

**WASSERKULTURVERSUCHE  
MIT ORGANISCHEN STICKSTOFFVERBINDUNGEN,  
ANGESTELLT ZUR ERMITTELUNG  
DER ASSIMILATION IHRES STICKSTOFFS VON  
SEITEN DER HÖHEREN GRÜNEN PFLANZE**

VON

PROF. EMER. **ARWID THOMSON**

MIT 3 TAFELN

---

TARTU (DORPAT) 1931



DER UNIVERSITÄT DORPAT  
ZU IHREM  
DREIHUNDERTJÄHRIGEN JUBILÄUM  
IN DANKBARKEIT UND HOCHACHTUNG  
GEWIDMET  
VOM VERFASSER



## I. Einleitendes.

Bei Vegetationsversuchen macht man die Erfahrung, dass sich die Grenzen zwischen den autotrophen und den heterotrophen Pflanzen nicht scharf ziehen lassen. Die die höhere Pflanze kennzeichnende Autotrophie hat nicht unter allen Bedingungen uneingeschränkt für alle erforderlichen Nährstoffe Bestand. Die autotrophe Pflanze braucht auch nicht immer bei der Beschaffung der Nährstoffe zum üppigeren Gedeihen, verbunden mit höherer Qualität, auf sich allein angewiesen zu sein, sondern es können ihr dabei auch andere Lebewesen, vorzüglich Klebelebewesen, behilflich sein, wie das auch durch J. Stoklasas<sup>1)</sup> Experiment festgestellt ist. Man muss auch zugeben, dass es für die autotrophe Pflanze von Vorteil ist, wenn sie sich teilweise heterotroph zu zeigen vermag, falls sich ihr derartiges geeignetes Material darbietet. So haben des Verf. Versuche<sup>2)</sup> mit verschiedenen Eisenverbindungen gezeigt, dass organische das beste Gedeihen zur Folge hatten. O. Heuser<sup>3)</sup> will auch beobachtet haben, dass auf Moorboden erwachsene Kartoffelsorten mit üppigem Kartoffelkraut erhöhte Lebenskraft und Triebfähigkeit besitzen. Auch sind sie haltbarer und geben in der Miete geringeren Stärkeverlust. Es sind daher Versuche erforderlich, um zu untersuchen, wie die autotrophen Pflanzen sich verhalten, wenn ihnen einzelne Nährstoffe in organischer Form zugeführt werden. Derartige Untersuchungen werden ganz besonders von Bedeutung sein bei den anorganischen Nährstoffen, an denen im Boden leichter Mangel eintreten kann, wobei dann die Pflanze sich nur unvollkommen entwickeln könnte. Das trifft vor allem für den Stickstoff zu. Es ist daher wohl ganz erklärlich, dass man sich verhältnismässig früh derartigen Versuchen zugewandt hat, nämlich um

---

1) J. Stoklasa u. E. G. Doerell, Handbuch d. biophysikalischen u. biochemischen Durchforschung d. Bodens, Berlin 1926, S. 30.

2) Bisher unveröffentlicht.

3) Mitteilungen d. Vereins zur Förderung d. Moorkultur 41 (1923), S. 66; nach Jahresber. f. Agrik.-Chem. 1923, S. 154.

die Mitte des 19. Jahrhunderts. Leider haben mehrere der seit dieser Zeit angestellten Versuche die Frage nicht eindeutig beantworten können, da der Ausschluss der Mikroorganismen dabei nicht ausreichend durchgeführt wurde, was wohl entschuldigbar ist, weil im Anfang der einschlägige Zweig der Bakteriologie noch nicht genügend entwickelt war. In den Fällen, in denen die Versuche exakt, d. h. unter solchen Verhältnissen, dass eine Zersetzung der angewandten organischen Stoffe nicht statthaben konnte, zur Ausführung kamen, wurde der Beweis erbracht, dass gewisse organische Stickstoffverbindungen der höheren grünen Pflanze als Stickstoffquelle dienen können. Einige solche Versuche befriedigen aber insofern nicht, als den Versuchspflanzen nicht eine genügend lange Vegetationsperiode zuteil wurde.

