

Ueber den Verlauf der Kaliumaufnahme junger Roggenpflanzen,  
 die in einem unverhältnismässig  
 kleinen Bodenvolumen gewachsen sind.  
 Von MAX ESCHENHAGEN (Königsberg Pr.).

Im Herbst 1923 hielt Prof. NEUBAUER-Bonn anlässlich der Tagung der Dünger-Abteilung der D.L.G. einen Vortrag über seine neue Arbeitsmethode zur Untersuchung von Böden auf ihren Nährstoff-Gehalt. Aus seinen Ausführungen ist folgendes hervorzuheben: Es handele sich um eine Methode, die mit geringem Aufwand von Mitteln dem Landwirt in möglichst kurzer Zeit Aufschluss über das Dünger-Bedürfnis seiner Böden gibt. Den bisherigen Arbeitsweisen hafte die Umständlichkeit und lange Dauer an, welche Nachteile er in seiner neuen Versuchs-Anstaltung überwinden zu haben meint. Nach 18-tägigem Wachstum von Roggenpflanzen in dem zu untersuchenden Boden könne er, aufgrund der von diesen Keimpflanzen aufgenommenen Mineralstoffen, ein brauchbares Bild über den Nährstoff-Vorrat geben (1).

Da eine derartig schnelle Lösung dieser für den Landwirt so hoch wichtigen Frage ungemein günstige Perspektiven eröffnete, wurde sogleich am Institut für Pflanzenbau der Universität Königsberg die Mitarbeit bzw. Nachprüfung begonnen. In Anlehnung an die von Herrn Prof. NEUBAUER übersandte "Arbeitsvorschrift" für die Versuche zur Bestimmung der leicht von den Pflanzen aufnehmbaren Boden-Nährstoffe wurde vorliegende Arbeit in Angriff genommen, die bezüglich der Methodik der NEUBAUERS im wesentlichen gleicht, sich ihrer Bestimmung gemäss nur dadurch unterscheidet, dass sie mit möglichst bekannten Faktoren arbeitet; also in Form der Sand-Kultur mit gegebener Differenz-Düngung.

Die Grundlage für diese Schnellmethode beruht auf folgenden Beobachtungen u. Erwägungen: WUNDER (2) stellte bei der Aufzucht von *Brassica*-Keimlingen fest, dass die Zusammensetzung der Asche bei Keimpflanzen, die Mineralstoffe aus dem Boden aufzunehmen Gelegenheit haben, bereits in den ersten Tagen der Keimung starke Abweichungen von aschestoff-freien Kulturen zeigt. CZAPEK (3) führt aus: "Da das Würzelchen des Keimlings sehr bald seine Funktion antritt, Aschenstoffe aus dem äusseren Substrat aufzunehmen, beginnt ein Wettstreit dieser Art von Mineralstoff-Gewinnung mit der Resorption von Mineralstoffen aus den Nährgeweben". NEUBAUER nützt diese Eigenschaft der Keimlinge aus und sucht, sie sich für seine Zwecke nutzbar zu machen, indem er in möglichst kleinem Bodenvolumen eine möglichst grosse Zahl von Keimlingen zieht, 100 Pflanzen in 100 g Boden in einem Gefäss von ca. 11 cm Durchmesser und nimmt dabei an, dass soviel Pflanzen, bzw. Wurzeln, so wenig Boden in einer sehr kurzen Zeit seiner Nährstoffe berauben, d.h. ihn erschöpfen müssen.

Dieses Prinzip: "Feststellung des Dünger-Bedürfnisses durch Boden-Erschöpfung" behandelten schon vor Jahren GREISENEGGER und VORBUCHNER (4). Auch sie arbeiteten mit viel Pflanzen auf kleinem Bodenvolumen. Sie zogen 50 Gerstenpflanzen in mit 100 g Boden gefüllten Gläschen von 6 cm Durchmesser und ernteten ebenfalls in einem jugendlichen Stadium, nach 36 Tagen. Diese Forscher liessen sich aber bei der Feststellung des Nährstoff-Gehaltes eines Bodens von ganz anderen Gesichtspunkten als NEUBAUER leiten. Sie bedienten sich des üblichen Vegetations-Versuches mit verschiedenen Düngungs-Gruppen und stellten nach der frühen Ernte die Gewichte der grünen Substanz, Trockensubstanz und Aschen fest. Ferner wurden die grünen, die teilweise und ganz vergilbten Halme gezählt und in ein prozentual vergleichbares Verhältnis gesetzt. - Bewährt sich der Gewichts-Vergleich insofern, als die wahrscheinlichen Schwankungen nicht sehr gross sind, etwa 2,5% im Durchschnitt, so dürfte die Methode des Halbzählens unbrauchbar sein, weil hier der wahrscheinliche Fehler ungemein hoch geht. GREISENEGGER und VORBUCHNER setzen voraus, dass

Nährstoffmangel sich einerseits im Vergilben der Blätter, andererseits in einem Minderertrag bemerkbar macht. Wo mit den Extremen, ohne und mit Volldüngung gearbeitet wird, liegen die Ergebnisse ausserhalb der Fehlergrenzen. Bei den Versuchsreihen mit verschieden zusammengesetzter Düngung war aber kein einwandfreies Resultat mehr zu erlangen; was nicht Wunder nehmen darf, handelt es sich hier doch um so minimale Ernten, bei denen die Individualität der einzelnen Pflanze eine zu beherrschende Rolle spielt. HELLRIEGEL äussert sich in seinen "Naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaues" in ganz entsprechender Weise: "Diese Beschränkung des Bodenvolumens birgt vor den Feldversuchen einen grossen Vorzug, indem sie die Pflanzen zwingt, die in den geringen Bodenvolumen untergebrachten Nährstoffe bis zum äussersten auszunützen". Andererseits erkennt er auch voll die Nachteile: "Von den in den engen Raum eingezwängten Wurzelfasern geht in allen Fällen ein mehr oder minder grosser Teil an den Widerständen, auf die er überall schon nach kurzem Wachstum trifft, zugrunde, ehe er seine natürliche Ausbildung erreicht hat" (5).

Die vorliegende Arbeit soll zeigen, in welcher Weise die Nährstoff-Aufnahme junger anomal gezogener Pflanzen verläuft, und welche Erntegewichte hierbei auftreten. Es wurden 5 Versuchsreihen angestellt, die wegen des beschränkten Materials in verschiedene Zeiträume fielen und hinsichtlich der herrschenden Temperatur besonders starke Unterschiede aufwiesen. Für alle 5 Versuchsreihen, die mit V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub> .... bezeichnet seien, wurde das gleiche Saatgut, gleiche Mengen desselben Grubensandes und Gefässe mit annähernd gleichen Bodendurchmessern verwandt. Benutzt wurden 20 Gläser in Zylinderform 13 x 13 cm, alle gleich durchsichtig, als Form A bezeichnet, 20 Gläser 12 x 23 cm = Form B, Boden- und Seitenwand mit einem etwa 3 cm hohen schwarzen Lackring versehen, der bei früheren Wasserkulturversuchen als Algenschutz diente und sich auch hier in diesem Sinne bewährte. Zur Saat diente Roggen vorjähriger Ernte von 1922, MITSCHERLICH-Züchtung, mit einem durchschnittlichen Trockensubstanz-Gewicht von 3,10 g für 100 Körner. Jedes Glas wurde mit 400 g Sand gefüllt, der vor dem Einfüllen bei den Versuchsreihen V<sub>1</sub> und V<sub>2</sub> mit den Nährlösungen, bei V<sub>3</sub> - V<sub>5</sub> mit Leitungswasser gemischt wurde, um Krümelstruktur zu erzielen, die in Anbetracht der schwierigen Wachstums-Verhältnisse besonders wichtig ist. Bis auf etwa 50 - 75 g Sand, die als Deckschicht dienen sollten, wurde der angefeuchtete Sand derart eingeschüttet, dass weder zu grosse Hohlräume noch zu dichte Lagerung eintraten. Die 100 Roggenkörner wurden mit einer Pinzette gefasst und mit dem Keimling zu unterst, in konzentrischen Ringen angeordnet, leicht eingedrückt, sodann der Rest des Sandes gleichmässig darüber verteilt, sodass alle Körner, die auch annähernd gleichen Abstand voneinander besaßen, bedeckt wurden. Um unnötige Verdunstung zu verhüten wurden anfangs die Gläser mit Glasplatten abgedeckt, nach 2 - 3 Tagen diese aber wieder abgenommen, da sich Neigung zur Pilzbildung zeigte. Jeweils nach dem Auflaufen wurden die Gläser mit Leitungswasser auf gleichen Wassergehalt gebracht, wobei Unterschiede von etwa 1 - 2 g pro Glas unberücksichtigt blieben. Die Ernte fand bei allen Versuchsreihen in derselben Weise statt. Im Laufe der Wochen hatte sich das Wurzelnetz so verfilzt, dass man bei den 30 - 50-tägigen Versuchsreihen durch Umkippen eine einem Frottierlappen ähnliche Masse herausbekam. Bei den Versuchen V<sub>1</sub> und V<sub>2</sub> waren die Blätter so verdorrt und dürftig, dass man auf das Umkippen angewiesen war, während die Pflanzen der Versuchsreihen V<sub>3</sub> - V<sub>5</sub> sozusagen am Schopf gepackt und herausgezogen werden konnten. Diese Masse kam auf ein 1,5 mm Sieb in eine Waschwanne hinein und wurde in dem darin befindlichen Leitungswasser von dem groben Sande befreit. Nun wurden die Sprosse dicht über den Samenhilfen abgeschnitten, in Bechergläser getan und zum Trocknen in den Trockenschrank bei 100 - 105° C. gestellt. Das mehr oder minder dichte Wurzelnetz wurde unter feinem Wasserstrahl möglichst von allem Sande befreit. Dies gelang jedoch sehr verschieden, denn manchmal hatten die Wurzelnetze in sich Sand eingesponnen, der nur durch völliges Zerreißen der Wurzeln hätte ausgewaschen werden können. Mitunter traten in einer Gruppe, z.B. Topf 1 - 4 oder 13 - 16, die jeweils gleiche Düngung hatten, neben den verfilzten Wurzel-Netzen auch solche auf, deren Wurzelchen sich auf der Peripherie so zusammengeschlossen hatten, dass die Mitte

fast frei blieb. In der Regel jedoch hatten wir es mit überall geschlossenen Wurzel-Netzen zu tun, die durchaus einem Lappen vergleichbar waren. Schienen die Wurzelnetze genügend vom Sand befreit, ganz war dies nie zu erreichen, ebenso wenig zu vermeiden, dass hin und wieder ein Würzelchen sich loslöste und verloren ging, dann wurden sie ausgerungen und mit den evtl. ausgespülten Samen und Samenhülsen gleichfalls in Gläsern zum Trocknen gebracht. Unmittelbar nach dessen Beendigung erfolgte die Wägung mit dem Sandgehalt. Im Herbst und Winter des Jahres, Oktober bis Januar, erfolgte dann die Kali-Analyse. Bis auf die Versuchsreihe V<sub>4</sub>, wo Wurzeln und Blätter gesondert analysiert wurden, kamen Wurzeln und Blätter zusammen in den KJELDAL-Kolben und wurden mit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + HNO<sub>3</sub> nass verascht. Die Kali-Analyse wurde nach MITSCHERLICHs (6) Kobalti-Nitrit-Methode durchgeführt. Die mit aq. dest. in 250 ccm Messkolben aufgefüllte Substanz stand ca. 20 - 24 Stunden ab. Bei dem darauf folgenden Abpipettieren wurde ein Aufwirbeln des Sand-Rückstandes vermieden, sodass dieser nach beendeter Analyse abgegossen, getrocknet u. zurückgewogen werden konnte. Es wurde hierbei angenommen, dass beim Veraschen keine oder nur geringfügige Sandverluste eintraten, und bei den folgenden Handlungen nur so kleine und vor allem bei allen Versuchen annähernd gleiche Verluste, sodass dadurch keine Fehler verursacht würden. Bemerkte sei noch, dass bei den Versuchsreihen V<sub>3</sub> - V<sub>5</sub> von den stärksten Kaligruppen nur 10 ccm Substanz zur Analyse verwandt wurden, gegen 25 ccm der übrigen; woraus sich auch die größeren Fehler der stärksten Düngungsgruppe V erklären.

Es seien die Versuchsreihen selbst der Betrachtung unterzogen: Zunächst der Vegetationsverlauf einer jeden, dann ihre Ergebnisse und daran anschliessend die 5 Versuchsreihen untereinander. Erst auf letzterem Wege dürften viele Erscheinungen, die vom Normalen abweichen, ihre Erklärung finden. Wie bereits bemerkt, sind die Versuche unter verschiedenen Faktoren gewachsen, von denen die klimatischen, die schwer zu präzisieren sind, am meisten Verschleierung in die Ergebnisse bringen dürften. Die zur Klärung dieser Frage angestellten Witterungs-Aufzeichnungen müssen ausserdem mit umso mehr Vorsicht aufgenommen werden, als die Beobachtungen meist nicht am Standort der Pflanzen selbst vorgenommen wurden, sondern auf der 2 km entfernten meteorologischen Station. Solange die Versuchsreihen V<sub>1</sub> und V<sub>2</sub> im Gewächshaus standen, galten für sie die Temperaturen eines darin aufgehängten Thermometers. Für die Zeit darauf ist die Schattentemperatur der Sternwarte angegeben. Zu Grunde gelegt sind die Mittel von 3 Tagesmessungen. Dass diese schwer vergleichbaren Messungen dennoch hier aufgenommen sind, hat seinen Grund in der Eigenart mancher Ergebnisse, die voaraussichtlich in der Anders-Gestaltung der klimatischen Wachstums-Faktoren ihre Begründung finden.

### 1. Versuchsreihe (V<sub>1</sub>) = 53 Tage Veg. Zeit.

Gefässform B in oben angeführter Weise beschickt. Als Grund-Düngung wurden allen 20 Gläsern gegeben: 0,265 g CaH<sub>4</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> + 0,374 g NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>. 0,639 g Salze auf 1 Liter, davon 50 ccm pro Gefäss, somit auf 1 Gefäss mit 400 g Sand berechnet: 0,0132 g CaH<sub>4</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> + 0,0187 g NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>. Als Kali-Differenzdüngung diente K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> in vierfacher Staffelung (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1.

Kaliabgabe ± g K <sub>2</sub> O	Ges. Trockensubst. v-		Ges. Kaligehalt		K <sub>2</sub> O-Aufnahme		K <sub>2</sub> O i. d. Ges. Tr. Sub. %
	gefunden g	berechn g	gefunden g	berechn g	nach Abzg. d. bl. Versuchs g	%	
0,0000	4,71 ± 0,3	4,80	0,044 ± 0,001	0,040	0	0	0,98
0,0015	4,76 ± 0,1	4,84	0,041 ± 0,0008	0,042	0	0	0,90
0,0037	4,91 ± 0,3	4,90	0,044 ± 0,002	0,045	0	0	0,90
0,0092	5,37 ± 0,15	5,03	0,052 ± 0,01	0,052	0,008	87	0,97
0,037	5,58 ± 0,12	5,56	0,069 ± 0,0004	0,069	0,025	70	1,26

Gesät am 25.VI.1923, aufgelaufen am 28.VI., geerntet am 17.VIII. Die Gefässe wurden an den Fenstern eines Treibhauses aufgestellt.

2.VII. - 7.VII. stieg die Temperatur im Treibhaus täglich bis auf 40° C, und hielt sich einige Mittagsstunden so hoch. Die Pflanzen schossen erst schnell hoch auf ca. 14 cm, wonach kein intensives Wachstum bemerkbar war. Man konnte annehmen, dass sie unter Wärmestarre litten.

29.VI. Alle 20 Gefässe wurden auf 75 g Wassergehalt gebracht

1.VII. Es zeigten sich gelbe Spitzen.

8.VII. Am stärksten gelb sind: 4, 6, 10, 12, 14, weniger 8, 12, 11, 3, am wenigsten 1, 5, 19. Alle Gefässe wurden jeden Abend auf den gleichen Wassergehalt von 100 g gebracht, erhielten ausserdem an den heissen Tagen ein- bis zweimal täglich Wassergaben, pro Topf von ca. 10 - 15 g; da sie dennoch unter zu grosser Trockenheit litten, wurde der Wassergehalt auf 105 g pro Gefäss gesteigert, ferner kamen die Töpfe an

9.VII. in ein Frühbeet, das bei unbeständiger Witterung und nachts im allgemeinen mit Fenstern abgedeckt wurde. Mängel in diesen verursachten gelegentliches Beregnen von Töpfen.

15.VII. wurde der Wassergehalt auf 125 g pro Gefäss gebracht.

17.VII. folgende Gefässe hatten durch Regenwasser einen Überschuss an Wassergehalt in g : 2 = + 32; 4 = + 32; 8 = + 17; 10 = + 37; 11 = + 30.

19.VII. ergab eine Bewertung der Entwicklung der grünen Blätter folgende Klassifikation: I. Klasse = 12, 17, 13, 16; II. Klasse = 1, 18, 14, 20; III. Klasse = 3, 7, 5, 15; IV. Klasse = 10, 8, 6, 19; V. Klasse = 2, 4, 9, 11

21.VII. alle 20 Gläser erhielten je 25 ccm NaCl in 0,4 o/oo Lösung.

22.VII. in Topf 2 erreichen 2 grüne Halme den Topfrand = 24 cm Höhe; Topf 8 und 11 sind stark vergilbt, es hat sich allgemein das vierte Blatt entwickelt.

25.VII. Topf 7 hat durch Regen = 40 g Überschuss.

27.VII. Topf 7 hat durch Regen noch 20 g Überschuss.

27.VII. Topf 3 hat durch Regen 65 erhalten.

28.VII. Topf 8 hat durch Regen ca. 250 g Überschuss, abgegossen bis zur vollen Kapazität, dass nichts stagnieren konnte, nach und nach nach Bedarf dasselbe Wasser zurückgegeben.

