7,15$	157,0
10	317,9	314,5	$192,5 \pm 7,1$	192,7
11	342,6	344,2	$231,6 \pm 7,3$	231,6
12	362,8	370,9	$273,6 \pm 6,6$	271,2
13			$316,5 \pm 5,4$	317,8
14			$356,8 \pm 5,7$	363,8
15			$410,1 \pm 4,8$	411,0
16			$460,0 \pm 4,01$	460,0
17			$514,3 \pm 4,5$	506,0
		A = 500,0		A = 920,0

Bastardklee II.

Bastardklee I.

	Bastardklee II.		Bastardklee I.	
	gef.	ber.	gef.	ber.
0	$7,2 \pm 0,35$	5,9	$5,4 \pm 0,2$	5,7
1	$14,7 \pm 0,35$	13,1	$13,2 \pm 0,6$	12,7
2	$25,5 \pm 0,71$	23,9	$23,9 \pm 1,0$	23,3
3	$41,3 \pm 0,73$	39,0	$39,6 \pm 1,4$	38,3
4	$57,8 \pm 0,83$	58,4	$56,4 \pm 2,0$	57,8
5	$81,5 \pm 0,82$	82,8	$80,2 \pm 2,8$	82,4
6	$111,9 \pm 1,65$	112,0	$112,0 \pm 3,56$	112,0
7	$147,1 \pm 1,2$	146,3	$149,3 \pm 4,6$	146,6
8	$185,4 \pm 1,1$	184,8	$188,5 \pm 5,5$	186,1
9	$231,1 \pm 0,83$	227,9	$232,7 \pm 4,8$	230,0
10	$274,8 \pm 1,31$	274,2	$276,5 \pm 4,7$	277,5
11	$331,5 \pm 2,44$	323,7	$332,2 \pm 3,8$	328,1
12	$383,5 \pm 2,9$	375,4	$386,0 \pm 3,2$	380,5
13	$436,1 \pm 3,8$	428,1	$442,0 \pm 4,4$	435,2
		A = 960,0		A = 960,0

Tabelle III cont.

	Hornklee.		Wiesenfuchsschwanz.	
	gef.	ber.	gef.	ber.
0	9,3 ± 1,1	6,4	4,9 ± 0,3	4,0
1	15,5 ± 1,63	17,0	13,4 ± 0,5	13,3
2	28,5 ± 2,7	30,5	23,4 ± 0,7	27,0
3	46,4 ± 4,6	48,6	46,3 ± 0,9	49,0
4	71,7 ± 5,3	71,5	79,0 ± 1,1	78,0
5	102,9 ± 7,15	99,6	115,6 ± 1,3	115,0
6	132,8 ± 7,13	132,1	160,4 ± 2,0	160,0
7	170,8 ± 9,66	168,9	216,2 ± 2,6	213,0
8	213,4 ± 11,14	209,4	276,6 ± 4,5	373,0
9	255,5 ± 11,5	252,3	334,1 ± 6,5	340,0
10	298,4 ± 11,4	297,4	402,5 ± 7,5	412,0
11	344,3 ± 11,6	343,2	490,6 ± 8,5	489,9
12	382,5 ± 7,3	388,8	581,0 ± 9,9	569,6
13	434,0 ± 9,6	432,9	681,4 ± 11,0	651,1
14	476,8 ± 8,3	475,3	A =	1440,0
15	523,4 ± 7,5	514,7		
	A =	720,0		

Rohrartiger Schwingel.

Knäulgras.

	Rohrartiger Schwingel.		Knäulgras.	
	gef.	ber.	gef.	ber.
0	4,2 ± 0,3	4,0	5,7 ± 0,3	4,6
1	11,1 ± 0,6	9,0	13,8 ± 0,4	13,1
2	17,5 ± 0,66	19,0	26,6 ± 0,4	27,6
3	36,8 ± 0,7	32,0	49,9 ± 0,6	48,9
4	57,1 ± 1,4	51,0	83,1 ± 1,4	77,2
5	79,3 ± 1,0	77,0	118,3 ± 1,4	113,0
6	110,0 ± 0,37	108,0	153,7 ± 1,0	155,9
7	148,6 ± 0,7	147,0	208,0 ± 1,6	205,2
8	192,6 ± 0,4	192,0	263,0 ± 2,4	260,0
9	239,5 ± 1,0	246,0	313,9 ± 3,4	320,0
10	296,5 ± 4,0	307,0	368,9 ± 4,7	382,4
11	368,0 ± 2,2	373,0	433,9 ± 6,1	446,7
12	450,3 ± 2,9	445,8	512,0 ± 5,3	510,7
13	546,0 ± 2,7	525,1	593,4 ± 6,8	572,9
	A =	1440,0	A =	960,0

Tabelle III cont.