Unter natürlichen Bedingungen wird die höhere chlorophyllführende Pflanze am ehesten die Möglichkeit haben, auf gewissen natürlichen Böden, die durch höheren Gehalt an organischen Substanzen gekennzeichnet sind, organische stickstoffhaltige Substanzen aufzunehmen. Solche Böden sind häufig arm an Mikroorganismen, besonders an Bakterien; diese aber sind wesentlich an der Zersetzung der organischen Substanzen mit Hilfe ihrer Enzyme beteiligt. Zu dieser Kategorie von Böden gehören die sauren Torfböden und Mineralmoore. Bei zu grosser Azidität kann die Mehrzahl der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen sich auf diesen Böden, wenn überhaupt, nicht normal entwickeln. Die Gegenwart von Säure ist auch hauptsächlich der Grund der Abwesenheit oder des Mangels an Bakterien. Von niederen Organismen finden sich hier vor allem Pilze, deren Wachstum die Säuren sehr fördern. Namentlich ist auf die Schimmelpilze, die sich in derartigen Böden mit kleinerer Luftkapazität vermehren, hinzuweisen. Spezielle Studien über das Wirken der Schimmelpilze und anderer Pilze in den genannten Böden und über die dabei auftretenden stickstoffhaltigen Stoffe liegen vor von Selman A. Waksman <sup>1)</sup>. Ein dem Hochmoor gegebener Kalküberschuss lässt ebenfalls keine Vermehrung der Bakterien zu, wie E. Gully <sup>2)</sup> gefunden hat. Auch die Waldböden, die reich an organischen Stoffen und Stickstoff sind, zeigen infolge grosser Azidität und beträchtlicher

1) Repr. fr. Soil Science I (1916), S. 363; nach Jahresber. f. Agrikult.-Chem. 1922, S. 60.

2) Landw. Jahrbuch f. Bayern 6 (1916), S. 1; nach Jahresber. f. Agrikult.-Chem. 1916, S. 66.

Menge unzersetzter organischer Substanz Armut an Mikroben. Die Waldvegetation würde hier dem Oxalis-, Myrtillus- und Calluna-Typus Cajanders<sup>1)</sup> entsprechen. Was von den Waldböden gilt, trifft auch für die sauren Wiesenböden zu. Der Bakteriengehalt der nächsten Umgebung der Pflanze, der Rhizosphäre, wird gewiss auch von der Wasserstoffionenkonzentration des Wurzelsaftes der Pflanzen beeinflusst. Schwankt sie zwischen  $p_H = 2 - 4$ , so weist die Rhizosphäre verhältnismässig wenig Bakterien auf (Stoklasa und Doerell)<sup>2)</sup>. Höhere aktive Azidität schwächt überhaupt stark den gesamten Stoff- und Kraftwechsel der Mikroorganismen im Boden (Stoklasa und Doerell)<sup>3)</sup>. Als Massstab für die Mikrobiodynamik dient die vom Boden produzierte Kohlendioxydmenge.

Was die Natur der stickstoffhaltigen organischen Substanzen in den Böden betrifft, so liegen darüber eine Anzahl von Untersuchungen vor. Zu den ersten gehören die Untersuchungen von Valmari<sup>4)</sup>, der fand, dass im Moorboden und in der Gartenerde der Proteinstickstoff, grösstenteils in Form von Nucleinen, den grössten Teil des Bodenstickstoffs (85—97%) darstellt. Nuclein verfallt dann der Hydrolyse, wobei schliesslich Ammoniak und Aminosäuren entstehen. Von amerikanischen Forschern, unter denen Verf. hier O. Schreiner und J. J. Skinner<sup>5)</sup>, Edmund C. Shorey<sup>6)</sup>, S. L. Jodidi<sup>7)</sup> und Elbert C. Lathrop<sup>8)</sup> erwähnt, sind eine ganze Reihe organischer Bodenbestandteile ausgeschieden worden. Auf Grund seiner Untersuchungen vertritt A. Schmutz<sup>9)</sup> die Ansicht, dass die Mehrzahl der von amerikanischen Forschern gefundenen Stoffe nicht beständig im Boden gegenwärtig ist, sondern eng zusammenhängt mit vorhergegangenen Kulturen. Die Hauptmasse der organischen Bodensubstanz stellt nach Schmutz eine eigenartige, für ver-

1) Ztrbl. f. Agrikult.-Chem. 1927, S. 196.

2) a. a. O. S. 469.