Die Ergebnisse aller 5 Düngungsgruppen liegen innerhalb des 4-fachen wahrscheinlichen Fehlers. Kleine Ertragssteigerungen machen sich bemerkbar. Auch die Berücksichtigung des Wurzel-Ertrages vermochte das Ergebnis nicht wesentlich zu ändern, denn das Verhältnis von oberirdischer und unterirdischen Substanz verhielt sich innerhalb der Versuchsfehler wie 1 : 1. Wollen wir die Ertragssteigerung trotz den erheblichen Fehlern mit dem Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren von MITSCHERLICH in Einklang bringen, so folgen die Versuche im Mittel (siehe Tab. 1) innerhalb des 2-fachen wahrscheinlichen Fehlers der nachstehenden Gleichung:  $\log. (6,5 - y) = \log 6,5 - 7 (x + 0,0832)$ . Die in dieser Gleichung errechneten Werte sind den in Tab. 1 angeführten gefundenen gegenübergestellt worden. Berücksichtigt man, dass die Aussaat 3,10 g Trockensubstanz, d. Höchstertrag 5,58 g Trockensubstanz, mithin der Mehrertrag annähernd 2 g betrug, so kann man kaum auf wertvollere Ergebnisse hoffen, wenn nicht die Kali-Aufnahme hier grosse Unterschiede aufzuweisen hat. Die Ergebnisse der Kali-Aufnahme sind in der Tabellen jedesmal den Gesamterträgen nachgestellt.

Gruppe I ohne K<sub>2</sub>O-Düngung weist eine Kali-Aufnahme von 44 mg auf. Der Durchschnitts-Kaligehalt des verwendeten Saatgutes ist 29 mg in 100 Körnern. Die restlichen 15 mg wären demnach aus dem Medium, Sand oder Glas, aufgenommen. Im folgenden wird bei der Prüfung auf eine evtl. Kali-Aufnahme aus der Düngung der blinde Versuch immer in Abzug zu bringen sein. Es muss dies leider unter der gewiss unberechtigten Voraussetzung geschehen, dass in allen Gruppen Körnergewicht und Kaligehalt die gleichen sind, da eine Wägung des benützten Saatgutes nicht stattgehabt hatte. Der Absturz von I. zu II. ist auffallend und ebenso, dass erst bei Gruppe III., wo 3,7 mg Düngung gegeben sind, der Mittelwert des blinden Versuches erreicht wird. Dann findet aber doch ein gleichmässiger Anstieg statt, so dass bei der vierten Düngung, die in ihrer Stärke dem Kaligehalt der 100 Körner

am nächsten kommt, der Mittelwert ausserhalb des 4-fachen wahrscheinlichen Fehlers liegt. Entsprechend dieser negativen Kali-Aufnahme ist denn auch bei Gruppen II - III keine Mehraufnahme, die durch Düngung hervorgerufen sein müsste, festzustellen. Die Düngungen von 1,5 mg und 3,7 mg sind so klein, dass sie durch Schwankungen, wie sie im blinden Versuch auftreten, völlig kompensiert werden. Gruppe IV mit 9,2 mg ist schon der dritte Teil des Korngehalts, sodass 87% Mehraufnahme zu errechnen sind. Die Gesamt-Kaliumaufnahme in ein Verhältnis zur Gesamt-Trockensubstanz gebracht, zeigt, dass beide nicht proportional sind, vielmehr, dass die Kali-Aufnahme in stärkerer Masse steigt, als die Gewichtszunahme. Die Gesamt-Kaliumaufnahme folgt bis auf den blinden Versuch innerhalb des 0 - 2-fachen Fehlers der Gleichung:  $\log (0,075 - y) = (P,5441 - 2) - 20 x$ .

Um ungleichmässige Beleuchtung möglichst über alle 20 Töpfe zu verteilen, standen hier wie bei allen andern Versuchsreihen die Gläser immer in folgender Reihenfolge zusammen: 1, 5, 9, 13, 17; 2, 6, 10, 14, 18 u.s.w. In der zweiten Woche trat abnorme Hitze ein, dabei trockene Luft, sodass Verdunstung und Transpiration sehr stark wurden und daher täglich mehrmals Wasser gegeben wurde, doch ohne die Norm des Wassergehaltes, die sich später als zu niedrig veranschlagt herausstellte, zu übertreffen. Etwa 14 Tage nach der Saat wurde beobachtet, dass Töpfe 4, 6, 10, 14, 18 am stärksten vergilbt waren. Es dürfte kein Zufall sein, dass gerade die Töpfe am meisten betroffen waren, die zusammen und dem Fenster am nächsten standen. 10 Tage später scheinen nur noch 4, 6, 10 zu den schlechtesten, 14, 18 dagegen zu den besser entwickelten zu gehören. In den Ernteresultaten zeigt sich, dass diese Gefässe bis auf Topf 4 sehr günstig abschneiden. Sie haben entweder das verlorene eingeholt oder hatten schon bereits einen Vorsprung gewonnen, evtl. durch eine Bevorteilung von Wärme und Licht. Die Pflanzen mögen sich in einer sogenannten Hitzestarre befunden haben, in einer Temperatur, die das Maximum erreichte, in diesem aber nicht so konstant verharrte, dass Tötung des Gesamt-Protoplasmas eintrat. Nach SORAUER (7) sind Temperaturen zwischen 40 - 50° tödlich. Dieser stellte ferner fest, dass Pflanzen, die unter der Hitze gelitten haben, sich in einigen Wochen erholen können.

Der Einfluss der Beregnung verschiedener Töpfe sei einer Betrachtung unterzogen, da diese unerwünschte Beigabe nicht ohne Einfluss geblieben ist. Die starke Regenmenge in Topf 8 hat scheinbar auf die Bildung von Trockensubstanz keinen Einfluss ausgeübt; dagegen steht der Kaligehalt sehr zurück; er ist nächst 11 am niedrigsten von allen Versuchen. Sollte 37 Tage nach der Saat hier keine Produktion von Substanz, dagegen noch Kali-Aufnahme stattgefunden haben? Da das Regenwasser eine Nacht lang im Topf 8 übergestanden hatte, dann abgegossen und ganz allmählig, einer Nährlösung gleich, zurückgegeben wurde, ist anzunehmen, dass seit dem Tage die Pflanzen in allen Wachstumsbedingungen den unberegneten gegenüber stark benachteiligt waren. Topf 8 und Topf 11, die immer am schlechtesten standen, Regenwasser erhielten, haben auch beide Minderernten und die geringste Kali-Aufnahmen ergeben.

Die unbefriedigenden Ergebnisse dürfen einerseits auf eine zu schwache Differenz-Düngung, andererseits auf einen zu niedrigen Wassergehalt zurückgeführt werden. Als dieser schliesslich erhöht wurde, wahrscheinlich noch zu wenig, war es sicherlich schon zu spät. Wenn auch an den heissen Tagen mehrmals Wasser verabfolgt wurde, so ist nach SORAUER (7) mit seiner unbedingten Aufnahme nicht ohne weiteres zu rechnen. "Wenn stark verdunstende Pflanzen der heissen Sonne und bewegten Luft längere Zeit ausgesetzt sind, beginnen sie trotz genügender Bodenfeuchtigkeit zu welken, weil die Wassermenge, die durch die Blätter verdunstet, nicht schnell genug von der Wurzel ersetzt werden kann. Zwar wird durch die bei stärkerem Sonnenschein gleichzeitig eintretende Temperatur-Erhöhung auch die Wasser-Zufuhr sich vermehren; es steigert sich nach DE VRIES die Imbibition der Zellwände und damit ihre Fähigkeit der Fortleitung des Wassers, aber die erhöhte Zufuhr kann trotzdem nicht den Verdunstungsverlust decken und die Blätter müssen erschlaffen. Werden die Töpfe dann ungeprüft weiter gegossen, so versauert die Erde ebenfalls". Eine Frage ist ferner, ob und evtl. in welchem Masse die zur Hälfte der Vegetationszeit gereichte NaCl-Gabe wirksam wurde.

Zusammengefasst haben der Versuchsreihe die Wachstumsfaktoren nicht in einem denkbar möglichen Optimum zur Verfügung gestanden.

## 2. Versuchsreihe (V<sub>2</sub>). - 40 Tage.

Gefässform A. Versuchsbedingungen wie V<sub>1</sub>, die gleichen Düngungen.

Tabelle II.

K <sub>2</sub> O x:1000 mg	Ges. Trockensubstanz y		Ges. Kaliumaufnahme		Kaliumaufnahme n. Abzug d. blind. Vers.		Kali in der Ges. Tr.Sub. %
	gefunden g	ber. g	gefunden g	ber. g	g	%	
I. 0,0	4,45 ± 0,17	4,43	0,030 ± 0,0015	0,026	0	0	0,63
II. 1,5	4,56 ± 0,05	4,47	0,028 ± 0,0003	0,028	0	0	0,61
III. 3,7	4,27 ± 0,21	4,52	0,029 ± 0,001	0,031	0	0	0,68
IV. 9,2	5,09 ± 0,15	4,65	0,033 ± 0,001	0,037	0,005	54	0,72
V. 37,0	4,63 ± 0,26	5,13	0,052 ± 0,002	0,051	0,022	59	1,1

Gleichung für die Ernte:  $\log(6 - y) = \log 5 - 7(x + 0,0832)$ .

Gleichung für die Kali-Aufnahme:  $\log(0,057 - y) = (0,4914 - 2) - 20 \cdot x$ .

Vegetationsverlauf. - Gesät am 22.VI.23, aufgelaufen am 25.VI., geerntet am 1.VIII.23.

26.VI. alle Gefässe werden auf den gleichen Wassergehalt von 75 g gebracht.

28.VI. die Pflanzen erreichen den Glasrand, etwa 12 cm Höhe.

2.VII. - 7.VII. starke Hitze. Die Pflanzen wurden mehrmals täglich abgebraust, allabendlich wurden alle Gläser auf den gleichen Wassergehalt gebracht. Es hatte den Anschein, als wüchsen die Pflanzen gar nicht.

8.VII. ergab eine Messung des bewachsenen Sandes in einem Topf = 35° C.

8.VII. fast alle Pflanzen vergilben, besonders die in Glas 18, das in der Ecke der nach Ost und Süd gerichteten Fensterfronten steht. Ferner noch besonders 1 und 10 sowie 3, 7, 11, 15. Die Töpfe haben an den heissen Tagen durchschnittlich bis 50 g Gewichtsverlust.

9.VII. kommen alle Gläser in dasselbe Frühbeet, wie die von V<sub>1</sub> und pro Glas wird 50 g Wasser mehr gegeben. Die Pflanzen scheinen sich recht langsam und ohne einen auffallenden Unterschied zu entwickeln.

14.VII. es scheinen am besten entwickelt zu sein: 4, 8, 12, 16; am schlechtesten: 1, 5, 10 und 20. Das dritte Blatt ist entwickelt.

15.VII. werden alle Gläser auf 125 g Wassergehalt gebracht.

19.VII. eine Klassifizierung hinsichtlich der Blatt-Entwicklung ergab: I. 7, 16, 18, 19; II. = 5, 12, 17, 20; III. = 2, 8, 11, 13; IV. = 4, 6, 14, 15; V. = 1, 3, 9, 10.

16.VII. folgende Gläser werden mit Regen befallen in g: 2 + 25; 3 + 44; 7 + 53; 20 + 20.

17.VII. hatte dank der Transpiration bzw. Verdunstung nur Topf 3 noch ein Plus von 15 g Wasser. 8 erhielt 27 g und 18 = 25 g Regenwasser.

21.VII. das vierte Blatt entwickelt sich. Alle Gläser erhalten je 25 ccm NaCl = 0,01 g Salz = 0,4 o/oo.

26.VII. 8 hat durch Regen 25 g Überschuss.

1.VIII. Ernte. Gruppe I., Gefässe 1 - 4 erschienen auffallend hoch, doch mit dünnen Stengeln. Die Pflanzen aller Gläser hatten durchschnittlich 4 Blätter entwickelt, von denen meist 2 verdorrt waren. Auch beim ersten Versuch (V<sub>1</sub>) zeigte es sich, dass bei jedem neu gebildeten Blatte das jeweils älteste immer verdorrte.

Bei diesem Versuch, der noch einige Tage vor der ersten Versuchsreihe angesetzt wurde und daher in seiner Entwicklung in noch stärkerem Masse von der Hitze betroffen wurde, finden wir in den Blattgewichten bedeutend niedrigere Zahlen als

bei  $V_1$ , die aber auch in ähnlicher Weise aufeinander folgen. Die Differenz zwischen Höchst- und Mindestgewicht ist annähernd die gleiche wie bei  $V_1$ . Da es sich hier um eine 14 Tage kürzere Vegetationszeit als bei  $V_1$  handelt, könnten die im Durchschnitt bedeutend geringeren Trockensubstanz-Gewichte der Blätter auf deren Rechnung zu setzen sein. Nun zeigte sich aber, dass die Wurzeln unverhältnismässig stärker ausgebildet sind, als bei  $V_1$ , so dass der Unterschied der Gesamt-Trockensubstanz der Gewichte nicht mehr ein so grosser ist. Der Wurzel-Anteil beträgt 57% gegen 50% bei  $V_1$ . Die Ergebnisse der Gesamt-Trockensubstanz von allen 5 Gruppen liegen innerhalb der Fehlergrenzen, sodass wir auch hier auf die Kali-Aufnahme verwiesen werden. Die logarithmische Gleichung nach dem Wirkungs-Gesetz ergibt Werte, die trotz den schwankenden Ernte-Resultaten diesen noch sehr nahe kommen (siehe Tabelle II). Die Kali-Aufnahme verlief in ähnlicher, jedoch noch schwächerer Form, wie bei  $V_1$ . Sie war absolut und auch relativ nicht so hoch. Dem blinden Versuch nach zu urteilen, fand hier keine Aufnahme aus dem Sande statt. Erst die stärkste Düngung bewirkte eine Aufnahme, die ausserhalb des 4-fachen Fehlers liegt. Die Gleichung  $\log(0,057 - y) = (0,4914 - 2) - 20x$  ergibt Werte, die mit den gefundenen innerhalb des 2- bis 3-fachen Fehlers übereinstimmen. Mit dem starken Ausfall an Gesamt-Trockensubstanz bei Gruppe III. hat der Prozent-Kali-Gehalt nicht Schritt gehalten, eine Tatsache, die in ähnlicher Weise noch öfters festzustellen sein wird. Von IV zu V steigt auch der Prozentgehalt bedeutend, da V geringere Trockensubstanz und grössere Kalimenge aufweist, als IV. Der Abfall von IV zu V könnte auch durch folgenden Umstand Erklärung finden: Der durch die starke Hitze verursachte Wassermangel wirkte in V höher plasmolytisch, da V mehr Salze in der Düngung hatte. - 30 Tage nach der Saat wurde NaCl verabfolgt, zu einem Zeitpunkt, wo nach obigen Betrachtungen evtl. schon keine Nährstoff-Aufnahme mehr stattfand. Vielleicht könnte darin der Grund in den absolut niedrigeren Kali-Aufnahmen zu suchen sein. Eine Ursache dafür zu finden, ist umso wichtiger, wenn man annimmt, dass die verschiedene Vegetationszeit allein nicht dafür verantwortlich gemacht werden kann. Es ist ausserst auffallend, dass der blinde Versuch u. II und III gleichfalls Kali-Aufnahmen ergeben haben, die nur dem Kali-Gehalt der Aussaat entsprechen. Der blinde Versuch von  $V_1$  dagegen, speziell Topf 4, weisen bedeutend grössere Kali-Mengen auf, als  $V_2$ . Diese auffallenden Unterschiede führen uns zur vergleichswisen Betrachtung der beiden Versuchsreihen, die unter gleichen Voraussetzungen geschehen kann, da  $V_1$  und  $V_2$  unter annähernd gleichen klimatischen Wachstums-Bedingungen standen. Zu berücksichtigen wäre allerdings, dass die A-Gefässe 13 cm, die B-Gefässe 23 cm hoch waren, dass demnach die Pflanzen in B weniger Licht bekamen und, zum mindesten theoretisch, dem entsprechend schlechter assimilieren mussten. Diese beiden ersten Versuchs-Reihen fordern zum Vergleich auf, wenn man die Verschiedenartigkeit der Kali-Aufnahmen beachtet. Bei  $V_1$  sind im blinden Versuch 44 mg Kali aufgenommen. 29 mg für den Gehalt von 100 Körnern in Abzug gebracht, ergibt einen Überschuss von 15 mg, der irgend woher stammen muss. 1921 wurden in demselben Sande in 400 g = 4 mg aufnehmbares Kali gefunden. Die logarithmische-Gleichung lässt auf 54 mg schliessen. Das Mittel von 4 blinden Versuchen ergibt 12 mg mit geringem Fehler, sodass die Herkunft dieser recht unwillkommenen Grösse gedeutet und letztere selbst stets berücksichtigt werden muss. Der Sand hat schon jahrelang lufttrocken gelagert, sodass nach MITSCHERLICH (8) betreffe Löslichkeit von Salzen eine starke Veränderung eingetreten sein könnte. Die meisten Autoren stimmen auch darin überein, dass ein angeblich reiner Quarzsand immer noch Kali-Mengen, vielleicht in Form von Feldspaten, enthalten kann. Ferner könnten die Gläser selbst als Kali-Quelle infrage kommen (9). Mögen vielleicht auch beide Faktoren beteiligt sein, so dürfte es sich doch wohl hauptsächlich um den Sand handeln, zumal auch NaCl chemisch rein verabfolgt wurde. Da beide Versuche die gleichen Düngungen erhielten, muss der Unterschied anderweitig gesucht werden.  $V_1$  wurde angesetzt, als  $V_2$  zu keimen begann. Beide Versuche ständen hinfort immer zusammen.  $V_1$  mit seinen grossen B-Gläsern stand hinter  $V_2$ ; daher weiter von den Fenstern entfernt und mehr in den Raum hineinstehend, wo keine Ventilation herrschte. Beide Versuche waren in der ersten Zeit derselben abnorm hohen Durchschnitts-Temperatur von 24° C unterworfen. Die Frage ist, ob die

Verdunstung bzw. Transpiration die gleiche war. Aufzeichnungen fanden hierüber nicht statt, doch schienen die am Fenster stehenden kleinen A-Gläser mehr zu verdunsten. Ein Nachteil bei den Gläsern hingegen müsste eine geringere Ventilation sein, der die Pflanzen in ihrer Haupt-Wachstumszeit ausgesetzt waren. Naturgemäss mussten sich auch in der Beziehung die Pflanzen der A-Gläser besser stehen, da deren Blätter bereits nach 8 Tagen über den Glasrand hinauswuchsen. Sollte bei d. B-Gläsern vielleicht die Kohlensäure im Spiel gewesen sein? Diese kann hier im Gegensatz zum Freiland-Versuch leicht ins Minimum treten, fällt doch in der Sandkultur ihre Bildung durch biologische Prozesse ganz fort. Ferner könnten nach MITSCHERLICH (10) bei den länger gewachsenen Versuchsreihen die Wurzel-Ausscheidungen sehr gering gewesen sein, da die Wurzel-Oberfläche durch engste Aneinanderlagerung in den kleinen Bodenvolumen anomal klein war. Ferner könnte in den hohen Gläsern dank der schlechten Ventilation die Kohlensäure mehr zurückgehalten werden, ähnlich wie man diese Fähigkeit den Blattpflanzen zuschreibt.