	Rohrglanzgras.		Italienisches Raygras.	
	gef.	ber.	gef.	ber.
0	5,5 ± 0,12	7,01	4,7 ± 0,17	7,01
1	15,6 ± 1,2	17,0	14,1 ± 0,3	16,01
2	27,7 ± 1,7	34,01	26,5 ± 0,7	32,01
3	55,3 ± 3,8	56,0	45,9 ± 0,77	52,0
4	89,7 ± 3,5	86,0	78,7 ± 1,13	80,0
5	125,9 ± 3,7	123,0	111,8 ± 1,4	113,0
6	169,9 ± 3,4	165,0	149,9 ± 1,5	150,0
7	221,5 ± 1,4	212,8	196,5 ± 2,3	192,0
8	272,9 ± 3,3	267,0	245,5 ± 2,4	240,2
9	319,5 ± 4,5	324,2	295,3 ± 2,1	291,8
10	374,0 ± 5,7	385,5	342,9 ± 3,3	346,3
11	441,4 ± 8,5	448,9	401,5 ± 4,3	408,1
12	516,6 ± 10,9	513,9	466,8 ± 5,4	463,5
13	599,4 ± 13,6	579,1	546,3 ± 6,2	521,5
	A =	1200,0	A =	1200,0

Möhren.			Kohlrabi.	
0	3,9 ± 0,4	3,8	1,8 ± 0,26	3,3
1	7,7 ± 0,5	7,2	6,6 ± 0,5	8,2
2	13,4 ± 0,7	12,9	13,0 ± 1,1	15,9
3	21,8 ± 0,9	20,7	25,1 ± 1,3	26,4
4	32,8 ± 1,2	30,9	37,9 ± 1,7	39,4
5	44,3 ± 1,5	43,4	55,6 ± 2,4	55,0
6	57,9 ± 1,5	58,7	74,5 ± 2,8	73,1
7	72,0 ± 2,0	75,6	94,1 ± 3,9	93,2
8	89,0 ± 2,3	94,9	117,1 ± 4,4	115,2
9	108,8 ± 2,5	116,4	143,0 ± 5,3	138,4
10	129,8 ± 2,7	139,4	167,6 ± 5,9	162,7
11	161,8 ± 2,9	163,7	188,2 ± 6,7	187,4
12	183,8 ± 2,4	189,3	212,3 ± 7,2	212,4
13	219,5 ± 2,9	215,3	230,5 ± 7,3	236,5
14	246,2 ± 4,0	242,0	259,6 ± 6,6	260,1
15	275,9 ± 4,9	267,6	283,0 ± 8,6	282,6
16	297,6 ± 6,0	292,7	304,7 ± 8,8	303,9
17			318,3 ± 9,0	323,4
A =		484,0	A = 440,0	

Tabelle III Schluss.

	Zuckermoorhirse		Gelbe Schwabacher Rispenhirse	
	gef.	ber.	gef.	ber.
0	$2,4 \pm 0,19$	4,81	$6,3 \pm 0,66$	3,91
1	$7,6 \pm 0,37$	10,0	$11,6 \pm 0,82$	10,3
2	$15,0 \pm 0,81$	17,5	$21,4 \pm 0,7$	21,4
3	$25,7 \pm 1,35$	26,6	$39,4 \pm 0,95$	38,0
4	$37,6 \pm 1,5$	37,1	$57,0 \pm 1,44$	59,9
5	$49,9 \pm 1,84$	48,8	$79,7 \pm 1,6$	86,0
6	$62,6 \pm 1,37$	61,2	$117,3 \pm 3,6$	113,6
7	$77,5 \pm 1,7$	76,0	$141,7 \pm 4,18$	139,9
8	$92,6 \pm 2,0$	86,3	$157,8 \pm 3,88$	162,1
9	$104,0 \pm 1,9$	100,0	$169,4 \pm 3,86$	178,7
10	$111,5 \pm 2,2$	112,2	$182,0 \pm 3,51$	189,4
11	$124,5 \pm 2,4$	123,8	$189,6 \pm 3,39$	195,9
12	$133,9 \pm 2,6$	134,6	$208,2 \pm 4,17$	198,4
	A = 200,0		A = 200,0	