3) a. a. O. S. 203 und 204.

4) Ztrbl. f. Agrikult.-Chem. 1914, S. 217. Bereits Berthelot und André haben nachgewiesen, dass Stickstoff im Boden in eiweissähnlichen Verbindungen von amidartiger Konstitution vorhanden ist (Jahresber. f. Agrikulturchemie 1887, S. 13).

5) U. S. Department of Agriculture, Bulletin No. 87, December 1912, S. 1.

6) U. S. Department of Agriculture, Bulletin No. 88, January 1913, S. 1.

7) Landw. Versuchsstat. 85 (1914), S. 359.

8) Journ. Franklin Inst. 183 (1917), S. 169; Jahresber. f. Agrikult.-Chem. 1920, S. 47.

9) Abhandlung d. Kubanischen Landw. Instituts, Tl. I, Lief. 2, S. 1, Krasnodar 1923; Ztrbl. f. Agrikult.-Chem. 1927, S. 289.

schiedene Böden gehaltlich nicht gleichartige stickstoffhaltige organische Substanz von saurem Charakter dar. Letzteren verleiht ihr die kolloidale Huminsäure, die in überwiegender Menge vorhanden ist, und deren Karboxylgruppen. Der stickstoffhaltige Teil der Huminsäure steht den Eiweissstoffen nahe und gibt ähnliche Produkte hydrolytischer Spaltung. Das Eiweiss der organischen Bodensubstanzen ist nicht ausschliesslich Plasmaeiweiss, wie S. A. Waksman annimmt. 80% der Huminsäure ist Humussäure, die sauren Charakters und kolloidal ist. Ihr Stickstoff ist in gewöhnlichen Eiweissverbindungen enthalten. Huminsäure kann aus verschiedenen komplizierten organischen Substanzen durch Abspaltung von Wasserelementen und Kondensation entstehen. C. A. Morrows und R. A. Gortners<sup>1)</sup> Untersuchungen ergaben das Resultat, dass die Verteilung des organischen Stickstoffes in den verschiedenen Bodenarten eine sehr gleichartige ist.

Was zur Klärung der Frage der Brauchbarkeit organischer stickstoffhaltiger Substanzen resp. Verbindungen zur Versorgung der Phanerogamen mit Stickstoff getan worden ist, findet sich eingehend dargelegt bei Fr. Czapek in seiner „Biochemie der Pflanzen“, Bd. II (1920 erschienen), S. 318. Diese Literatur ist auch von Reed O. Brigham (Soil Science, vol. III, January-June 1917, S. 155) gehörig berücksichtigt. Was Brighams Versuche mit organischem Stickstoff zwecks Erforschung seiner Resorbierbarkeit von Seiten der Kulturpflanze betrifft, so bediente sich B. zur Bereitung des Kulturmediums in der Regel des Agars, der die nötigen Zusätze erhielt. Bei der Ausführung dieser seiner Versuche sorgte B. sorgfältig für Sterilerhaltung der Kulturen, wie sich das aus ihrer eingehenden Beschreibung ergibt. Andere Versuchsreihen wurden mit denselben Nährsubstanzen, aber mit Impfung durch einen Bodenauszug oder durch Reinkulturen mit *Bacillus subtilis* ausgeführt. Als Versuchspflanzen wählte B. Puffmais (*Zea Mays everta*) und Zahnmais (*Zea Mays indentata*), und zwar gut und gleich ausgebildete Körner derselben, von welchen die nach 3—4-tägigem Keimen gleich entwickelten auf die Agaroberfläche übertragen wurden. Auf diese Weise musste die Entwicklung der einzelnen Pflanzenindividuen sehr verschieden voneinander erfolgen. Dazu kam noch, dass die Versuchsreihen zu verschiedenen Jahreszeiten, im Sommer und Winter, angestellt

1) Soil Science, vol. III, January — June 1917, No. 4, S. 297.

wurden, wobei sich dann nicht nur Licht-, sondern auch Temperatureinflüsse geltend machten. Die Resultate der Versuche interessieren uns, da sie mit mehreren organischen stickstoffhaltigen Verbindungen resp. Substanzen bei Zahnmais zur Ausführung kamen und sich letzterer mitunter verschieden von Puffmais verhielt.