Wenn wir uns nun PFEIFFER anschliessen, der sagt: "Der reine Quarzsand bietet als Ausgangsmaterial für alle Versuche den grossen Vorzug, dass er völlig indifferent ist, dass er weder bei den Lösungs- noch Absorptions-Erscheinungen irgend eine Rolle zu spielen vermag", dann müssen wir in der Nähstoff-Konzentration die Ursache für die verschiedene Kali-Aufnahme suchen. Das verweist unmittelbar auf den Wachstumsfaktor Wasser, der bei den in so grosser Hitze gezogenen Pflanzen eine fragwürdige Rolle gespielt hat. Die geringe Wasser-Kapazität des Sandes war den Anforderungen der Verdunstung und Transpiration nicht gewachsen. Dazu kam, dass der Wassergehalt zu niedrig angesetzt wurde; 21% von 400 g Sand zu Beginn des Versuches. Da infolge dessen zeitweiser Wassermangel eintrat, der sich weniger durch ein Welken als vielmehr durch ein völliges Austrocknen der obersten Sandschicht bemerkbar machte, so wird notgedrungen die Nähstoff-Konzentration oft gewechselt haben und dem jeweiligen Austrocknen entsprechend eine vielleicht sehr hohe, den Pflanzen schädliche Form angenommen haben. Von diesen ungesunden Zuständen waren beide Versuchsreihen mehr oder weniger betroffen: nach obigen Andeutungen der am Fenster stehende A-Versuch ( $V_2$ ) aber am meisten. Würde dies also als ein Nachteil für  $V_2$  angerechnet werden, und für  $V_1$  als Vorteil die längere Vegetationszeit, in der die chemische Massenwirkung noch zur Geltung kommen konnte, so kann beides zu einer Deutung der verschiedenen Nähstoff-Aufnahme dienen. Damit wäre allerdings zugegeben, dass nach 40 Tagen bei diesen vegetierenden Pflanzen noch Nähstoff-Aufnahme erfolgen konnte, was oben noch in Frage gestellt war. Dann ist auch ferner zu schliessen, dass bei  $V_1$  das NaCl noch 26 Tage und bei  $V_2$  noch 10 Tage lang wirken konnte, wodurch bei  $V_1$  mehr Kali löslich gemacht worden wäre. In dieser Annahme stützt Verfasser sich auf die Literatur, in der verschiedentlich über einen grösseren Wirkungswert des Kaliums bei Gegenwart von Natrium berichtet wird (11, 12, 13, 14). KRÜGER kommt auf Grund seiner Versuche mit Zuckerrüben zu dem Schluss: "Das Natron kann das Kali physiologisch bei unsern Pflanzen, vor allem wenigstens hier bei der Zuckerrübe, nicht vertreten, wohl aber wirkt es indirekt, indem es die Aufnahme des Kalis erleichtert u. vergrössert. Das ist m.E. die Lösung der Frage des Kali-Ersatzes durch Natron. MITSCHERLICH (13) folgert aus seiner Bearbeitung von PFEIFFERschen Versuchen wie aus zahlreichen eigenen Versuchen: "Der Wirkungswert des Kaliums steigt, wie schon früher ermittelt, infolge der Gegenwart von Natrium um ungefähr das Dreifache". Da die beiden Versuchsreihen verschieden lange der Wirkung des NaCl ausgesetzt waren, könnte die verschiedene Kali-Aufnahme neben andern Momenten auch durch die oben angeführten Ansichten Erklärung finden. Abschliessend soll noch bemerkt werden, dass die Blätter in den B-Gläsern sich bedeutend länger grün erhielten als die der A-Gläser, was auch Veranlassung gab, die erste Versuchsreihe auf 50 Tage auszudehnen.

### 3. Versuchsreihe ( $V_3$ ) = 44 Tage.

Versuchs-Anstellung entsprechend  $V_1$  und  $V_2$ , jedoch Düngung nach dem Auflaufen gegeben. 400 ccm Nährlösung = 9,8 g pro Glas und Tag im Durchschnitt erhalten.

Es war die Erfahrung gemacht worden, dass:

1. Die Düngung zu schwach war;
2. dass der Wassergehalt zu niedrig veranschlagt war,
3. ein Treibhaus im heissen Sommer für eine Sandkultur mit geringem Boden-Volum nicht geeignet erschien;
4. eine Aufstellung im Freien wegen der unten abgeschlossenen Gefässe, betreffs Regenfall, unmöglich und eine solche in Frühbeeten unzweckmässig war;
5. dass der Aufenthalt im Freien, sowie in einem grossen Treibhaus die Pflanzen in hohem Masse dem Befall von Parasiten aussetzte.

Wegen dieser 5 Nachteile wurde das scheinbar geringere Übel, weniger Licht-Zufuhr, vorgezogen. Daher wurden die Gefässe in einer Glas-Veranda, die von 3 Seiten Licht-Zutritt hatte, aufgestellt. In der Regel war das einzige Fenster geöffnet, sodass ein Teil der Gefässe stärkerer Ventilation ausgesetzt war. Um diesen Vorteil allen zugute kommen zu lassen, wurden alle 3 Tage die einzelnen Gruppen, die sich auch hier aus 1, 5, 9, 13 usw. zusammensetzten, umgestellt. Sonne konnte nur in den späten Nachmittags-Stunden von einer Schmalseite die Pflanzen treffen.

Die Grunddüngung wurde stärker gewählt,  $MgSO_4$  kam noch hinzu, die  $K_2SO_4$ -Differenz-Düngung enthielt die dreifache Menge Salze wie bei  $V_1$  und  $V_2$ . Im übrigen wurde dasselbe Material verwendet, doch wurde nun bei dieser und den beiden letzten Versuchsreihen die Grund- und Kalidüngung erst nach dem Auflaufen gegeben. Die Differenz-Düngung wurde auf einmal, die Grund-Düngung dagegen als Nährlösung täglich, dem Gewichtsverlust entsprechend, verabfolgt. Mangels der fehlenden Beidüngung wurde beim Ansetzen der Sand jedes Glases mit 50 g Leitungswasser vermischt.

Die Grund-Düngung, die allen 20 Gläsern verabfolgt wurde, setzte sich zusammen: (5,00 g  $CaH_4(PO_4)_2$ ; 2,5 g  $NaCl$ ; 25,0 g  $NH_4NO_3$ ) = Lösung I. in 500 ccm  $H_2O$ ; 9,18 g  $MgSO_4$  = Lösung II. in 500 ccm  $H_2O$ .

Zum jedesmaligen Giessen wurden in 1 Liter Leitungswasser von I. und II. je 10 ccm gegeben, von welcher Lösung im Höchsfalle 20 ccm = 0,83 o/oo auf den Topf pipettiert wurden.

Ein Versuch, bei dem der Sand trocken eingefüllt, dann mit Wasser nachgegossen wurde, zeigte so unregelmässiges Auflaufen unter einer verkrusteten Decke, dass er als ungeeignet abgebrochen wurde. Die Individualität der Körner ist sicherlich verschieden, sie wird im allgemeinen im Laufe des Wachstums bis zur Ernte sich meist bis zu einem gewissen Grade ausgleichen. Da es sich bei diesen kurzen Vegetations-Versuchen meist um Keimpflanzen handelt, so stehen diese auch während ihrer ganzen Vegetationszeit unter dem Einfluss ihrer eigenen Konstitution. Wird den Pflanzen noch viel Widerstand entgegen gesetzt, so wird dessen Überwindung eine schwache Pflanze mehr Kraft kosten, als eine kräftigere. Unter einer verkrusteten Decke rennen sich solche schwächliche Pflanzen förmlich die Köpfe ein. HELLRIEGEL (15) sagt dazu: "Hatten wir früher immer das Bodenmaterial einfach trocken eingefüllt, dann angesät und schliesslich mit der Nährstoff-Lösung übergossen, so wurde vom Jahre 1883 ab das Verfahren insofern geändert, als wir den Sand vor dem Einstreuen in einer Porzellanschale mit der Nährlösung anfeuchteten, so dass derselbe backend wurde, und ihn in diesem Zustande in die Gefässe unter zeitweisem ganz leichtem Andrücken einbröckelten. Ich möchte ausdrücklich betonen, dass die Änderung nicht ohne Bedeutung war. Die Erfahrung hatte uns gelehrt, dass bei dem alten Verfahren unser feiner Sand eine sehr feste geschlossene Beschaffenheit annimmt, die zwar manche Pflanzen-Arten in ihrer Entwicklung nicht merklich hindert, anderen aber, wie uns einige besondere Versuche bestätigten, entschieden schädlich, ja geradezu verderblich wird. Mit dem neuen Verfahren gelingt es dagegen recht wohl, dem Boden-Material wenigstens annähernd die eigentümliche Krümelstruktur zu geben, die in der guten Ackererde so vorteilhaft wirkt, und deren gänzliche Abwesenheit bei manchen Versuchen jeden Erfolg vereiteln kann". Die salzige Nährlösung dürfte auf eine Krümelstruktur auch noch günstiger einwirken, als reines Wasser.

4.VIII. gesät, am 7.-8.VIII. aufgelaufen, am 17.IX. geerntet.

9.VIII. war das erste Blatt voll entwickelt;

11.VIII. hat das erste Blatt den Rand erreicht, gleich 12 cm hoch. Jedes Gefäß bekam die gleiche Grunddüngung: 25 cm, Gruppen II - V die Kali-Differenzdüngung entsprechend Tabelle III. Das 2. Blatt schiebt sich vor;

13.VIII. Alle Gläser auf 100 g Wassergehalt aufgefüllt;

20.VIII. einige Halme vergilben, andere hängen herunter. Das 3. Blatt entwickelt sich.

21.VIII. es zeigen sich gelbe Halme: 2 in Glas 9; 1 in 17; 5 in 13; 2 in 19; 2 in 7. Da wieder Wassermangel vorzuliegen scheint, wurde die Feuchtigkeit energisch erhöht, indem an Topf 10 die volle Wasser-Kapazität erprobt wurde und alle Gläser auf 150 g gebracht wurden, einem Gehalt, der etwa 15 g unter der vollen Wasserkapazität lag.

25.VIII. Es stehen am besten: 15, 15, 18, 20; am schlechtesten 10 und 13. Diese letzteren scheinen schon zu viel Wasser zu haben, so dass die Sauerstoff-Zirkulation leidet. Die Gläser werden auf 170 g Wassergehalt gebracht.

28.VIII. Topf 10 verträgt nicht 170 g Wassergehalt, wird auf 140 g genaltem.

3.IX. Topf 15 auf 170 g belassen, alle anderen Töpfe dagegen auf 160 g herabgesetzt.

5.IX. Besichtigung: Hinsichtlich des Längenwachstums kein in die Augen springender Unterschied, erst bei genauerer Betrachtung erscheinen Gruppen IV. und V. grösser. Allenthalben sind durchschnittlich 4 Blätter entwickelt, von denen 1, vermutlich das zuerst erzeugte, vergilbt ist.

6.IX. Der Wassergehalt wird auf 150 g herabgesetzt.

7.IX. Die Kali-lose Gruppe I. scheint höher entwickelt als Gruppe II. zu sein.

8.IX. Nr. 13 verliert kaum an Gewicht, bekommt daher immer weniger Nährlös.

10.IX. Die Versuchsreihe wird von Meltau befallen, besonders 8. 11, 12.

13.IX. trotz warmem Wetter, 25° im Schatten, verlieren die Gläser täglich nur 10 - 15 g Wasser. Topf 8 wird mehr und mehr von Meltau heimgesucht und vergilbt entsprechend mehr als die andern Töpfe; 6, 11, 12 sind auch besonders von Meltau befallen.

14.IX. Gruppe V steht auffallend am höchsten.

15.IX. es bildet sich das 5. Blatt; 17 und 19 am wenigsten von Meltau befallen.

17.IX. Ernte.

Tabelle III.

K <sub>2</sub> O x: 1000 mg	Ges. Trockensubstanz y		Gesamt-Kali-aufnahme			K <sub>2</sub> O-Aufn. n. Abzug d. bl. Vers.		K <sub>2</sub> O i. d. ges. Tr.S %
	gefunden g	ber. a. g	gefunden g	ber. b g	ber. c g	g	%	
I. 0,0	4,51 ± 0,08	4,72	0,038 ± 0	0,038	0,038	0	0	0,84
II. 4,5	3,97 ± 0,36	4,73	0,042 ± 0,0006	0,042	0,043	0,004	89	1,0
III. 11,4	4,55 ± 0,13	4,74	0,047 ± 0,0007	0,048	0,050	0,009	78	1,0
IV. 28,7	4,76 ± 0,22	4,77	0,062 ± 0,0009	0,062	0,061	0,024	84	1,3
V. 108,0	4,90 ± 0,17	4,83	0,129 ± 0,0005	0,129	0,132	0,091	84	2,7

$$a) \log(4,85-y) = \log 4,85 - 7(x+0,0832)$$

$$b) y = 0,84x + 0,038$$

$$c) \log(0,312-y) = (0,4378-1) - 1,7x$$

Ähnlich wie bei den ersten beiden Versuchsreihen verlief auch hier die Bildung von Trockensubstanz. Abgesehen von Gruppe II findet eine kleine Steigerung statt. Da aber sämtliche Resultate der 5 Gruppen innerhalb des 4-fachen wahrsch. Fehlers liegen, ist diesen Ergebnissen keine besondere Bedeutung beizumessen. Lediglich beim Wurzelnetz scheint Gesetzmässigkeit vorzuliegen. Im Gegensatz zu

$V_1$  und  $V_2$ , die unter Wassermangel litten, ist hier der Anteil der Wurzeln an der Gesamt-Trockensubstanz auf 40,4% im Mittel zurückgegangen. Bei der logarithmisch. Berechnung liegt die Gruppe II mit ihrem Minder-Ertrag im Gegensatz zu allen 4 anderen Gruppen ausserhalb des 4-fachen wahrscheinlichen Fehlers. - Die Kali-Aufnahme ist gradlinig verlaufen, was auf eine intensive Aufnahme schliessen lässt, und welche Form alle Lösungsprozesse in ihren Anfangs-Stadium annehmen. Wir können daher die gefundenen Werte auf die "gerade Linie" ebenso gut wie auf die "logarithmische Funktion" beziehen, wie dies in Tabelle III geschehen ist. Entsprechend den besser gestellten Wachstums-Faktoren hat auch bei allen 4 Düngungs-Gruppen eine Mehraufnahme von Kali stattgefunden, im Mittel 84%; doch erst in Gruppe IV treten Zahlen auf, die ausserhalb des 4-fachen Fehlers liegen. - Wenn auch der Wassergehalt die ganze Zeit über bei  $V_3$  noch erheblich höher war als bei  $V_1$  und  $V_2$ , so hatten doch hier die Pflanzen bedeutend höheren Feuchtigkeitsgehalt, da infolge der kühleren Witterung und der vor Sonne geschützten Lage ein Austrocknen nie stattfand. - Ohne Schädigungen ging es nicht ab, wie die Vegetations-Beobachtungen zeigen. Dem Bestreben, möglichst hohen Wassergehalt zu haben, fiel Topf 13 zum Opfer, der beim Ausproben der Kapazität zu viel Wasser bekam und sich davor nicht mehr erholen konnte. Bei der Ernte konnte zwar eine saure Reaktion nicht festgestellt werden, doch könnte der Ausfall durch ein Zusammenrutschen des Bodens mit verbundener mangelnder Sauerstoff-Zirkulation zu erklären sein. Etwa vom 20. Tage nach der Saat ab, war in Topf 13 nur geringer Gewichtsverlust festzustellen, die Blätter vergilbten mehr und mehr. Etwa 8 Tage vor der Ernte wurde d. Topf als verloren betrachtet. Das Ergebnis seiner Kali-Aufnahme liegt dem auch ausserhalb der Fehlergrenzen, das der Gesamt-Trockensubstanz dagegen nicht. Aus beiden wäre zu schliessen, dass zur Zeit des Absterbens die Produktion ihrem Höchstwert schon sehr nahe gekommen war, nicht aber die Kali-Aufnahme.

Der im letzten Wachstums-Stadium aufgetretene Meltau schien die Produktion und Stoff-Aufnahme nicht gehindert zu haben. Topf 8 war recht stark befallen, zeigte aber keinen Ausfall in der Ernte. Es ist anzunehmen, dass seit Beginn des Meltau-Befalles die Blätter schlechter assimilierten. Entweder war zu dem Zeitpunkt die Nährstoff-Aufnahme abgeschlossen oder aber diese ist von Assimilation und Transpiration wenig abhängig. - Zusammengefasst hat dieser Versuch, vom Meltau abgesehen, unter bedeutend günstigeren Bedingungen gestanden als die beiden ersten Versuchsreihen, was sich auch in der höheren Kali-Aufnahme ausdrückt. Die Gesamt-Trockensubstanz weist soltsamer Weise in  $V_2$  und  $V_3$  gleiche Mittelwerte auf. Demnach hätte scheinbar die reichlichere Düngung und Wassergabe wenig Einfluss auf die Trockensubstanz-Erzeugung ausgeübt, auf die Nährstoff-Aufnahme dagegen umso mehr. Andererseits wird man berechtigt sein, in Anbetracht der ungünstigen Bedingungen denen  $V_2$  ausgesetzt war, zu sagen:  $V_3$  hätte einen höheren Ertrag erzielt, wenn ihm mehr Wärmesummen zur Verfügung gestanden hätten.  $V_2$  dagegen hatte schon zu viel Wärme, sie überschritt verschiedentlich an einem Tage das Mittel von 24° C. - Bei grosser Hitze schliessen sich erwiesener massen die Spaltöffnungen, um die Transpiration zu hemmen; gleichzeitig wird aber auch die Assimilation in diesem Sinne beeinflusst. DETMER (16) stellte fest, dass sich bei 20 - 24° C. die Spaltöffnungen schliessen und nimmt an, dass dabei die Assimilation sehr herabgedrückt wird. Da die Erzeugung von Trockensubstanz hauptsächlich ein Effekt der Assimilation ist, so lässt sich denken, dass neben der mangelnden Wasser-Zufuhr die gehemmte Assimilation eine höhere Produktion nicht zulies. Nach GRAFE (17) ist das Optimum für die Assimilation bei 23° erreicht. Diese Temperatur, die sich mit den Angaben DETMERs deckt, erhöht die Wahrscheinlichkeit obiger Annahme. Da die Assimilation und Transpiration von der Luft-Feuchtigkeit abhängig sind, wäre zweckmässig auch für diese ein Optimum zu suchen, bzw. ein Verhältnis für das Gefälle zwischen Luft-Temperatur und Luft-Feuchtigkeit.