Buchweizen.

	gefundene Werte.	gef. berichtigte Werte.	berechnete Werte.
0	$6,0 \pm 0,54$		
1	$12,3 \pm 0,49$		
2	$19,6 \pm 1,13$		
3	$39,0 \pm 1,13$		
4	$49,9 \pm 2,19$	$19,9 \pm 2,19$	19,9
6	$62,7 \pm 2,13$	$32,7 \pm 2,13$	32,7
7	$76,5 \pm 2,92$	$46,5 \pm 2,92$	49,2
8	$99,6 \pm 3,5$	$69,6 \pm 3,5$	69,6
9	$125,0 \pm 4,7$	$95,0 \pm 4,7$	93,4
10	$149,6 \pm 4,8$	$119,6 \pm 4,8$	120,6
11	$177,7 \pm 4,8$	$147,7 \pm 4,8$	150,0
12	$213,3 \pm 6,05$	$183,3 \pm 6,05$	181,2
13	$244,3 \pm 6,1$	$214,3 \pm 6,1$	212,9
14	$273,1 \pm 6,6$	$243,1 \pm 6,6$	274,8
15	$311,4 \pm 7,6$	$281,4 \pm 7,6$	274,8
16	$334,8 \pm 8,1$	$304,8 \pm 8,1$	303,1
17	$368,4 \pm 8,9$	$338,4 \pm 8,9$	328,6
18	$389,4 \pm 10,4$	$359,4 \pm 10,4$	351,1
19	$407,4 \pm 11,0$	$377,4 \pm 11,0$	370,2
20	$419,0 \pm 11,1$	$389,0 \pm 11,1$	385,8
			A = 430,0

Berechnen wir nun aus den Werten $0,3 : v^n$ die Steigerungsfaktoren der S-Kurven, so kommen wir zu folgenden Resultaten:

Rohrartiger Schwingel	0,00004164
Saatwicke	0,0000644
Gelbklee	0,00007003
Bastardklee I	0,000128
Bastardklee II	0,00014
Möhren	0,0001646
Rispenhirse	0,0002032
Galizischer Kolben-S.-Weizen	0,0002175
Wiesenfuchsschwanz	0,0002297
Buchweizen	0,0002317
Hornklee	0,000272
Knautgras	0,0003453
Kleyhafer	0,0004552
Rohrglanzgras	0,0004544
Italienisches Raygras	0,0004753
Kohlrabi	0,0006606
JANETZKYs Sommerweizen	0,0009781
Erbsen (Nährlösung)	0,001211
Lupine	0,001649
Zuckermoorhirse	0,002479
Erbsen (Wasser)	0,002817

In der Aufstellung habe ich die einzelnen Arten nach der Grösse des Faktors α geordnet. Es ergibt sich, dass Erbse am schnellwüchsigsten war, rohrartiger Schwingel dagegen am langsamsten wuchs, was auch meinen Beobachtungen während der Vegetationszeit entspricht. Auffällig ist nur der hohe Faktor der Zuckermoorhirse. Er ist wohl aus dem anormalen Wachstumsverlauf derselben zu erklären, der nach schnellem Ansteigen plötzlich sehr zurückging, wodurch infolge des klein bleibenden A ein relativ schnelles Wachstum vorgetäuscht wurde.

Auf einen Vergleich meiner Werte und den Ergebnissen anderer Forscher muss ich in diesem Falle leider verzichten, da - abgesehen davon, dass mir ausser der WAGNERschen Arbeit nichts über diesen Gegenstand zugänglich war - sie die Zeit als Einheit benutzten, Vergleiche also höchstens relativ möglich waren.

ZUSAMMENFASSUNG.