Bevor Verfasser sich seinen Versuchen zuwendet, möchte er sich noch der angenehmen Pflicht entledigen, für die Zusendung von Literatur über die von ihm bearbeitete Frage ergebenst zu danken, und zwar dem Herrn Kollegen Professor Dr. U. Suzuki in Tokio für die Zusendung eigener Arbeiten und einer ganzen Reihe von Arbeiten anderer japanischer Forscher, dem Herrn Kollegen Professor Dr. G. B. De Toni in Modena für Zusendung eigener Arbeiten, darunter einer gemeinsam mit Professor Dr. A. Benedicenti veröffentlichten Untersuchung, und dem Herrn Kollegen Professor Dr. N. H. J. Miller an der Rothamstedter Versuchsstation für Zusendung einer gemeinsam mit Professor Dr. H. B. Hutchinson publizierten Arbeit.

Schliesslich fühlt sich der Verfasser der Universität Tartu zu Dank verpflichtet, die den kostspieligen Abdruck dieser Arbeit auf sich genommen hat.

## II. Beschreibung der Versuchsmethode und der Ausführung der Versuche im allgemeinen.

Verfasser wählte zur Anstellung seiner Versuche die Wasserkulturmethode, und zwar aus mehrfachen Gründen.

Durch eigene Erfahrungen hatte sich Vf. davon überzeugt, dass diese Kulturmethode bei Einhaltung gewisser wichtiger Abweichungen von dem gewöhnlichen Verfahren die Bakterienwirkung auszuschliessen gestattet, selbst wenn der Versuch, um sichrere Schlüsse aus ihm zu gewinnen, längere Zeit fortgesetzt wird. Ferner bleibt die Wurzelentwicklung gut beobachtbar. Nicht minder ausschlaggebend für die Bevorzugung der Methode war, dass so die Möglichkeit bestand, für die Versuche nicht Samen, sondern Pflänzchen, die eher als jene in den folgenden Vegetationsstadien eine gleiche oder mindestens ähnliche Entwicklung versprechen, zu wählen. Denn leider besagt die normale Ausbildung der Samen nicht, dass die aus ihnen hervorgehenden Pflänzchen gleichförmig sein und auch sich gleichförmig entwickeln werden, weswegen eine

Auswahl unter ihnen vorgenommen werden muss. Selbst nackte Samen gleichen Gewichtes, nicht einer reinen Linie angehörig, ergeben nicht Pflanzen gleicher Entwicklung, da auch die individuellen Eigenschaften der Samen hierbei in Betracht kommen.

Es empfiehlt sich überhaupt nicht, wenn nicht die Wirkung auf den Keimungsvorgang untersucht werden soll, organische Stoffe direkt auf die Samen wirken zu lassen, da sie letztere leicht schädigen oder sogar abtöten können, während sie den Pflänzchen und Pflanzen nicht in demselben Masse zu schaden brauchen, wie Vf. das mehrmals hat beobachten können. Bei der stattgehabten Schädigung des Keimlings ist dann auch seine Weiterentwicklung in Mitleidenschaft gezogen, was besonders in einer künstlichen Atmosphäre in Erscheinung tritt.

Bei der Wasserkulturmethode, in der modifizierten Form des Verfassers, können die Pflanzen sich in einer natürlichen Atmosphäre entwickeln; nur ist es erforderlich, dann die Stickstoffaufnahme in Vergleich zu stellen nicht zum Gehalt der Samen an Stickstoff, sondern zu demjenigen von Pflanzen, die gleich gezogen worden sind, aber unter Ausschluss einer Stickstoffgabe.

Vf. hatte bei früheren Versuchen<sup>1)</sup> die Erfahrung gemacht, dass eine Nährlösung, die alle, soweit bekannt, notwendigen Bestandteile mit Einschluss der den mineralischen Stickstoff ersetzenden organischen Stickstoffverbindung enthält, nicht in allen Fällen bakterienfrei bleibt, auch wenn sie täglich erneuert wird. Es zeigte sich das bei der Prüfung der Hippursäure oder richtiger des hippursäuren Natriums auf Assimilationsfähigkeit. Unter besagten Bedingungen stellte sich hier bakterielle Tätigkeit ein. Vf. sah sich daher veranlasst dieses Kulturverfahren abzuändern. Die Abänderung bestand darin, dass die organische Substanz gesondert in Lösung gebracht der Pflanze geboten wurde, damit man so die Möglichkeit habe, sie minder lange, als die Nährlösung mit den mineralischen Nährstoffen, der Pflanze zur Aufnahme darzubieten. Die Pflanze verblieb je nach den Insulationsverhältnissen 4—6 Tagesstunden in der organischen Nährlösung: bei guter Insolation wurde sie kürzere Zeit darin belassen, als bei weniger guter. Die angegebene Zeitdauer erwies