#### 4. Versuchsreihe ( $V_4$ ) - 26 Tage.

Gesät am 29.VIII.23, aufgelaufen 1.IX, geerntet 24.IX. - 215 ccm Nährlösung = 9,4 g pro Tag im Mittel erhalten.

- 3.IX. alle Gläser werden auf 100 g Wassergehalt gebracht, das erste Blatt hat sich entwickelt.  
 5.IX. dieselbe Kali-Differenzdüngung und 25 ccm derselben Grunddüngung wie b. V<sub>3</sub> gegeben.  
 6.IX. Wassergehalt wird auf 125 g erhöht.  
 7.IX. das zweite Blatt schiebt sich vor, ständig Guttations-Erscheinungen.  
 11.IX. Versuchsreihe steht in gutem Turgor.  
 13.IX. es ist kein Längenwachstum zu beobachten, Pflanzen ca. 20 cm hoch, T. 19 scheint mit Meltau befallen zu werden.  
 14.IX. das dritte Blatt hat sich entwickelt, 16 Tage alt und noch kein Vergilben zu bemerken.  
 16.IX. geringes Welken, daher auf 130 g Wassergehalt gebracht.  
 19.IX. Vergilben tritt auf, Meltau verbreitet sich.  
 24.IX. Ernte.

Tabelle IV.

K <sub>2</sub> O x:1000 mg	Ges. Trockensubstanz y		Gesamt-Kali-aufnahme			K <sub>2</sub> O-Aufn. n. Abzug d. bl. Vers.		K <sub>2</sub> O i. d. Ges. Fr. S %
	gefunden g	ber. a. g	gefunden g	ber. b g	ber. c g	g	%	
I 0,0	3,04 ± 0,03	2,44	0,040 ± 0,0004	0,040	0,040	0	0	1,31
II 4,5	3,25 ± 0,07	2,50	0,043 ± 0,001	0,043	0,044	0,0031	69	1,32
III 11,4	3,24 ± 0,06	2,58	0,049 ± 0,001	0,049	0,050	0,0094	83	1,50
IV 28,7	3,36 ± 0,04	2,76	0,063 ± 0,000	0,064	0,065	0,021	73	1,87
V 108,0	3,24 ± 0,06	3,24	0,130 ± 0,002	0,130	0,122	0,090	85	4,00

a)  $\log(3,3 - y) = (0,5185) - 7(x + 0,0832)$   
 b)  $y = 0,83 \cdot x + 0,04$   
 c)  $\log(0,290 - y) = (0,3979 - 1) - 1,6 \cdot x$

Die 4. Versuchsreihe lief während ihrer ersten 3 Wochen gleichzeitig mit V<sub>3</sub>, stand also klimatisch unter ähnlichen Bedingungen. Da aber V<sub>3</sub> in der ersten Zeit auch noch etwas unter Wassermangel litt, wurde hier von vornherein der Wassergehalt auf das irgend mögliche Höchstmass gebracht, d.h. er hielt sich etwa 15 - 20 g unter der jeweiligen Kapazität. Dank dieser Massnahme und der ausgeglichenen Witterung war die Erntesubstanz auch in schön grünem Zustand, abgesehen von dem hier geringeren Meltau-Befall. - Die Blätter-Trockensubstanz weist eine Steigerung von I zu V auf, doch berühren sich die Fehlergrenzen. Der durchschnittliche Fehler hat trotz der geringeren Substanz abgenommen, ist aber dennoch so gross, dass keine Beobachtung ausserhalb der Fehlergrenzen zu liegen kommt. Der Einfluss der Differenz-Düngung auf Erzeugung von Blattsubstanz nimmt mit verkürzter Vegetationszeit ab, der Einfluss auf die Kali-Aufnahme nimmt dagegen zu. Die Wurzel-Anteile ergeben dieselben Gewichtsprozente, wie die von V<sub>3</sub> = 40,4 %. Dem entsprechend ist die Erzeugung von Gesamt-Trockensubstanz im Durchschnitt gut um 1 g geringer. Der Höchstertrag ist schon in der schwächst gedüngten Gruppe zu finden, sodass durch die 4 letzten Gruppen scheinbare Gesetzlosigkeit zieht. Wenn auch zwischen I und II diesmal ein grösserer Abstand liegt, so ist daraus doch noch kein Nutzen zu ziehen, da selbst die Beobachtungen von I und V innerhalb ihrer 4-fachen wahrscheinlichen Fehler liegen.

Ein anderes Bild gewährt die Kali-Aufnahme. Ganz ähnlich V<sub>3</sub> verläuft diese gradlinig. Es sind daher wieder die entsprechenden Gleichungen, der geraden und der logarithmischen Funktion, anwendbar (siehe Tabelle IV). Diesmal sind Wurzeln und Blätter getrennt analysiert. Der Kali-Gehalt in den Gruppen I - IV ist ein gleicher, in V doppelt so hoch. Der Prozentgehalt an Kali in der Gesamt-Trockensubstanz ist gegen die vorigen Versuche bedeutend gestiegen. - Aus den Vegetati-

ansbeobachtungen ist zu bemerken, dass häufig Gattation auftrat, die Transpiration also eine geringe sein musste. Etwa 15 Tage nach der Aussaat schienen die Pflanzen einen Punkt erreicht zu haben, von dem ab kein Längenwachstum mehr zu beobachten war, in welchem Zustand sie sich aber frisch grün und in vollem Turgor zeigten. Erst etwa 3 Wochen nach der Saat trat Vergilben auf, das durch Meitau-Befall unterstützt wurde. Bei der 23 Tage nach dem Auflaufen vorgenommenen Ernte befanden sich die Pflanzen in einem gleichmässig grünen Zustand, bei dem hinsichtlich des Längenwachstums keine Unterschiede zu finden waren.

### 5. Versuchsreihe (V<sub>5</sub>) = 17 Tage.

Versuchsanstellung wie vorher. 120 ccm Nährlösung entsprechend 8,6 g pro Tag im Mittel erhalten. Gesät am 21.IX., aufgelaufen am 24.IX., geerntet am 8.X.

24.IX. alle Gefässe auf 100 g Wassergehalt gebracht.

25.IX. Dieselbe Kali-Differenzdüngung gegeben, desgleichen Grunddüngung wie bei V<sub>3</sub> und V<sub>4</sub>. Pflanzen reichlich feucht.

27.IX. auf 110 g Wassergehalt gebracht.

19.IX. auf 120 g Wassergehalt gebracht.

2. X. auf 130 g Wassergehalt gebracht.

8. X. Ernte.

Tabelle V.

K <sub>2</sub> O x:1000 mg	Ges. Trockensubstanz y		Ges. Kaliumaufnahme		Kaliaufnahme n. Abzug d. blind. Vers		Kali in der Ges. Tr.Sub. %	
	gefunden	ber.	gefunden	ber.				
	g	g	g	g	g	%		
I.	0,0	2,51 ± 0,03	2,65	0,041 ± 0,0012	0,041	0	0	1,53
II	4,5	2,62 ± 0,04	2,65	0,046 ± 0,0013	0,045	0,005	100	2,60
III	11,4	3,60 ± 0,08	2,66	0,053 ± 0,0008	0,052	0,012	100	2,04
IV	28,7	2,70 ± 0,06	2,68	0,066 ± 0,0006	0,065	0,025	87	2,44
V	108,0	2,71 ± 0,05	2,71	0,121 ± 0,003	0,119	0,080	74	4,46

$$a) \log (2,72 - y) = \log 2,72 - 7 (x + 0,0832)$$

$$b) \log (0,170 - x) = (0,1139 - 1) - 3,8 x.$$

Die fünfte Versuchsreihe wurde im Anschluss an V<sub>4</sub> durchgeführt. Da bei der letzteren wieder Welken aufgetreten war, wurde hier noch energischer mit der Erhöhung des Wassergehaltes vorgegangen. Das hatte zum Erfolge, dass bei der kühlen und feuchten Witterung der Gewichtsverlust so klein wurde, dass die durchschnittliche Nährlösungs-Gabe etwa um 1 g niedriger zu stehen kam als bei V<sub>3</sub> und V<sub>4</sub>. Vermöge der kürzeren Vegetation war hier die Substanz-Erzeugung noch geringer als bei V<sub>4</sub>. Da das durchschnittliche Korngewicht 3,10 g beträgt, kann hier überhaupt nicht von Produktion gesprochen werden. Die Fehler sind dennoch gering, was in folgendem begründet sein kann: Auf die jungen Keimpflanzen wirkten die Faktoren, welche durch die abnormen Verhältnisse gegeben waren, noch nicht ein. Mit hin hatte eine mehr oder minder kräftige Konstitution der einzelnen Pflanze noch nicht Anlass, sich geltend zu machen, was nach Ansicht des Verfassers für die länger gewachsenen Versuchsreihen in hoher Masse zutraf. Man könnte daher vielleicht erwarten, dass unter Anwendung einer höher differenzierten Düngung bei so jungen Pflanzen Resultate eintreten, die ausserhalb der Fehlergrenzen liegen werden. Dafür spricht auch, dass bei der Blätter-Trockensubstanz die Mittelwerte von I und II scharf an der Grenze des 4-fachen wahrscheinlichen Fehlers liegen. Die folgenden 2 Düngungen bewirken allerdings gar keinen Mehrertrag und der geringe von V liegt innerhalb der Fehlergrenzen. - Der Wurzel-Anteil an der Gesamt-Trockensubstanz ist gestiegen, er beträgt im Durchschnitt 44 - 45%. Letztere selbst

zeigt von I zu V zwar eine Zunahme, doch fallen in die Fehlergrenzen von V fast alle Beobachtungen von I. Wieder grundsätzlich anders hat sich die Kali-Aufnahme verhalten. Sie erreicht hier sogar mit 100% das Maximum, fällt dann aber mit zunehmender Düngung wieder ab, sodass sich eine Kurve ergibt, die der logarithmischen Funktion folgt (siehe Tabelle V).

Ehe wir zu einer vergleichenden Betrachtung der Ernte-Resultate aller 5 Versuchsreihen übergehen, sollen erst noch die zur Verfügung gestandenen Wachstumsfaktoren verglichen werden, soweit dieses die angewendeten Mittel gestatten.

Witterungstabelle (VI).

V.	Gef. Form	Vegetat. zeit	Veg. Dauer Tage	Wärme Summ. oC	Durchschn. Temp. oC	Lichtmeng. relat.	Feuchtigkeit %	Wassergehalt	Sa. d. Nähr. Gabe ccm	Durchschn. Tag. Gabe ccm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	B	25.6.-17.8.	50	1018	19	8050	78,7	75-125	-	-
2	A	22.6.-1.8.	37	814	20	6260	77,0	75-125	-	-
3	A	4.8.-17.9.	41	849	14,4	5047	78,4	100-160	400	9,8
4	B	29.8.-24.9.	23	368	13,6	2463	80,0	100-130	215	9,4
5	A	21.9.-8.10.	14	202	11,3	1313	87,5	100-130	120	8,6

In Tabelle VI gibt Spalte 4 die Zeit vom Auflaufen der Saat bis zur Ernte an. Die Wärmesummen sind die addierten Tages-Durchschnitts-Temperaturen, die Lichtmengen, die auf der Sternwarte persönlich von Herrn Prof. PRZYBYLLOK mit dem EDER-NECHTSchen Graukeil-Photometer gemessen und in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellt worden sind, bedeuten relative Lichtmengen, die im Laufe der jeweiligen Vegetationszeit eingefallen sind. Sie würden ohne weiteres auf unsere Versuchsreihen anwendbar sein, wenn diese nicht grösstenteils hinter Glas gestanden hätten. V<sub>1</sub> und V<sub>2</sub> sowie V<sub>3</sub> bis V<sub>5</sub> fallen betreffs Licht-Zufuhr unter die gleichen Bedingungen, so dass diese Versuchsreihen untereinander verglichen werden dürfen. Wollte man die den Pflanzen wirklich zugekommenen Lichtmengen messen, bedürfte man eines Faktors, der durch die jeweils vorhandenen Glasscheiben gegeben wäre. Nach MITSCHERLICH (18) herrscht im Gewächshaus z.B. nur halbe Tageslicht-Intensität. Uns interessiert aber nur ein Vergleich der Versuche untereinander und dabei wäre noch zu bemerken, dass V<sub>3</sub> bis V<sub>5</sub> wesentlich dunkler standen als V<sub>1</sub> u. V<sub>2</sub>.

Die relative Luftfeuchtigkeit der Spalte 8 ist mit einem Haar-Hygrometer festgestellt und bedeutet das Mittel von allen Tagesmitteln einer Vegetationszeit. Spalte 10 gibt die Summe der verabreichten Nährlösungs-gaben an; bei V<sub>1</sub> und V<sub>2</sub> fallen diese weg, da bei diesen Versuchsreihen die Grunddüngung vor der Saat gegeben wurde.

Aus dieser Witterungs-Tabelle (VI) ist zu sehen, dass V<sub>2</sub> relativ mit allen Wachstums-Faktoren am stärksten bedacht war. Bei der niedrigsten Luftfeuchtigkeit und der höchsten Durchschnitts-Temperatur hat diese Versuchsreihe die relativ meisten Wärme- und Lichtsummen bekommen. Dagegen steht sie sich hinsichtlich der Wasserversorgung mit V<sub>1</sub> absolut am schlechtesten und relativ auch schlechter als V<sub>1</sub>. Hierdurch erscheint die geringe Nährstoff-Aufnahme genügend geklärt zu sein. Es ist nicht anzunehmen, dass die schwache Grunddüngung und die noch schwächere Kali-Düngung selbst an der geringen prozentischen Aufnahme Schuld tragen. Die Resultate der andern Versuchsreihen, speziell V<sub>5</sub>, sprechen dagegen. V<sub>3</sub> - V<sub>5</sub> dürfen untereinander verglichen werden, denn sie hatten ihre ganze Vegetationszeit hindurch die gleiche Aufstellung. Wird für die Vegetationsdauer von V<sub>3</sub>, V<sub>4</sub>, V<sub>5</sub> das Verhältnis 6 : 3 : 2 angenommen, so kann man daraus sehen, dass sich die Wärmesummen annähernd entsprechend verhalten. Bei den Lichtmengen dagegen ist von V<sub>4</sub> zu V<sub>5</sub> eine erheblich grössere Differenz. Auch hinsichtlich der Temperatur und Luft-

Feuchtigkeit ist V<sub>5</sub> bei weitem am ungünstigsten gestellt. Ebenso hat V<sub>5</sub> absolut u. relativ bei weitem die geringsten Nährlösungs-Gaben erhalten. Mit dieser auffallenden Tatsache wollen wir zur Besprechung der Ernte-Ergebnisse überleiten.

Entsprechend ihrem Minimum in allen Wachstumsfaktoren, ausser Kali, hat V<sub>5</sub> auch den geringsten Ertrag gezeitigt. Ganz im Widerspruch dazu steht aber ihre absolut höchste Kali-Aufnahme (Tabelle VII). Dass sie relativ am höchsten war, konnte nach den Untersuchungen MITSCHERLICHs (19) erwartet werden. Dieser stellte fest: "Je mehr man von einem Nährstoff einer Pflanze zur Verfügung stellt, umso höher wird der prozentische Gehalt der Pflanze an diesem Nährstoffe". Ferner: "Jeder Nährstoff wird umso besser von einer Pflanze in ihrem Organismus verwertet, je günstiger sich ein jeder der andern Wachstumsfaktoren stellt". Unsere Versuche stehen damit im Einklang. Von V<sub>5</sub> bis V<sub>3</sub> rückwärts gehend, ist eine ständige Bessergestaltung speziell aller der Wachstumsfaktoren, die mehr auf das Wachstum als auf die Nährstoff-Aufnahme einwirken, und dem entsprechend nimmt auch der Prozentgehalt von Kali in der Gesamt-Trockensubstanz ab.

Tabelle VII.

V.	Blätter g	Wurzeln g.	Ges. Tr. subst. g	Wurzel- Anteil %	Sa.d.abs. Kali-Auf- nahme mg	Kali durchschn v.d.Düngung aufgenommen %	Kali-Ge- halt in Trockens. %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2,55	2,53	5,08	49,7	250	39	1,00
2	1,95	2,66	4,61	57,5	174	28	0,75
3	2,75	1,84	4,59	40,4	318	84	1,37
4	1,93	1,30	3,23	40,4	325	77	2,00
5	1,45	1,18	2,63	45	327	90	2,45

In Tabelle VII geben die Spalten 2 - 5 und 7 - 8 das jeweilige Mittel einer ganzen Versuchsreihe an.