Stelle ich die Resultate meiner Arbeit kurz zusammen, so ergibt sich folgendes:

1.) Das Verhältnis, in dem die einzelnen Pflanzen dem Boden Wasser entziehen, nähert sich, wenn wir unsere Zahlen mit denen anderer Forscher vergleichen, konstanten Werten. Absolut allerdings sind die ermittelten Zahlen des relativen Wasserverbrauchs von denen früherer Forschungen verschieden. Ob dieses auf der Versuchsanstellung (Beschatten der Pflanzen durch die Vogelschutznetze) oder auf Einflüssen der Witterung oder anderer Wachstumsbedingungen beruht, lasse ich dahingestellt.

2.) Der Wirkungsfaktor für Wasser ist verschieden. Dieses beruht darauf, dass wir gleichzeitig mit dem Geben von verschiedenen Wassermengen die physikalischen und chemischen Wachstumsfaktoren mit ändern.

3.) Bei Berechnung der Wasserverbrauchskurve erweist sich das BAULEsche Wachstumsgesetz durchweg als zutreffend.

BENUTZTE LITERATUR.

1. BAULE, B., Prinzipielle Überlegungen zum Wachstumsgesetz der Pflanzen, Landwirtschaftliche Jahrbücher 1918.
 2. BAULE, B., Wirkungsgesetz und Wachstumsgesetz, ebenda 1924.
 3. HELLRIEGEL, Grundlagen des Ackerbaus.
 4. HILDEBRANDT, Untersuchungen über das Wasserbedürfnis 15 verschiedener Haferzüchtungen bei voller Wasserkapazität des Bodens. Inauguraldissertation.
 5. HUBER, Die Beurteilung des Wasserhaushalts der Pflanzen, Berlin 1924.
 6. MITSCHERLICH, Bodenkunde für Land- und Forstwirte, Berlin 1924.
 7. MITSCHERLICH, Über allgemeine Naturgesetze, Deutsche Verlagsgesellschaft, Berlin 1924.
 8. RIPPEL, Aug., Wachstumsgesetze bei höheren und niederen Pflanzen, Naturwissenschaft und Landwirtschaft, Heft 3, Freising, München.
 9. SEELHORST, v., Beiträge zur Lösung der Frage nach dem Wasserhaushalt im Boden und nach dem Wasserverbrauch der Pflanzen (Journal für Landwirtschaft 1905).
 10. SEELHORST, v., Beiträge zur Lösung der Frage nach dem Wasserhaushalt im Boden (ebenda 1904).
 11. SEELHORST, v., Über den Wasserverbrauch von Roggen, Gerste, Weizen und Kartoffeln (ebenda 1906).
 12. SEELHORST, v., Über die Feuchtigkeitsverhältnisse eines Lehmbodens unter verschiedenen Früchten (ebenda 1906).
 13. SEELHORST, v., Über den Wasserverbrauch von Rüben, Roggen und Gerste auf einem Lehm Boden im Jahre 1907 (ebenda 1908).
 14. SEELHORST, v., Über den Wasserverbrauch von Lupinen im Herbst 1906 und von Kartoffeln, Sommergerste und Roggen im Sommer 1907 auf einem Sandboden (ebenda 1908).
 15. SEELHORST, v., Einfluss auf die Wasserverdunstung des Bodens (ebenda 1910).
 16. SEELHORST, v., Versuchskästen zur Bestimmung des Wasserbedürfnisses der hauptsächlichsten Wiese- und Weidegräser (ebenda 1914).
 17. SEELHORST, v., Über die Feuchtigkeitsverhältnisse eines Lehmbodens unter verschiedenen Früchten (ebenda 1906).
 18. WAGNER, H., Beziehungen des Wachstums der Pflanzen zur physikalischen Chemie (Landwirtschaftliche Jahrbücher 1925).
 19. WOLLNY, Der Einfluss der Pflanzendecke und Beschattung auf die physikalischen Eigenschaften und die Fruchtbarkeit des Bodens.
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Archiv. Zeitschrift für die gesamte Botanik](#)

Jahr/Year: 1926

Band/Volume: [15](#)

Autor(en)/Author(s): Pilaski Werner

Artikel/Article: [Ueber den Wasserverbrauch der hauptsächlichsten Kulturpflanzen 325-376](#)