---

1) Separat-Abzug aus d. Sitzungsberichten d. Naturforscher-Gesellschaft bei d. Universität Jurjew (Dorpat), Jahrg. 1899, S. 307 ff.: „Die Kulturpflanze und organische Stickstoffverbindungen“.

sich als durchaus geeignet und genügend zur Aufnahme, deren Ausmass durch die Art der Stickstoffverbindung bedingt wurde. Die übrige Zeit verbrachte die Pflanze in der stickstofffreien mineralischen Nährlösung. Beim Hinübersetzen der Pflanzen aus der einen Nährlösung in die andere erfolgte jedesmal eine sorgfältige Spülung der Wurzeln mit sterilem destilliertem Wasser. Beide Nährlösungen wurden täglich erneuert.

Um eine den Anforderungen entsprechende Nährlösung für die Versuchspflanze, Hafer, ausfindig zu machen, kam eine Reihe von Vorversuchen mit Lösungen verschiedener Zusammensetzung zur Ausführung. Neben der in Tharandt üblichen Lösung wurde eine vom Vf. modifizierte Tharandter Lösung und ferner 4 andere Lösungen mit vom Vf. aufgestellter Zusammensetzung geprüft. Ausserdem wurden auch die den Pflanzen gebotenen Stickstoffmengen variiert. Als Resultat dieser Vorversuche sei hier nur erwähnt, dass als der Vegetation förderlichere sich die Nährlösung herausstellte, welche in 1000 ccm 0,296 g KCl, 0,444 g CaCl<sub>2</sub>, 0,135 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> und 0,25 g MgSO<sub>4</sub> + 7 aq. enthielt. Um eine klare mineralische Nährlösung zu erhalten, wurden die genannten Salze in folgender Reihenfolge gelöst: KCl, CaCl<sub>2</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>. Stets wurde die Lösung dieser reinen Salze konzentrierter hergestellt, als für die Nährlösung erforderlich war, und zwar war sie zehnmal so stark. Von letzterer Lösung wurden bei Versuchsbeginn kleinere Mengen, 25 ccm, genommen und dieselben nach und nach bis zu 100 ccm zur Herstellung von 1 Liter Nährlösung gesteigert. Als Lösungs- u. Verdünnungsmittel wurde benutzt steriles zweimal destilliertes Wasser; es war möglichst befreit von Kupfer und Ammoniak, von denen ersteres, wie andere und auch Vf. beobachtet haben, leicht das Pflanzenwachstum schädigen kann<sup>1)</sup>.

Zur Herstellung der stickstoffhaltigen Nährlösung wurden Mengen der verschiedenen zu den Versuchen gewählten organischen Verbindungen abgewogen, in denen das gleiche Stickstoffquantum enthalten war. Als genügende Stickstoffmenge war durch die Vorversuche 0,051 g pro Pflanze festgestellt. Anfäng-

1) Weniger oder fast gar nicht macht sich wohl diese Wirkung bei den Zerealien, stärker aber bei den Leguminosen, Gespinstpflanzen und Wurzelfrüchten geltend. Was die Gespinstpflanzen und Wurzelfrüchte betrifft, so hat Vf. eine derartige Wirkung beim Lein und bei der Zückerrübe konstatieren können. Gleiches Verhalten zeigte auch der Buchweizen.

lich wurde der Pflanze nur ein Fünftel dieser Menge gegeben, welches Verfahren besonders bei Verbindungen, die leicht schädigen, angebracht ist. Auf solche Weise konnte die Schädigung sicherer und genauer festgestellt werden, wenn eine solche selbst bei langsamer Angewöhnung zu konstatieren war. Um die Pflanze nicht an Stickstoff Mangel leiden zu lassen, ward in der Regel im Laufe von ca. 2 Wochen der Stickstoffgehalt dieser Nährlösung bis zur erforderlichen Höhe gebracht. Die der Prüfung unterzogenen organischen Verbindungen gehören den verschiedensten Gruppen der organischen Chemie an. Auch solche von recht komplizierter Zusammensetzung sind darunter. Vertreten sind auch aromatische isomere Verbindungen, die je nach der gegenseitigen Lage der Substituenten als Ortho-(o-), Meta-(m-) und Para-(p-) Verbindungen zu unterscheiden sind. Es ist also bei der Auswahl der organischen Stickstoffverbindungen die Aufmerksamkeit nicht nur auf die im Boden vorgefundenen gerichtet worden.