V<sub>1</sub> und besonders V<sub>2</sub> haben unter so ungünstigen Bedingungen gestanden, dass sie zu einer näheren Einzel-Betrachtung ungeeignet erscheinen. Sie dienen besser Gegenüberstellung von ungesunden und gesunden Bedingungen, sofern bei der abnormen Versuchs-Anstellung überhaupt von "gesund" gesprochen werden kann. - Ehe wir zur ausschliesslichen Betrachtung der Nährstoff-Aufnahmen übergehen, soll noch ein augenfälliges Resultat Erwähnung finden. V<sub>2</sub> und V<sub>3</sub> sind gleich lang gewachsen und haben dabei gleiche Mengen von Trocken-Substanz erzeugt. Es haben ihnen aber nicht die gleichen Wachstums-Faktoren zu Gebote gestanden; ganz im Gegenteil. Ferner ist bei den Versuchen V<sub>2</sub> und V<sub>3</sub> hervorzuheben, dass sie bei gleicher Trockensubstanz-Erzeugung von der gegebenen Düngung sehr verschiedene Prozente aufgenommen haben: 28% gegen 84% im Durchschnitt von 4 gegebenen Düngungen. Diese augenfälligen Ergebnisse lassen die Frage entstehen: Wie konnte V<sub>2</sub> ebenso viel Substanz bilden wie V<sub>3</sub>? Umgekehrt darf nicht gefragt werden, wenn V<sub>2</sub> als ungesunde und V<sub>3</sub> als gesunde Versuchsreihe angesprochen werden. Wer V<sub>2</sub> in ihren letzten Wochen hat vegetieren sehen und schliesslich die ganz vergilbte Ernte, wird zu der Auffassung neigen, dass die Pflanzen in den ersten 2 bis 3 Wochen ihre Masse erzeugt haben und dann in der Entwicklung stecken blieben. V<sub>3</sub> trotz ihren bedeutend günstigeren Bedingungen dürfte dasselbe Los ereilt haben, da nach etwa 7 Wochen Wachstum der Zeitpunkt gekommen zu sein scheint, wo der Wachstumsfaktor Wasser derart ins Minimum geraten ist, dass eine Produktion nicht mehr statthaben kann. Das Wasser muss so ins Minimum geraten, weil das geringe Bodenvolumen mit seiner geringen Wasser-Kapazität den Anforderungen nicht mehr gerecht werden kann.

WOLLNY (20) äussert sich zur Sandkultur wie folgt: "Bei 60% derjenigen Wasser-menge, die ein Boden im Maximalfalle zu fassen vermag, werden wir Höchsterträge

zu erwarten haben. Der Umstand, dass der Sand an sich schon eine geringe wasserfassende Kraft besitzt, und dass wir diese nur zu ca. 60% ausnützen können, hat zur Folge, dass wir die Erträge unserer Kulturpflanzen nicht sehr hoch steigern können, weil bald der Vegetations-Faktor Wasser ins Minimum tritt, der dann eine weitere Steigerung des Ertrages (selbst - Anm. d. Verf.) durch die Düngung nicht zulässt". Wenn wir diese strikte Konsequenz vom "Minimum" auch nicht mehr teilen, so steht doch fraglos die Vegetation unter dem Zeichen des Wassermangels, der nun bei unserer Versuchs-Anstellung, wo es sich um eine Unzahl von Pflanzen auf kleinem Bodenvolumen handelt, sich zur Katastrophe auswächst. PFEIFFER (21) fasst seine Versuche und die MITSCHERLICHs über die Wasserfrage, auf den Versuchen HELLRIEGELs basierend, in den Satz zusammen: "Das Bodenvolumen bildet als Träger des Wassers bzw. der Nährstoff-Lösung einen Produktionsfaktor". HELLRIEGEL (22) kommt zu demselben Resultat, aber auf Grund anderer Erwägungen. Bei seiner Versuchs-Anstellung verhielten sich 4 verschiedene Gefäss-Grössen, von der kleinsten begonnen 1 : 2 : 4 : 6 = zu den Erträgen wie 30,0 : 47,9 : 66,7 : 82,4. Er kommt zu dem Schluss: "Die Versuche vermögen nach unserer Meinung einen gültigen Beweis zu liefern, dass das Boden-Volumen unter Umständen, wie sie in der Sandkultur häufig genug vorkommen, einen entscheidenden Einfluss auf die Vegetation d. Versuchspflanzen und auf die Produktion von Trockensubstanz ausüben kann, ja wir glauben, dass dieselben hinreichende Andeutungen für die Richtigkeit der Behauptung enthalten, dass unter diesen Umständen die Höhe des Ertrags in umgekehrtem Verhältnis zu der Summe der mechanischen Widerstände, die der Entwicklung des Wurzelnetzes der Versuchspflanzen entgegen treten und damit in einem annähernd geraden Verhältnis zu dem Bodenvolumen, resp. der Grösse und Form der Kulturgefässe steht". Da in unserer Versuchs-Anstellung hinsichtlich des Wachstumsverlaufs zunächst das Moment der mechanischen Widerstände eine bedeutendere Rolle als das Wasser spielt, soll diesem auch zuerst Erwägung getan werden. DEPMER (23) stellte bei dem Keimungsprozess von *Pisum sativum* fest, dass das Wurzelwachstum folgendermassen vor sich geht:

1. Tag	7 mm	6. Tag	17 mm
2. "	9 "	7. "	16 "
3. "	16 "	8. "	15 "
4. "	21 "	9. "	17 "
5. "	18 "	10. "	10 "

Die mm geben den täglichen Zuwachs an. Am 3. Tage hat die Wurzel demnach schon eine Länge von 3,2 cm. Bei unserer Versuchs-Anstellung liegt die Sandoberfläche etwa 2,5 - 3 cm über dem Glasboden und der Keimling liegt etwa 1 cm tief. Man darf also annehmen, dass nach 3 - 4 Tagen das Würzelchen auf dem Gefässboden angelangt ist. Je nach der herrschenden Temperatur traf das auch mehr oder minder zu, sodass gerade in der grossen Wachstumsperiode dem Würzelchen heftigster Widerstand entgegen tritt. Dass dies Energie-Verlust bedeutet, kann nicht geleugnet werden. E. SCHULTZE (24) hat exakte Versuchs-Anstellungen über das Wachstum von Kulturpflanzen vorgenommen. Wie dieses beim Sommerroggen verläuft, zeigt Tabelle VIII.

Tabelle VIII.

Tage	Grösste Länge	in cm	Gewichte	in g
	oberirdisch	Wurzel	Oberirdisch	Wurzel
41	12,8	52,9	0,093	0,039
70	48,6	112,0	3,41	0,80
88	132,3	133,5	14,78	3,50
99	138,4	179,8	20,81	2,05
117	136,7	197,1	30,39	2,75
145	126,3	176,1	38,65	2,73

Aus der Tabelle ist zu entnehmen, dass der relativ grösste Zuwachs in die Zeit vom 41. bis 70. Tage fällt. Beachtet man, dass die Wurzel am 41. Tage = 53 cm lang ist, so wird man einsehen, welche Energien nutzlos bei unserer Versuchs-Anstellung verpufft werden. Diese Wurzellänge erklärt auch das Verwachsen der Würzelchen zu einem filzigen Lappen. Je mehr dieser Zustand eingetreten ist, umso unvollkommener wird die Funktion der Wurzeln vermöge ihrer geringen Oberfläche sein. Bei solch einem verfilzten Wurzelnetz sind naturgemäss die Wurzeln nicht mehr in genügender Berührung mit dem Substrat. Weder können sie von letzterem Nährstoffe in einem Optimum aufnehmen, noch auf dieses mit ihren Ausscheidungen, speziell Kohlensäure, lösend einwirken (25). SORAUER (26) berichtet hierüber: "Die Beschränkung einer grossen Wurzelmasse auf einen kleinen Raum hat zunächst die Vermehrung der Wurzel-Krümmungen zur Folge, und diese Krümmung bildet die Veranlassung zur gesteigerten Produktion von Seitenwürzelchen". Ferner: "Dem Sauerstoff-Bedürfnis zufolge streben die Wurzeln der Peripherie zu und ballen sich mehr und mehr zusammen. Je dichter der Wurzelballen verfilzt, umso mehr Kohlensäure wird zurückgehalten. Das Absterben eines Teils der Wurzeln durch Sauerstoff-Mangel und Kohlensäure-Überschuss ist ein allmählig zur Geltung kommender Prozess bei der Kultur von Pflanzen in kleinen Töpfen, auch wenn man denselben durch Düngung überreichlich Nährstoff-Material zuführt. Wird aber mit einer fruchtbaren Erde allein ohne nachträgliche Zufuhr von Dungstoffen gearbeitet, so kommt der Umstand hinzu, dass die an den Topfwänden sich dicht verfilzenden Wurzeln tatsächlich garnicht mehr an die Erde herankommen, weil sie über ältere Wurzeln gelagert sind". Hierauf Bezug nehmend könnte bei unserer Versuchs-Anstellung das Giessen mit Nährlösung günstig wirken. "In solchen Fällen können die Würzelchen das Bodenkapital für den Haushalt der Pflanze nicht mehr nutzbar machen". Die Ausführungen SORAUERS sind wie zugeschnitten auf unsere Versuchs-Anstellung. Sie erklären in hohem Masse mit den Ausfall von V<sub>1</sub> und V<sub>2</sub>. V<sub>2</sub> stand sich in dieser Beziehung noch besonders schlecht, da sein Wurzelnetz, vermutlich unter der Wärme-Einwirkung, besonders stark ausgebildet war. Wie die Wärme auf das Wachstum von Keimlings-Wurzeln wirkt, zeigt ein Versuch DETMERS (27) an 3-tägigen Erbsen-Keimlingen. Diese erreichten nach 3 Tagen bei:

12° C	= 8 mm Länge	26,5°	= 54 mm Länge
22°	28 " "	32-33°	59 " "

Auch v. BIALOBLOCKI (28) fand entsprechende Ergebnisse. Von seinen Gerstenpflanzen, die bei 10° C - 30° - 40° Bodenwärme wachsen mussten, wiesen die in einem Boden von 30° C stehenden Individuen fadendünne, ausserordentlich reich verzweigte und zu einem dichten Netz verfilzte braune Wurzelfasern auf. Welchen Einfluss ferner die Bodenwärme auf die Assimilation und ihre Folge-Erscheinungen ausübt, zeigen die Versuche HELLRIEGELS (29), die in Tabelle IX zusammengestellt sind: Es sind darin die Durchschnittswerte für je eine Pflanze in mg angegeben. Die Pflanzen waren sämtlich 20 Tage alt.

Tabelle IX.

Gew.d.Tr.-Subst.	8° C	10° C	15° C	20° C	25° C	30° C	40° C
a. Roggen	23,9	22,8	32,4	<u>49,5</u>	42,4	47,0	31,2
b. Weizen	15,8	20,8	29,5	30,8	43,9	<u>46,9</u>	40,3
c. Gerste	17,1	18,0	34,4	36,7	<u>42,0</u>	35,0	26,3

Bestehen die über den Einfluss der Wärme ausgeführten Angabe zu Recht, so erklärt sich daraus, dass V<sub>2</sub> mit dem relativ und absolut stärksten Wurzelnetz die geringsten Nährstoff-Mengen aufgenommen hat; ferner, dass die jungen Pflanzen v. V<sub>4</sub> und V<sub>5</sub> hinsichtlich der Nährstoff-Aufnahme unverhältnismässig günstiger gestellt waren, als die älteren Pflanzen. Deshalb vielleicht auch die auffallende Gleichheit der Kali-Aufnahme von V<sub>4</sub> und V<sub>3</sub>. - V<sub>4</sub> hat nicht mehr als V<sub>3</sub> aufgenommen, weil diese Versuchsreihe mit ihrem Wurzelnetz schon schlechter gestellt war.

Vergleicht man  $V_3$  und  $V_4$  in ihren absoluten und prozentigen Kali-Aufnahmen, so sieht man eine Unstimmigkeit.  $V_4$  hat trotz der absolut grösseren Menge prozentisch weniger Kali aufgenommen. Die Ursache liegt im blinden Versuch. Um die Aufnahme aus der Düngung festzustellen, wird er ja immer in Abzug gebracht. Welche Unsicherheit dadurch hereingetragen wird, wurde eingangs erwähnt.

Die Erzeugung organischer Substanz ist eine Funktion der Assimilation und damit auch in gewissem Grade der Transpiration. Die Versuche bestätigen das. Mit abnehmender Lichtmenge und zunehmender Luft-Feuchtigkeit nehmen die Erträge ab. Die Nährstoff-Aufnahme dagegen nimmt zu. Wenn wir dadurch auch nicht berechtigt sind zu folgern, die Nährstoff-Aufnahme gehe umgekehrt proportional der Assimilation, so können wir doch immerhin annehmen, dass die Assimilation nicht in einem hohen Grade bedingend für die Nährstoff-Aufnahme ist. Unterstützt wird diese Ansicht durch CZAPEK (30), der sagt: "...dass die Wurzeln in ihrer aktiven Tätigkeit bei der Stoff-Aufnahme von den oberirdischen Teilen in wesentlicher Hinsicht unabhängig sind, zeigt die Fortdauer der Mineralstoff-Aufnahme nach Abschneiden des Stammes an seinem Grunde". Diese Tatsache scheint auch bei unserer Versuchsanstaltung in vollem Masse zuzutreffen. - Gleichzeitig soll aber auch der Ansicht Ausdruck gegeben werden, dass Keimpflanzen, um die es sich hier ja vorwiegend handelt, unter anderen Ernährungs-Gesetzen stehen werden, als Ausgewachsene. Bei ersteren müssen zwei Prozesse neben einander herlaufen: Nährstoff-Aufnahme aus dem Keimling und aus dem Substrat. Man sollte eigentlich annehmen, dass dabei Arbeitsteilung eintrete, somit auf jeden Prozess eine geringere Leistung entfiel. Dennoch werden Nährstoffe in so hohem Masse aufgenommen, wie sie von der Pflanze noch garnicht verbraucht werden können. - Woher kommt nun zur Unterhaltung dieser beiden Prozesse die Energie? Im Samerkorn ist sie aufgespeichert. Beim Quellungs-Prozess wird sie frei und lässt Organe entstehen, die in Form von Wurzeln physikalischen Erscheinungen unterworfen werden: den osmotischen Vorgängen. Die Wurzel-Membran unterliegt letzteren, gleichviel ob sie will oder nicht. Es wird Luxus-Aufnahme getrieben, es muss aufgenommen werden, solange das Konzentrations-Gefälle besteht. Dieses Gefälle liefert die erforderliche Energie. Zur Aufrechterhaltung des Gefälles ist ein steter Wasserstrom nötig. Betrachten wir die 5 Versuchsreihen von dem Gesichtspunkt aus, dass Wasser einzig und allein das wirksame Agens für die Nährstoff-Aufnahme ist, so können wir auch verstehen, dass  $V_5$ ,  $V_4$  und  $V_3$  die höchsten Aufnahmen erzielt haben und dass speziell  $V_5$ , trotz der kürzesten Vegetationszeit, die absolut höchsten Kalimengen aufgenommen hat. Der höchste prozentische Kali-Gehalt in der Trockensubstanz beweist, in wie hohem Masse die Pflanze befähigt ist, Stoffe zu speichern. Wäre dies nicht der Fall, hätte auch eine so hohe Aufnahme nicht entstehen können, denn die Speicherung ist zur Unterhaltung des Konzentrations-Gefälles unbedingt erforderlich. Diese Tatsache stellt uns vor die Frage, wovon ist die Stoff-Niederlage abhängig? wann wird sie am günstigsten erfolgen? - Beachtet man in Tabelle VII, dass  $V_5$  etwa 2 g weniger wiegt als  $V_3$ , aber mehr Kali aufgenommen hat, so darf man annehmen, dass der zur Verfügung gestellte Raum an Zellen nicht in erster Linie für die Speicherung massgebend ist. Da die Blätter wohl nur als Depot infrage kommen, sind wir berechtigt, am ehesten diese zu vergleichen. Es zeigt sich, dass  $V_5$  nur das halbe Gewicht von  $V_3$  besitzt. - Bei der Gelegenheit sei auf den Kali-Gehalt der Wurzeln von  $V_4$  in der stärksten Düngungsgruppe verwiesen (siehe Anhang, Tabelle IV). Die Gruppen I - IV weisen annähernd den gleichen Gehalt auf, prozentisch geht demnach dieser mehr und mehr zurück. Nur Gruppe V hat absolut den doppelten Gehalt von I - IV. Prozentisch steht diese aber auf ähnlicher Stufe wie IV. Mit zunehmender Kali-Düngung nimmt der Prozentgehalt an Kali in den Wurzeln ab. In den Blättern muss sich dieses demnach in immer höherem Masse anfinden. Dass diese dafür empfänglich sind, zeigen die Versuche von SCHNEIDEWIND (31), der bei Kali-Düngung in den Blättern bedeutende Anreicherung an diesem Mineralstoff fand. Was für Funktionen das Kali in der Pflanze unterworfen ist, ist nicht bekannt. GRAFE (32) sagt dazu: "Über die Rolle des Kaliums in der Pflanze sind wir garnicht orientiert, seine Ansammlung an Stellen der Neubildung deutet darauf hin, dass es irgend wie beim Aufbau und der Funktion des Plasmas sich beteiligt". Nach SCHIEPER scheint das Kali-

um bei der Anlage und Entwicklung der Pflanzen-Organe, vielleicht bei der Zellteilung und Plasma-Bildung eine wichtige Rolle auszuüben. DETMER macht es für die Produktion und den Transport der Stärke verantwortlich. Dies deckt sich mit den Tatsachen, dass die stärkereichen Blattpflanzen, wie Rüben und Kartoffeln, besonders kalireich und auch stets besonders dankbar für eine Kali-Düngung sind. Die letzte Versuchsreihe zeigt, dass das Kali in kurzer Zeit aus einer gegebenen Düngung restlos aufgenommen werden kann. KNOP (33) zog aus seinen Wasserkultur-Versuchen folgenden Schluss: "Die Körper, welche die Wurzel einer Lösung bis zu letzten Spur entziehen kann, sodass der ausserhalb der Wurzel befindliche Rest, während er von Stunde zu Stunde in dem Masse, wie die Pflanze die Lösung aufsaugt, kleiner wird, immerfort ärmer an Stoff wird, sind: Kali, Salpetersäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure manchesmal". Unsere Versuche beweisen, dass das Kali irgend wie und irgend wo in hohem Masse deponiert oder auch verbraucht werden kann. Letzteres ist infolge der geringen Trockensubstanz-Zunahme allerdings unwahrscheinlich. VESTERBERG (34), der die chemische Boden-Analyse mit Hilfe der Nährstoff-Konzentrationen und der an sie von den Pflanzen gestellten Anforderungen lösen will, sagt in seinen "Gedanken über die chemische Bodenanalyse": "Vielleicht binden die Proteinstoffe des Protoplasmas, kraft ihrer amphoterer Natur, die Kaliumsalze in der Weise, dass ein Verteilungs-Gleichgewicht zwischen deren Konzentrationen im Protoplasma und in der Zell-Flüssigkeit entsteht. Aber wie es sich auch mit der Bindung des Kalis in den Pflanzen verhalten mag, jedenfalls ist das Bindungsvermögen für das Kalium kleiner, als für Phosphat und Stickstoff".

Aus der Tabelle der Wachstumsfaktoren (Tab. VII) ist zu ersehen, dass  $V_5$  beinahe in allen Faktoren relativ und absolut am schlechtesten dasteht. Nur in einem steht  $V_5$  relativ fraglos am günstigsten: im Wassergehalt. Bei der niederen Durchschnitts-Temperatur und der hohen Luft-Feuchtigkeit wird den Pflanzen in  $V_5$  in jedem Augenblick ihres Daseins eine grössere Menge Wasser zur Verfügung gestanden haben, als dies bei  $V_4$  der Fall war. Wir sind hiermit bei einem Punkt angekommen, der vom Verfasser bei vorliegender Versuchs-Anstellung als Haupt-Wachstumsfaktor, bzw. Faktor zur Nährstoff-Aufnahme, angesehen wird in seiner Eigenschaft als Lösungsmittel und Unterhalter des Konzentrationsgefälles. Und zwar wird er als so wichtig angesehen, dass schon kleine Schwankungen seiner Menge bemerkbare Ausschläge bei der Nährstoff-Aufnahme bewirken können. Es handelt sich somit um den Wassergehalt des Mediums der Pflanzen. Dieser Gehalt kann bis zu einem gewissen Grade willkürlich durch Giessen, entsprechend dem Gewichtsverlust geregelt werden; aber nur innerhalb gewisser Fehlergrenzen, die durch folgendes gegeben sind: Man kann schwer richtig den Zuwachs an Substanz einkalkulieren. Lässt sich dieser auch durch vorher stattgefundene Wägungen ähnlicher Pflanzermassen bestimmen, so doch noch immer recht ungenau, da die Pflanzen durch verschiedene Düngung auch verschiedene Substanzgewichte haben können. Dieser Fehler dürfte aber noch recht gering sein gegen den man zu besprechenden. Die Nährstoff-Aufnahme und die Produktion organischer Substanz sind Funktionen des Wassers. Beide sind bis zu einem gewissen Grade voneinander unabhängig. Das Wasser im Boden ist, seiner Aufgabe gemäss, in zweierlei Form zu denken: als Lösungswasser und als Konstitutionswasser (35). Der Verbrauch dieser Wasserarten ist durch die Temperatur und den Feuchtigkeits-Gehalt der Luft vorgeschrieben. Dieser Verbrauch wird umso grösser sein, je trockener die Luft ist, ein umso grösseres Temperatur-Gefälle besteht. Geht bei trockener Luft viel Konstitutionswasser verloren, so geschieht das auch immer auf Kosten des Lösungswassers. Sache des Versuchs-Anstellers ist es, die dadurch geschaffenen Differenzen, die auf die Nährstoff-Aufnahme von weit höherem Einfluss sein müssen als auf die Erzeugung organischer Substanz, durch Giessen auszugleichen. In der hier vorliegenden Versuchs-Anstellung bestanden zwei Extreme:  $V_2$  und  $V_5$ . Bei  $V_2$  dauernd wechselnde Nährstoff-Konzentrationen infolge der Hitze und des damit verbundenen häufigen Wasserersatzes, bei  $V_5$  dagegen eine Konzentration, die dank dem geringen Temperatur-Gefälle recht gleich und vermöge der niedrigen Temperatur und des damit verbundenen geringen Wasser-Verlustes sicherlich auch recht optimal war. Aus den Betrachtungen dieser Extreme wird ersichtlich, welchen Schwankungen der Wassergehalt in einem Vegetationsgefäss unterwor-

fen ist, und wie schwer es daher sein muss, ihn für jeden Augenblick der Nährstoff-Aufnahme optimal zu halten. Dieses dürfte zur praktischen Unmöglichkeit werden bei einem Vegetationsversuch, der in einer Zeit läuft, wo Temperatur und Luft-Feuchtigkeits-Schwankungen an der Tagesordnung sind, wie sie z. B. unsere Witterungstabelle für Juli und August angibt (Tabelle VI und Anhangs-Tabelle VI). Man nehme den günstigsten Fall an, der in einem Grossbetrieb wohl kaum zu erreichen wäre, dass täglich dreimal gegossen würde, d. h. alle 8 Stunden durchschnittlich. Man würde wohl dadurch erreichen, dass eine gewisse Zeit lang nach dem Giessen der gewünschte Wassergehalt und vor allem die gewünschte optimale Nährstoff-Konzentration bestünde, wird es aber bei grösserer Trockenheit nie verhindern können, dass die Lösungs-Konzentration eine wechselnde und damit eine auf die Nährstoff-Aufnahme verschieden wirkende Funktion werden wird. Sollen zeitlich verschiedenen Versuchsreihen verglichen werden, so kommt als neues erschwerendes Moment hinzu, dass die im Boden befindlichen Nährsalze ganz verschiedenen Wassermengen ausgesetzt und somit die Lösungs-Bedingungen andere werden. Berücksichtigt man noch, dass Böden mit stark konzentrierten Lösungen weniger Wasser abgeben als solche mit verdünnten, so erkennt man, welchen Schwankungen die Wasser-Abgabe unterworfen ist.

Aus dem oben angeführten geht hervor, dass bei der Betrachtung der Versuchsreihen V<sub>3</sub> bis V<sub>5</sub> das Lösungswasser die Hauptrolle spielt. Es wirkt seinerseits auch wieder auf zweierlei Art: als Kohlensäure-freies und Kohlensäure-haltiges Wasser. Für die Wirkung des ersteren ist eine hohe Temperatur, für die des letzteren eine niedrige Temperatur günstig (36). Sehen wir bei unsern Versuchsreihen Kohlensäure als einen im Minimum befindlichen Faktor an, so wäre es möglich, dass die starke Differenz der Temperatur-Mittel von V<sub>2</sub> und V<sub>3</sub> von Einfluss auf die Löslichkeit der Salze durch Kohlensäure gewesen ist. Hinzu kommt noch, dass bei V<sub>5</sub> dank dem geringer entwickelten Wurzelnetz die Kohlensäure an sich besser zur Geltung kam. Der Kohlensäure-Löslichkeit entgegen arbeitet in gewissem Sinne die Lösungsfähigkeit des reinen Wassers, die mit zunehmender Temperatur speziell auf Kalisalze zunimmt. MITSCHERLICH (36, p. 341) fand, dass die gelösten Mengen bei einer Temperatur von 50° gerade doppelt so gross waren, wie bei 0°. Seine Beobachtungen lagen, mit den berechneten Werten verglichen, innerhalb der Fehlergrenzen. In Tabelle X geben a die gefundenen, b die berechneten Werte an.

Tabelle X.

B.W. = Grad C.	1 : 10		1 : 25	
	a	b	a	b
0	0,0068	0,0068	0,0113	0,0113
18,4	0,0092	0,0093	0,0153	0,0155
30	0,0106	0,0109	0,0193	0,0181
45	0,0134	0,0129	0,0205	0,0215

Bei der Gegenüberstellung der Versuchsreihen V<sub>2</sub> und V<sub>5</sub> handelt es sich um d. Frage, welches von beiden Momenten vorherrschte: die Kohlensäure-Löslichkeit oder die Löslichkeit des Wassers schlechthin. Eine Frage, die hier wegen ungenügender Unterlagen offen gelassen werden soll. Das eine scheint die Versuchsreihe 5 jedenfalls zu zeigen, dass für die Nährstoff-Aufnahme bei diesen Keimpflanzen in erster Linie der ständige Wassergehalt verantwortlich zu machen ist, womit oben geäusserte Ansicht, die Grunddüngung beeinflusse nicht in hohem Masse die Kali-Aufnahme, gestützt wird. Tatsache ist, dass die Versuchsreihe, die absolut die geringsten Grunddüngungs-Gaben erhielt, und sich hinsichtlich der klimatischen Wachstums-Faktoren am schlechtesten stand, dass diese die absolut höchsten Kali-Mengen aufgenommen hat. Somit ist die Ursache für diese intensive Aufnahme in der Lösungs-Konzentration zu suchen. Zur Illustration dienen Versuche von WILFARTH, RÖMER, WIMMER u. a. (37). Sie arbeiteten mit einem Ackerboden ohne Kali-Düngung mit Raygras. Inhalt eines Gefässes = 7,768 kg trockene Erde. Anfängliche Boden-

feuchtigkeit stets 12,98%, vom 12. Mai ab 18%, 15% und 12%.

## Trockene Ernte.

Nr..	Boden- feuchtigk. %	1. Schnitt g	2. Schnitt g	Wurzeln g	Ganze Pfl. g
2237/38	18	7,39	12,14	31,33	50,86
2239/40	15	7,83	10,92	27,40	46,15
2241/42	12	6,53	10,62	24,40	41,54

Aufgenommen an Kali (K<sub>2</sub>O).

2237/38	18	0,244	0,109	0,097	0,450
2239/40	15	0,226	0,090	0,093	0,409
2241/42	12	0,193	0,082	0,098	0,373

Mit Zunahme der Bodenfeuchtigkeit nehmen Ernte und Kali-Aufnahme zu. Die Erntegewichte verhalten sich bei 18%, 15% und 12% Bodenfeuchtigkeit wie 100:91:82, die entsprechend aufgenommenen Kalimengen wie 100:91:83. - Dieses Ergebnis findet in den Lösungsgesetzen seine Erklärung. Es zeigt, dass der Einfluss des Wassers auf das Kali ein recht grosser sein muss, da ja die Kali-Aufnahme keine prozentuale aus der gegebenen Differenz-Düngung bedeutet, sondern sie vielmehr ein und denselben Boden vermöge verschiedenen Wassergehaltes entzogen ist. Die erwähnte Arbeit zeitigt interessante Ergebnisse betreffs der Kali-Aufnahme, kann aber mit der hier vorliegenden schwerlich verglichen werden, da es sich dort zumeist um Ackerböden handelt, und somit das dort festgestellte Verhalten von Lösung und Absorption auf unserm Quarzsand keine Anwendung finden kann. Wohl aber verdient die Arbeit grosse Beachtung da, wo es sich, wie beim NEUBAUER-Versuch, um die Feststellung des Nährstoff-Gehaltes eines Ackerbodens handelt. Indem genannte Arbeit auf die grosse Beeinflussung von Lösung und Absorption des Bodens Bezug nimmt, wirft sie der NEUBAUER-Methode eine Frage vor, die für deren genaue Durchführung von grosser Bedeutung sein dürfte. Es sei besonders auf die Seiten 50 - 90 verwiesen.

Spielt also das Wasser bei der Nährstoff-Aufnahme eine grosse Rolle, so ist zu untersuchen, in welchem Masse dieser Wachstums-Faktor den einzelnen Versuchen zur Verfügung stand. Wie schon angedeutet, ist bei V<sub>5</sub> der Wassergehalt am höchsten gewesen, d.h. die Nährlösung war am meisten verdünnt. In diesem Zustand hat V<sub>5</sub> die absolut grössten Salz mengen aufgenommen. Dieses Resultat deckt sich mit d. in der Literatur angeführten Anschauungen. v. SEELHORST (38) fand bei Gerste-Versuchen: "Während die Vermehrung des Wassers eine Verminderung des N-Gehalts der Ernte zur Folge hatte, ist durch sie eine Erhöhung des Kali-Gehaltes eingetreten." Ähnliche Resultate erzielte LANGER (39) bei seinen Untersuchungen über die Nährstoff-Aufnahme von Hafer bei verschiedenem Wassergehalt und verschiedener Düngung des Bodens. Er fand im Durchschnitt bei Vermehrung des Bodenwassers eine Vermehrung des prozentualen Kali- und Phosphorsäure-Gehaltes und eine Verminderung des prozentualen Stickstoff-Gehaltes der Erntemassen. Ferner verdienen die Arbeiten von FEIFFER, BLANK und FRISKE (40) hier angeführt zu werden. Werden in der folgenden Tabelle die durchschnittlichen Verhältniszahlen für den Stoff-Gehalt bei den betreffenden niedrigsten Wassergaben = 100 gesetzt und diesen Zahlen die entsprechenden Werte bei den betreffenden höchsten Wassergaben gegenüber gestellt, so ergibt sich folgendes Verhältnis:

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1911 Niedrigste Wassergabe	100	100	100
" Höchste "	77	120	109
1912 Niedrigste Wassergabe	100	100	100
" Höchste "	81	134	112

PFEIFFER bemerkt zu diesem Resultat: "Die Pflanzen haben mit anderen Worten von dem am leichtesten löslichen Stickstoff schon bei der niedrigsten Wassergabe verhältnismässig grosse Mengen aufzunehmen vermocht. Die Phosphorsäure ist umgekehrt am schwersten löslich, bei ihr kommen daher steigende Wassergaben am stärksten zur Wirkung. Das Kali nimmt zwischen den beiden Nährstoffen eine mittlere Stellung ein". KLEBERGER (41) kommt aufgrund der genannten Versuche zu dem Ergebnis: "Der Nährstoff-Gehalt, demgemäss wohl auch die Nährstoff-Aufnahme unserer Kulturpflanzen wird durch steigenden Wassergehalt weitgehend beeinflusst und zwar derartig, dass der N-Gehalt und wohl auch seine Aufnahme gegenüber dem Gehalt u. der Aufnahme bei geringerem Wasser-Vorrat geringer werden, während die Kali-Aufnahme bei demselben Nährstoff-Vorrat im geringeren, die  $P_2O_5$ -Aufnahme in stärkerer Masse steigt". MITSCHERLICH (42) hat mit Hilfe seines "Wirkungsgesetzes der Wachstumsfaktoren" folgendes festgestellt: "Die Wirkungsfaktoren für Wasser sind umso höhere, je günstiger in diesem Wasser die erforderlichen Nährstoff-Mengen dargeboten werden, und je besser diese in dem Wasser gelöst sind. Wir werden dann naturgemäss umso weniger Wasser nötig haben, um diese Nährstoffe der Pflanze in löslicher Form zugänglich zu machen. Wir vermögen so, ebenso wie wir den Vegetations-Faktor Energie auf den Faktor Wasser zurückführen können, ebenso auch den Vegetationsfaktor Wasser und damit die ganzen physikalischen Vegetations-Faktoren des Bodens auf die chemischen Vegetationsfaktoren des Bodens zurückzuführen". KÖNIG (43) schliesst aus Versuchen HASENBÄUMERS, die dieser mit wechselndem Wassergehalt anstellte, dass der Nährstoff-Entzug bei dem Boden umso ausgiebiger ist, je grösser (innerhalb gewisser Grenzen) der zur Verfügung stehende Wasservorrat ist. All' diese Schlüsse, die teils empirisch, teils gesetzmässig wie bei MITSCHERLICH gezogen sind, decken sich mit den Ansichten de SAUSSURES und WOLFFs. Nach WOLFF suchen die Pflanzen aus stark verdünnten Lösungen mehr Salze zu entnehmen als Wasser; andererseits fand de SAUSSURE, dass aus stärker konzentrierten Nährlösungen die Salze in geringerer Masse als das Wasser aufgenommen werden.

Die von diesen Forschern erhobenen Ansichten sind in vollem Masse geeignet, den verschiedenen Ausfall unserer 5 Versuchsreihen zu erklären. Bei den ersten beiden Versuchsreihen muss im Durchschnitt mit hohen Konzentrationen, bei den letzten drei mit niedrigen gerechnet werden. Die Nährstoff-Aufnahme ist den oben ausgeführten Ansichten gemäss erfolgt. Beachten wir nun, dass  $V_5$  bei anzunehmender geringer Transpiration aus stark verdünnter Lösung viel Salze aufgenommen hat, so müssen wir annehmen, dass während der kurzen Vegetationszeit osmotische Prozesse stattgefunden haben müssen, die in hohem Masse von der Transpiration unabhängig waren. Nach DETMER (44) ist die Grösse der osmotischen Leistungsfähigkeit einer Zelle abhängig von der Qualität und Quantität der im Zellsaft vorhandenen Wasser-anziehenden Substanzen, Mineralstoffe, Zuckerarten, organischen Säuren u. dergl. Diese Bedingungen schienen hier in einem Optimum erfüllt gewesen zu sein. Ferner ist nach DETMER, WÄCHTER, NATHANSON und OVERTON der Plasmahaut mit ihrem Wahlvermögen eine wichtige Rolle bei der Nährstoff-Aufnahme zuzuschreiben. Damit eine absolut grössere Menge von Nährstoffen aufgenommen werden kann, ist bei mangelnder Transpiration grösst mögliche Speicherung von Stoffen im Pflanzenleib von Nöten. Auch hierzu müssen unsere Pflanzen äusserst befähigt gewesen sein. Unsere Versuchsreihen, speziell  $V_5$ , bestätigen somit die Ansichten LECLERCs DU SABLON (45), die dahin gehen: "Die Absorption von Mineralsalzen durch die Wurzeln ist unabhängig von der Wasser-Aufnahme und Verdunstung; sie wird reguliert durch den osmotischen Druck eines jeden der innerhalb und ausserhalb der Pflanze befindlichen Salze. Die mit einer Umsetzung in natürliche Stoffe verbundene Nutzbarmachung dieser Salze ist die Haupt-Ursache ihrer Absorption". LECLERC fusst u. a. auf einem Versuch SCHLÖSSINGS mit Tabak. Dieser zeigte, dass bei starker Einschränkung der Verdunstung nur ein unverhältnismässig geringer Unterschied in der Salz-Aufnahme bestand.

Bei Betrachtung der letzten 3 Versuchsreihen fällt besonders bei der stärksten Kali-Gabe in  $V_5$  der hohe prozentuale Anteil des Kalis an der Trockensubstanz auf. Wie können annehmen, dass dieser nach den Angaben von HANSTEEN (46) für die Pflanzen nicht nur nutzlos, sondern womöglich gar hemmend geworden ist. Dass  $V_5$

keinen höheren Ertrag als Gruppe IV ergab, zeigt, dass die starke Düngergabe zwecklos war. Man könnte aber auch annehmen, dass zwei Momente aufeinanderstossen: Durch eine optimale Düngung die Tendenz zur Ertrags-Steigerung, durch eine supermaximale Düngung eine Störung im Gesamt-Organismus, die einen Minderertrag bedingt. HANSTEN äussert sich über optimale Nährstoff-Aufnahme wie folgt: "Die harmonisch normale Entwicklung einer Pflanze fordert u. a., dass diese immer solche Mengen von den einzelnen notwendigen Aschensubstanzen in ihre Organe aufnehmen kann, die nicht allein optimal sind, sondern auch zu jeder Zeit untereinander durch die ganze Pflanze in allseitigen und spezifischen Proportionen stehen. Sind also im Nährsubstrate die Aschen-Substanzen in solchen Verhältnissen zugegen, dass diesen unumgänglichen Forderungen nicht Folge geleistet werden kann, so kann auch die Entwicklung keine normale werden".

Es ist nun die auffallende Gleichheit der Versuchsreihen  $V_3$  und  $V_4$  bezüglich ihrer Nährstoff-Aufnahme zu besprechen. Bei der Bildung organischer Substanz ist die wesentlich verschiedene Vegetationszeit ausgeprägt; hingegen hat  $V_4$  absolut grössere Kali-Mengen aufgenommen. Die prozentuale Kali-Aufnahme aus der gegebenen Düngung ist bei  $V_4$  niedriger. Das wird mit dem niedrigen blinden Versuch von  $V_3$  zu verdanken sein, der bewirkt, dass dadurch der von der gegebenen Düngung aufgenommene Prozentsatz höher wird. Da die Kali-Aufnahme des blinden Versuches von  $V_3$  in auffallender Weise von keinem Fehler behaftet ist, wäre Grund vorhanden, nach einer Gesetzmässigkeit für diese sich scharf vom Durchschnitt abhebende Kali-Aufnahme zu suchen. Es erscheint dies aber in Anbetracht der immerhin noch geringen Differenz der blinden Versuche von  $V_3$  und  $V_4$  müssig; man könnte vielmehr annehmen, dass das Mittel von 41 mg nur durch die hohen Fehler der andern blinden Versuche bedingt ist, während in Wirklichkeit 38 mg als Mittel der blinden Versuche von 5 Versuchsreihen den gegebenen Verhältnissen viel mehr gerecht werden. Um die annähernde Gleichheit der Kali-Aufnahme in diesen beiden Versuchsreihen  $V_3$  und  $V_4$  zu erklären, könnte zunächst von folgender Annahme ausgegangen werden: In verdünnten, möglichst optimalen Lösungs-Konzentrationen geschieht die Nährstoff-Aufnahme auf rein physikalisch und chemisch bedingtem osmotischem Wege und zwar in einer Schnelligkeit, die vom begleitenden Wachstumsprozess ganz unabhängig ist. Es können daher aus diesen optimalen Lösungen in äusserst geringer Zeit so maximale Mengen von Salzen aufgenommen werden, wie diese aus einer ungünstigeren Konzentration in längerer Zeit nicht erreicht werden. Nehmen wir bei  $V_3$  aufgrund der höheren Durchschnitts-Temperatur und der geringeren Luftfeuchtigkeit an, dass die Lösungs-Konzentration nicht so günstig war wie bei  $V_4$ , so liesse sich aufgrund oben geäusselter Theorie eine geringere Kali-Aufnahme von  $V_3$  erklären. Der Wassergehalt bei  $V_3$  stand zeitweise zwar höher als der von  $V_4$ . Es darf aber nicht vergessen werden, dass in den ersten Wochen  $V_3$  sicherlich nicht optimalen Wassergehalt hatte. Sollte ausser diesen Gründen auch hier wieder Kohlensäure-Versorgung im Spiele gewesen sein? - denn  $V_4$  mit der grösseren Aufnahme wuchs in den hohen Gläsern.

Hiermit soll die spezielle und vergleichende Untersuchung abgeschlossen sein und nun zusammenfassend eine Übersicht gegeben werden, was mit dieser neuen Methode erreicht ist und was von ihr hinsichtlich einer Boden-Untersuchung erwartet werden kann.

Die bei 5 Versuchsreihen unter verschiedenen Wachstums-Bedingungen durchgeführte Methode "Feststellung des Nährstoff-Gehaltes durch Boden-Erschöpfung mit Hilfe einer grossen Anzahl auf kleinem Bodenvolumen angebauten Pflanzen" ergab folgendes:

### I. ERGEBNISSE.

1. Die Produktion an Gesamt-Trockensubstanz war bei dem am längsten durchgeführten 50-tägigen Versuch absolut am höchsten und durch abnorme Wachstums-Bedingungen (100 Pflanzen in 400 g Quarzsand) unverhältnismässig klein; durch übermässige Hitze nebst Wassermangel waren die durch Kali-Differenzdüngung bedingten Ernte-Resultate so stark mit Fehlern behaftet, dass im Wiederholungsfalle auf keines derselben Ergebnisse zu rechnen ist.

2. Die Kali-Aufnahme verlief bei den beiden mit schwächerer Grund- und Differenz-Düngung versehenen und bei Trockenheit gewachsenen Versuchsreihen in Kurvenform und erreichte im Mittel von 4 verschiedenen Gaben 39% der gegebenen Düngung.

3. Erst bei der stärksten Düngung, die etwa 20 dz/ha  $K_2SO_4$  entspricht, wurden Resultate erzielt, die ausserhalb des 4-fachen wahrscheinlichen Fehlers liegen.

4. Entsprechend den kürzeren Vegetationszeiten: 23 und 14 Tage, waren die Ernteerträge geringer, gerieten nach Abzug der Saat sogar meist in ein Minus und konnten durch höheren Wassergehalt und stärkere Düngung nicht so gesteigert werden, dass ausserhalb der Fehlergrenzen liegende Resultate erzielt wurden, die zu einer praktischen Verwertung der Methode zur Beurteilung der vorhandenen Kalimengen nötig wären.

5. Die Kali-Aufnahme verlief bei den 41- und 23-tägigen Versuchsreihen geradlinig und annähernd absolut gleich, bei der 18-tägigen Versuchsreihe in Kurvenform, bedingt durch 100% Aufnahme bei den schwächsten und abnehmend prozentualer Aufnahme bei den stärksten Düngungen. Von den gegebenen Düngungen wurde im Mittel der 3 Versuchsreihen 84% aufgenommen. Wie bei den ersten Versuchsreihen lagen bei diesen 3 die Resultate erst dann ausserhalb der Fehler, wenn die gegebene Düngung die Höhe des durch die Saat zugeführten Kaligehaltes erreichte.

6. Die Anwendung des "Wirkungsgesetzes der Wachstumsfaktoren" auf die Gesamt-Trockensubstanz und die Kali-Aufnahme ergibt bei allen 5 Versuchsreihen Werte, die sich mit den gefundenen innerhalb der Fehlergrenzen decken. - Der Wirkungsfaktor c und b sind bei den Trockensubstanz-Erträgen in allen 5 Versuchsreihen konstant, hingegen ist c bei der Kali-Aufnahme nicht konstant:

Es ist dies ein Zeichen dafür, dass die Trockensubstanz-Erträge mit gesteigerter Kali-Düngung dem Wirkungsgesetze der Wachstumsfaktoren folgen, ganz gleich, wie sich alle übrigen Wachstums-Faktoren während der Vegetation gestalten, und dass die Wirkung des Kalis hierbei - wie dies das Gesetz verlangt! - stets eine konstante ist; dass aber die Kali-Aufnahme bei gleichem Kali-Gehalte des Bodens nicht nur von diesem, sondern auch von der zufälligen Konstellation aller andern Wachstums-Faktoren in zunächst unübersehbarer Weise mitbedingt wird.

## II. EINFLUSS DER WACHSTUMSFAKTOREN.

1. Das Licht schien von untergeordneter Bedeutung zu sein. Eine verhältnismässig niedrige Durchschnitts-Temperatur von 11,3° C. schien nicht hinderlich, vielmehr der Erhaltung eines möglichst konstanten Wassergehaltes dienlich zu sein. Wenig schwankende Temperatur, infolge kühlerer Witterung und sonnengeschützter Lage, diente der Aufrechterhaltung einer konstanten Lösungs-Konzentration, die für eine maximale Kali-Aufnahme wesentlichste Bedingung zu sein scheint. Demgemäss scheinen Assimilations- und Transpirations-Prozess bei der Kali-Aufnahme der jungen bzw. Keimpflanzen eine untergeordnete Rolle zu spielen.

2. Steht den Pflanzen ein Nährstoff in derart leicht löslicher Form zur Verfügung, wie diese durch eine stark verdünnte, aber in optimalen Grenzen gehaltene Lösungs-Konzentration gegeben ist, so vermag dieser in kürzester Zeit, z.B. in 14 Tagen, von den Pflanzen unabhängig zum Wachstum aufgenommen werden, ohne Rücksicht, ob Verwendung für ihn vorliegt, lediglich durch Osmose, die durch optimales Konzentrationsgefälle in schnellem Tempo aufrecht erhalten wird.

3. Da unter günstigen Lösungs-Verhältnissen schon im Keimstadium intensivste Nährstoff-Aufnahme statthat, scheinen hierbei die chemischen Wachstumsfaktoren eine untergeordnete Rolle auszuüben, insofern, als sie nicht direkt die Kali-Aufnahme zu beeinflussen vermögen.

## III. FOLGERUNGEN.

Punkt I.6 und II.3. scheinen zu dem Schluss zu berechtigen, dass die Kali-Aufnahme in erster Linie nicht eine Funktion des zur Verfügung stehenden Kali-

Vorrats ist, sondern hauptsächlich eine Funktion der Lösungs-Konzentration. Das heisst mit andern Worten: Die Roggenpflänzchen entnehmen das Kali dem Boden nicht nach Massgabe der zur Verfügung stehenden Mengen, sondern entsprechend der vorhandenen Lösungs-Konzentration des Kalis. Somit liesse sich denken: die Pflanzen können aus einer Lösungs-Konzentration 1 : 10 mit den Salzmengen  $2x$  die Mengen  $5y$  entnehmen, hingegen aus einer Konzentration 1 : 100 mit den Salzmengen  $10x = 8y$ . - Bestehen vorliegende Resultate und die daraus gezogenen Schlüsse zu Recht, so muss an der Richtigkeit einer Methode gezweifelt werden, die den Nährstoff-Vorrat eines Bodens unter der Voraussetzung beurteilt, dass eine Aufnahme durch die Pflanzen den im Boden vorhandenen Mengen gemäss erfolgt. Soll eine solche Methode, wie Verfasser sie in der von NEUBAUER erblickt, dennoch erspriessliche Resultate zeitigen, so dürfte für sie vorerst folgende Frage geklärt werden müssen: "Ist bei der Anstellung von "NEUBAUER-Versuchen" jederzeit diejenige Lösungs-Konzentration zu erreichen und zu erhalten, welche geeignet ist, die betreffende Nährstoff-Aufnahme zu bewirken, die allein für den Nährstoff-Vorrat des zu untersuchenden Bodens massgebend ist?". - Die Resultate der vorliegenden Arbeit scheinen diese Frage nicht rundweg zu verneinen, sondern eine neue Frage aufzuwerfen: "Wenn es schon nicht möglich ist, eine Nährstoff-Aufnahme zu bewirken, die in direkter Abhängigkeit zum gebotenen Nährstoff-Vorrat steht, könnte es nicht wenigstens erreichbar sein, die Nährstoff-Aufnahme so zu gestalten, dass sie innerhalb solcher Fehlergrenzen verlief, die den Schluss auf einen ungefähren Vorrat erlauben?" - Welche Genauigkeit hierbei erreichbar ist, kann auf Grund der durchgeführten Versuche noch nicht gesagt werden. Die Resultate mit ihren Fehlergrenzen weisen darauf hin, dass erst sehr hohe und stark differenzierte Düngergaben Resultate erzielen, die mit Sicherheit bei einer Wiederholung wiederzufinden sind. Diese Düngergaben bewegen sich etwa in Höhe der durch die Saat zugeführten Mineralstoff-Mengen; diese Mengen sind so gross, wie deren Vorhandensein in einem Ackerboden in entsprechendem Masstabe schwerlich häufig angetroffen werden dürften. Es sei denn, dass es sich um extreme Böden handelt. Soll lediglich der ungefähre Vorrat an Nährstoffen in einem Boden festgestellt werden, ob dieser stark, schwach oder mittel damit versorgt ist, so kann durch vorliegende Methode unter den als günstig angeführten Bedingungen eine Auskunft gegeben werden, die den soweit begrenzten Anforderungen Genüge leistet. Soll aber bei einem Boden guter Kultur festgestellt werden, welche Düngermengen müssen zugeführt werden, um unter gegebenen Bedingungen Höcsternten oder bestimmte Ertrags-Steigerungen zu erzielen, so erscheint zur Beantwortung dieser Frage der weitaus sichere und genauere Weg der zu sein, der mit dem "Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren" beschritten wird. Es dürfte somit der praktische Landwirt vor die Frage gestellt sein: "Willst Du auf schnellem Weg erfahren, ob eine Kalidüngung vielleicht ertragssteigernd wirkt, oder willst Du in etwa 4 - 6-mal so langer Zeit Auskunft erhalten, welche Düngermengen sich rentieren und welche Mehr-Erträge diese erwarten lassen?"

Die Frage, ob die Bestimmung des Nährstoff-Gehaltes eines Bodens mit Hilfe der "NEUBAUER-Methode" oder mittels des "Wirkungsgesetzes der Wachstumsfaktoren" festgestellt werden soll, wird somit zu einer Rentabilitäts-Frage, die hier unerörtert bleiben soll.

Zum Schluss ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. E. A. MITSCHERLICH meinen ergebensten Dank zu sagen für seine jederzeit gewährte freundliche Unterstützung. Die Arbeit wurde in den Räumen und mit den Mitteln der Abteilung für Pflanzenbau des landwirtschaftlichen Instituts der Universität zu Königsberg durchgeführt.

#### LITERATUR.

- (1) NEUBAUER in Zeitschr. f. Pflanzenernährung u. Düngung Teil A, II., Heft 5. -
- (2) WUNDER, Landw. Vers.-Stat. III (1861) p. 159. - (3) CZAPEK, Biochemie der

Pflanzen, 2. ed. II, p. 387 ff. - (4) GREISENEGGER und VORBUCHNER in Mitt. chem. techn. Vers.-Stat. Zentralver- Ribenzuckerindustrie 4. Ser. nr. 88. - (5) HELLRIEGEL, Naturwissenschaftl. Grundl. d. Ackerbaus, Braunschweig 1883, p. 118. - (6) MITSCHERLICH, Bodenkunde, 4. ed. (1922) p. 184 ff. - (7) SORAUER, Handb. d. Pflanzenkrankheiten 3. ed I (1909) p. 638. - (8) MITSCHERLICH in Landw. Jahrb. 1907, p. 310 - 369. - (9) PFEIFFER, Der Vegetationsversuch, Berlin 1918. - (10) MITSCHERLICH, Chem. Bodenanalyse f. pflanzenphysiol. Forschungen. - (11) RUSSEL, Boden und Pflanze, 1914, p. 73. - (12) SCHNEIDEWIND, Die Ernährung der landw. Kulturpflanzen, 1922, p. 111-112. - (13) MITSCHERLICH in Landw. Jahrb. LVIII, p. 645 und LI, p. 482. - (14) KRÜGER in Zeitschr. Ver. D. Zuckerindustrie 1914. - (15) HELLRIEGEL und WILFARTH, Unters. über d. Stickstoffnahrung der Gramineen u. Leguminosen, in Zeitschr. Ver. Rübenindustr. 1888. - (16) DETMER, Pflanzenphysiol. Praktikum, p. 35. - (17) GRAFE, Chemie der Pflanzenzelle, Berlin 1922. - (18) MITSCHERLICH in Landw. Versuchsstat. Band 97. - (19) MITSCHERLICH etc., 30. Mitt. a.d. landw. Inst., Abt. f. Pflanzenbau, Königsberg. Ein Beitrag zur Kali- und Magnesia-Düngung. - (20) WOLLEY, Forschungen aus dem Gebiet der Agrikulturphysik XX, p. 56. - (21) PFEIFFER, der Vegetationsversuch (1918) p. 35. - (22) HELLRIEGEL, Grundlagen, p. 221. - (23) DETMER, Pflanzenphysiol. Praktikum, 4. ed., p. 227. - (24) B. SCHULTZE-Breslau, Wurzelatlas, Berlin 1911. - (25) MITSCHERLICH, Eine cheische Bodenanalyse f. pflanzenphysiol. Forschungen, in Landw. Jahrb. 1907, p. 310 - 369. - (26) SORAUER, l.c. I, p. 135 - 137. - (27) DETMER, l.c. - (28) v. BIALOBLOCKI in Landw. Versuchsstat. 1871, XIII, p. 424. - (29) HELLRIEGEL, l.c. p. 332. - (30) CZAPEK, l.c. II, p. 759. - (31) SCHNEIDEWIND in Landw. Jahrb. 1910, Erg.-Bd. 3, p. 60. - (32) GRAFE, Einführung in die Biochemie, p. 230. - (33) KNOP in Landw. Vers.-Stat. 1965, p. 193. - (34) VESTERBERG in Internat. Mit. f. Bodenk. XII (1922) p. 20. - (35) KLEEBERGER, Grundzüge der Pflanzenernährungslehre und Düngerlehre II (1915) p. 20. - (36) MITSCHERLICH, Eine chem. Bodenanalyse f. pflanzenphysiol. Forsch. p. 312. - (37) WILFARTH etc., Nach welchen Gesetzen erfolgt die Kali-Aufnahme der Pflanzen aus dem Boden? in Arb. D.L.G. Heft 143, 1908, p. 81. - (38) v. SEELHORST und WILMS in Journ. f. Landw. 1898. - (39) LANGNER, Diss. Göttingen 1901. - (40) PFEIFFER, BLANK u. FRISKE in Landw. Vers.-Stat. LXXII (1913) p. 298. - (41) KLEEBERGER, l.c. p. 36. - (42) MITSCHERLICH, Bodenkunde, 3. ed. p. 182. - (43) KÖNIG, Pflege der Wiesen und Weiden, p. 50. - (44) DETMER, l.c. p. 90. - (45) LECLERC DU SABLON in Rév. Gén. d. Bot. XXI, 1909, p. 275 ff. - (46) Landw. Jahrb. 1907, p. 265 ff.

## ANHANG.

Tabelle I. -1. Versuchsreihe (V<sub>1</sub>), Form B, 50 Tage Veget.Zeit.

Nr.	K <sub>2</sub> O mg	Tr.Gewicht d. Blätter g	Tr.Gewicht d. Wurzeln g	Ges. Trocken- Substanz g	Ges. K <sub>2</sub> O-Auf- nahme g
1	0,0	2,62	2,50	5,12	0,042
2		2,29	1,88	4,12	0,045
3		2,55	3,06	5,61	0,042
4		2,30	1,68	3,98	0,048
		∅ 2,44 ± 0,07	∅ 2,28 ± 0,25	∅ 4,71 ± 0,32	∅ 0,044 ± 0,001
5	1,5	2,37	2,25	4,62	0,042
6		2,55	2,76	5,31	0,043
7		2,40	2,26	4,66	0,041
8		2,31	2,15	4,46	0,037 !
		∅ 2,41 ± 0,04	∅ 2,36 ± 0,10	∅ 4,76 ± 0,13	∅ 0,0415 ± 0,001

Tabelle I. cont.

Nr.	K <sub>2</sub> O mg	Tr.Gewicht d. Blätter g	Tr.Gewicht d. Wurzeln g	Ges. Trocken- Substanz g	Ges. K <sub>2</sub> O-Auf- nahme g
9	3,7	2,26	2,70	4,96	0,044
10		2,28	2,58	4,86	0,046
11		1,91	1,65	3,54 !	0,034 !
12		2,80	3,49	6,29 !	0,050
		∅ 2,31 ± 0,12	∅ 2,60 ± 0,03	∅ 4,91 ± 0,31	∅ 0,0445 ± 0,002
13	9,2	2,72	2,75	5,47	0,048
14		2,69	2,85	5,54	0,053
15		2,61	2,15	4,76	0,050
16		2,80	2,92	5,72	0,055
		∅ 2,71 ± 0,03	∅ 2,67 ± 0,13	∅ 5,37 ± 0,15	∅ 0,052 ± 0,001
17	37,0	2,84	2,90	5,74	0,069
18		3,00	2,80	5,80	0,070
19		2,81	2,30	5,11	0,068
20		2,78	2,90	5,68	0,070
		∅ 2,88 ± 0,04	∅ 2,73 ± 0,10	∅ 5,58 ± 0,12	∅ 0,069 ± 0,0004

Tabelle II. -2. Versuchsreihe (V<sub>2</sub>). Form B, 37 Tage Veget.-Zeit.

Nr.	N <sub>2</sub> C mg	Tr.Gewicht d. Blätter g	Tr.Gewicht d. Wurzeln g	Ges. Trocken Substanz g	Ges. K <sub>2</sub> O-Auf- nahme g
1	0,0	1,49	2,23	3,72	0,034
2		1,90	3,05	4,95	0,032
3		1,92	2,80	4,72	0,028
4		1,91	2,50	4,41	0,025
		∅ 1,81 ± 0,07	∅ 2,65 ± 0,13	∅ 4,45 ± 0,17	∅ 0,030 ± 0,0015
5	1,5	1,71	2,85	4,56	0,027
6		1,71	3,05	4,76	0,028
7		1,67	2,80	4,47	0,028
8		2,06	2,40	4,46	0,029
		∅ 1,79 ± 0,07	∅ 2,78 ± 0,09	∅ 4,56 ± 0,05	∅ 0,028 ± 0,0003
9	3,7	1,82	2,80	4,62	0,027
10		1,86	1,85	3,71	0,031
11		1,85	2,10	3,95	0,028
12		2,00	2,80	4,80	0,031
		∅ 1,88 ± 0,03	∅ 2,39 ± 0,20	∅ 4,27 ± 0,21	∅ 0,029 ± 0,001
13	9,2	2,23	2,90	5,13	0,033
14		1,86	3,80	5,66	0,039
15		1,85	2,77	4,62	0,032
16		2,05	2,90	4,95	0,036
		∅ 2,00 ± 0,07	∅ 3,10 ± 0,13	∅ 5,09 ± 0,15	∅ 0,035 ± 0,001

Tabelle II. cont.

Nr.	K <sub>2</sub> O mg	Fr. Gewicht d. Blätter g	Fr. Gewicht d. Wurzeln g	Ges. Trocken- Substanz g	Ges. K <sub>2</sub> O-Auf- nahme g
17	37,0	2,15	1,90	4,05	0,049
18		2,31	2,75	5,06	0,058
19		2,58	2,70	5,28	0,046
20		2,04	2,10	4,14	0,053
		$\bar{\phi}$ 2,27 ± 0,07	$\bar{\phi}$ 2,36 ± 0,15	$\bar{\phi}$ 4,63 ± 0,26	$\bar{\phi}$ 0,052 ± 0,002

Tabelle III. 3. Versuchsreihe (V<sub>3</sub>) Form A, 41 Tage Veget.-Zeit.

Nr.	K <sub>2</sub> O mg	Fr. Gewicht d. Blätter g	Fr. Gewicht d. Wurzeln g	Ges. Trocken- Substanz g	Ges. K <sub>2</sub> O-Auf- nahme g
1	0,0	2,50	1,90	4,40	0,038
2		2,55	1,75	4,30	0,038
3		2,70	2,10	4,80	0,037
4		2,80	1,75	4,55	0,038
		$\bar{\phi}$ 2,64 ± 0,05	$\bar{\phi}$ 1,90 ± 0,07	$\bar{\phi}$ 4,51 ± 0,06	$\bar{\phi}$ 0,038 ± 0
5	4,5	2,75	2,10	4,85	0,045
6		2,45	1,65	4,10	0,042
7		2,30	1,55	3,85	0,041
8		2,45	1,50	3,95	0,041
		$\bar{\phi}$ 2,49 ± 0,06	$\bar{\phi}$ 1,70 ± 0,1	$\bar{\phi}$ 4,19 ± 0,15	$\bar{\phi}$ 0,042 ± 0,0006
9	11,4	2,75	1,75	4,50	0,048
10		2,60	1,75	4,35	0,049
11		2,65	1,80	4,45	0,045
12		3,00	1,90	4,90	0,046
		$\bar{\phi}$ 2,75 ± 0,06	$\bar{\phi}$ 1,80 ± 0,03	$\bar{\phi}$ 4,55 ± 0,13	$\bar{\phi}$ 0,047 ± 0,0007
13	28,7	2,90	1,10	4,00	0,057
14		2,95	2,20	5,15	0,063
15		2,80	1,70	4,50	0,064
16		3,25	2,15	5,40	0,062
		$\bar{\phi}$ 2,98 ± 0,07	$\bar{\phi}$ 1,79 ± 0,17	$\bar{\phi}$ 4,76 ± 0,22	$\bar{\phi}$ 0,062 ± 0,0009
17	108,0	3,00	2,10	5,10	0,127
18		2,85	2,15	5,00	0,129
19		2,60	1,55	4,15	0,129
20		3,05	2,30	5,35	0,131
		$\bar{\phi}$ 2,88 ± 0,07	$\bar{\phi}$ 2,03 ± 0,12	$\bar{\phi}$ 4,90 ± 0,17	$\bar{\phi}$ 0,129 ± 0,0005

Tabelle IV. 4. Versuchsreihe (V<sub>4</sub>), Form B, 23 Tage Veget.-Zeit.

Nr.	K <sub>2</sub> O mg	Tr. Gew. der Blätter g	Tr. Gew. der Wurzeln g	Ges. Trock. Substanz g	K <sub>2</sub> O		Ges. Kali Aufnahme mg
					i. Bl. mg	i. W. mg	
1	0,0	1,75	1,33	3,08	29,2	10,3	39,5
2		1,80	1,32	3,12	28,7	10,5	39,2
3		1,76	1,18	2,94	30,1	10,9	41,0
4		1,75	1,30	3,05	31,0	9,6	40,6
		$\bar{\phi} 1,77 \pm 0,01$	$\bar{\phi} 1,28 \pm 0,03$	$\bar{\phi} 3,04 \pm 0,03$			$\bar{\phi} 40,0 \pm 0,4$
5	4,5	1,85	1,33	3,18	35,5	10,8	46,3
6		1,76	1,32	3,08	28,3	12,0	40,3
7		1,90	1,31	3,21	31,6	9,1	40,7
8		2,12	1,40	3,52	34,6	10,7	45,3
		$\bar{\phi} 1,91 \pm 0,05$	$\bar{\phi} 1,34 \pm 0,013$	$\bar{\phi} 3,25 \pm 0,07$			$\bar{\phi} 43,0 \pm 1,2$
9	11,4	1,94	1,43	3,37	37,6	10,7	48,3
10		1,90	1,22	3,12	36,6	9,5	46,1
11		1,87	1,29	3,10	40,3	10,8	51,1
12		1,94	1,37	3,31	40,4	10,8	51,2
		$\bar{\phi} 1,91 \pm 0,013$	$\bar{\phi} 1,33 \pm 0,04$	$\bar{\phi} 3,24 \pm 0,06$			$\bar{\phi} 49,0 \pm 0,9$
13	28,7	1,95	1,25	3,20	52,3	10,1	62,4
14		2,00	1,37	3,37	50,3	12,3	62,6
15		2,10	1,40	3,50	52,5	10,3	62,8
16		2,08	1,30	3,38	50,4	12,1	62,5
		$\bar{\phi} 2,03 \pm 0,03$	$\bar{\phi} 1,33 \pm 0,03$	$\bar{\phi} 3,36 \pm 0,04$			$\bar{\phi} 63,0 \pm 0,0$
17	108,0	1,88	1,25	3,13	112,5	22,0	134,5
18		2,07	1,30	3,37	102,1	19,2	121,3
19		1,94	1,15	3,09	109,0	21,8	130,8
20		2,14	1,21	3,35	117,5	17,1	133,6
		$\bar{\phi} 2,01 \pm 0,05$	$\bar{\phi} 1,23 \pm 0,023$	$\bar{\phi} 3,24 \pm 0,06$			$\bar{\phi} 130,0 \pm 2,0$

Tabelle V. 5. Versuchsreihe (V<sub>5</sub>), Form A, 14 Tage Veget.-Zeit.

Nr.	K <sub>2</sub> O mg	Tr. Gewicht d. Blätter g	Tr. Gewicht d. Wurzeln g	Ges. Trocken- Substanz g	Ges. K <sub>2</sub> O-Auf- nahme g
2	1,30	1,30	2,60	0,042	
3	1,23	1,15	2,38	0,037	
4	1,36	1,20	2,56	0,040	
		$\bar{\phi} 1,30 \pm 0,017$	$\bar{\phi} 1,21 \pm 0,02$	$\bar{\phi} 2,51 \pm 0,03$	$\bar{\phi} 0,041 \pm 0,0012$
5	4,5	1,38	1,15	2,53	0,043
6		1,54	1,25	2,79	0,051
7		1,40	1,15	2,55	0,043
8		1,50	1,10	2,60	0,046
		$\bar{\phi} 1,46 \pm 0,025$	$\bar{\phi} 1,16 \pm 0,02$	$\bar{\phi} 2,62 \pm 0,04$	$\bar{\phi} 0,046 \pm 0,0013$
9	11,4	1,42	1,10	2,52	0,056
10		1,62	1,30	2,92	0,053
11		1,46	1,00	2,46	0,052
12		1,34	1,15	2,49	0,050
		$\bar{\phi} 1,46 \pm 0,03$	$\bar{\phi} 1,14 \pm 0,04$	$\bar{\phi} 2,60 \pm 0,08$	$\bar{\phi} 0,053 \pm 0,0006$

Tabelle V. cont.

Nr.	K <sub>2</sub> O mg	Tr. Gewicht d. Blätter g	Tr. Gewicht d. Wurzeln g	Ges. Trocken- Substanz g	Ges. K <sub>2</sub> O-Auf- nahme g
13	29,7	1,45	1,15	2,60	0,067
14		1,55	1,30	2,85	0,066
15		1,48	1,30	2,78	0,067
16		1,40	1,15	2,55	0,063
		$\bar{\phi}$ 1,47 ± 0,02	$\bar{\phi}$ 1,23 ± 0,03	$\bar{\phi}$ 2,70 ± 0,06	$\bar{\phi}$ 0,066 ± 0,0006
17	108,0	1,47	1,10	2,57	0,127
18		1,61	1,20	2,81	0,111
19		1,56	1,10	2,66	0,117
20		1,59	1,20	2,79	0,127
		$\bar{\phi}$ 1,56 ± 0,02	$\bar{\phi}$ 1,15 ± 0,02	$\bar{\phi}$ 2,71 ± 0,05	$\bar{\phi}$ 0,121 ± 0,003

Tabelle VI. Daten der klimatischen Wachstumsfaktoren.

Datum	Temperat. Grad C.	Relat. Luft-Fcht %	Licht- mengen relat.	Datum	Temperat. Grad C.	Relat. Luft-Fcht %	Licht- mengen relat.
22. VI.	16,0	86,3	136	25.	14,6	85,7	127
23.	16,3	84	89	26.	13,7	93,3	63
24.	16,8	85	103	27.	12,6	86,3	157
25.	19,1	70,3	207	28.	13,7	76,0	163
26.	24,5	66	194	29.	17,1	70,3	168
27.	23,1	56,7	274	30.	15,6	74,0	174
28.	21,1	84,7	295	31.	17,8	80,0	96
29.	27,0	82,3	222	1. VIII.	15,6	92,0	60
30.	26,0	69,3	295	2.	13,8	95,0	43
1. VII.	22,3	70,3	83	3.	14,8	80,7	168
2.	16,6	96,7	48	4.	14,3	85,7	136
3.	17,5	88	67	5.	14,5	85,7	146
4.	28,7	76,3	168	6.	15,2	78,0	194
5.	28,8	66,3	180	7.	16,5	80,0	180
6.	32,0	66,7	222	8.	14,7	91,7	78
7.	32,8	71,7	194	9.	16,6	87,7	186
8.	33,3	67,3	222	10.	16,3	89,3	92
9.	29,3	74	194	11.	14,9	75,7	141
10.	17,8	65,7	180	12.	14,6	79,3	163
11.	16,1	64	168	13.	15,2	76,7	186
12.	21,3	65,3	194	14.	14,0	88,3	78
13.	23,0	64,7	194	15.	15,2	76,7	157
14.	23,6	70,7	180	16.	13,5	81,3	118
15.	23,0	68,7	194	17.	13,9	76,0	168
16.	20,4	85,3	72	18.	12,6	86,0	55
17.	17,4	84,3	168	19.	14,4	90,7	78
18.	17,4	81,7	103	20.	13,3	92,7	78
19.	16,6	81,7	132	21.	13,7	82,0	122
20.	16,5	84,3	132	22.	16,9	78,0	100
21.	16,1	81,3	147	23.	14,7	83,3	136
22.	15,9	78,3	147	24.	15,2	70,0	141
23.	17,0	86,7	86	25.	18,6	76,3	141
24.	16,6	90,7	70	26.	15,5	72,7	147

Tabelle VI. cont.

Datum	Temperat. Grad C.	Relat. Luft-Fcht %	Licht- mengen relat.	Datum	Temperat. Grad C.	Relat. Luft-Fcht %	Licht- mengen relat.
27. VIII.	18,3	67,7	103	18.	18,0	82,7	96
28.	14,8	92,7	41	19.	16,7	88,7	118
29.	13,5	80,0	122	20.	12,6	87,0	110
30.	13,9	77,3	110	21.	10,1	88,3	77
31.	14,0	65,3	157	22.	10,0	92,7	44
1. IX.	18,4	73,0	110	23.	15,0	74,0	67
2.	13,9	78,3	103	24.	13,9	85,7	55
3.	12,3	81,3	118	25.	12,0	93,0	51
4.	12,1	62,3	96	26.	12,7	87,7	73
5.	12,0	81,7	49	27.	11,9	88,7	63
6.	11,0	84,3	84	28.	10,1	91,0	89
7.	12,4	72,7	132	29.	11,4	82,3	73
8.	10,6	85,0	103	30.	10,0	82,3	96
9.	12,0	75,0	100	1. X.	13,4	94,3	72
10.	14,5	70,3	107	2.	11,1	90,0	83
11.	12,0	78,7	96	3.	9,5	85,7	127
12.	16,4	74,0	89	4.	9,4	95,0	33
13.	13,6	86,7	63	5.	12,6	91,0	83
14.	13,0	75,3	92	6.	10,1	82,7	103
15.	16,8	73,7	92	7.	9,8	85,3	41
16.	16,5	76,0	59	8.	9,4	87,0	83
17.	13,2	94,0	59				

Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Blumenblätter  
mit besonderer Berücksichtigung der Nervatur.\*

Von OTTO v. GUMPPENBERG (München).

Die Nervatur der Blumenblätter wurde neuerdings von POTONIE (1912) und GLÜCK (1919) zur Begründung stammesgeschichtlicher Annahmen herangezogen. POTONIE nimmt an, dass die gabelige Nervatur mancher Blumenblätter ein Überrest von der gabeligen Nervatur farnartiger Vorfahren ist und GLÜCK leitet aufgrund von Übereinstimmungen zwischen der Nervatur der Blumenblätter und der anderer Blattarten d. Blumenblätter von Laubblättern ab. Diesen Folgerungen hat GOEBEL (1922) nicht zugestimmt. Den systematischen Wert der verschiedenen Nervaturen wird man am besten dann erkennen, wenn man die verschiedenen grossen Unterschiede ihrer Entwicklungsgeschichte miteinander vergleicht.

Es ist daher der Zweck der vorliegenden Abhandlung, die Beziehungen zwischen der Nervatur der Blumenblätter und dem embryonalen Wachstum zu prüfen und sie mit der der Laubblätter zu vergleichen.

Herrn Geheimerat v. GOEBEL, unter dessen Leitung die Untersuchungen stattfanden, bin ich für zahlreiche Anregungen und Berichtigungen zu Dank verpflichtet.

Um die Darstellung in zweckentsprechenden Grenzen zu halten, mussten starke Kürzungen vorgenommen werden. Es mussten alle theoretischen Erörterungen und Bemerkungen über die entwicklungsgeschichtlichen und stammesgeschichtlichen Fragen wegfallen, ausserdem viele Literatur-Angaben, eine genauere Bezugnahme auf die

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1924

Band/Volume: [7](#)

Autor(en)/Author(s): Eschenhagen Max

Artikel/Article: [Ueber den Verlauf der Kaliumaufnahme junger Roggenpflanzen, die in einem unverhältnismässig kleinen Bodenvolumen gewachsen sind 418-448](#)