Diese Substanzen, ebenso wie die übrigen Nährsalze, waren von der Firma E. Merck in Darmstadt bezogen und wurden nur in reiner Form angewandt.

Die für die Pflanze erforderliche Eisenmenge wurde in Form von stets frisch gefälltem phosphorsaurem Eisenoxyd geboten. Nach genügendem Auswaschen des Niederschlages mit destilliertem, zuletzt sterilem, Wasser wurde ein Brei von ähnlicher Konsistenz daraus hergestellt, der in gleicher Menge den Pflanzen gleicher Entwicklung gegeben wurde, und zwar zu 0,5—5,0 ccm.

Die Kulturgefäße fassten im Mittel 1100 ccm und wurden nur mit je einer Pflanze besetzt. Sie waren zylindrisch und kurzhalsig, von weissem Glase, und bekamen zunächst, um das Licht von den Wurzeln abzuhalten, einen sorgfältig aufgetragenen Überzug von schwarzem Lack und alsdann zwecks Verminderung der Absorption von Wärmestrahlen und ihrer besseren Abgabe einen Anstrich mit dickerer weisser Ölfarbe. Die erwähnten Zwecke wurden auf diese Weise gut und leicht erreicht und während der ganzen Vegetationsdauer war keine Algenbildung zu bemerken, trotzdem die Gefäße frei und unverhüllt auf den Tischen standen. Gefäße in der angegebenen Ausstattung wurden zuerst 1900 angewandt und haben sich auch in der Folge bei der Ausführung von Wasserkulturen zur Entscheidung anderer Fragen der Ernährungslehre gut bewährt, nicht allein in der Hand des Verfassers, sondern auch in den Händen seiner Schüler.

Selbstverständlich wurden die Gefässe bei jeder Erneuerung der Lösungen sorgfältig gereinigt und schliesslich mit sterilem Wasser abgespült. Inbetreff der weiteren Beschaffenheit der Kulturgefässe wäre noch anzuführen, dass die Korkplatten gut, mit dem Zusatz von einem Desinfiziens, paraffiniert waren.

Als Versuchspflanze wählte Vf. den Hafer, und zwar Ligowo-Hafer (*Avena sativa* L.)<sup>1)</sup>. Die Körner desselben waren von bester Entwicklung und Sortierung, sowie von guter Keimungsenergie und Keimfähigkeit. Vf. fand es richtig, eine Zerealie zu seinen Versuchen zu wählen, weil auch die früheren Versuche mit diesen landwirtschaftlichen Kulturpflanzen angestellt worden waren, und damit wenigstens in dieser Hinsicht vergleichbare Resultate erhalten werden konnten. In vielen Fällen oder, man könnte fast sagen, in der Mehrzahl der Fälle ist früher allerdings der Mais verwandt worden, doch lässt sich seine Saat hier schwer in guter Qualität beschaffen. Kann auch das Verhalten des Maises zu den organischen Stickstoffverbindungen von dem des Hafers zu den letzteren abweichen, so dürfte dies immerhin bei Zufuhr derselben in angemessener Form keine grosse Bedeutung haben. Beide Zerealien besitzen die gemeinsame Eigenschaft, gegen ein Wachstumsmedium von saurer Reaktion weniger empfindlich zu sein.

Es soll der Hinweis nicht unterlassen werden, dass zu solchen Versuchen auch Pflanzen aus den anderen in der Pflanzenbaulehre unterschiedenen Gruppen herangezogen werden sollten: das übersteigt natürlich die Kräfte und Mittel eines einzelnen Forschers. Wie aus der Literatur zu ersehen ist, schädigen manche organische Stickstoffverbindungen die Zerealien, während sie den Ölfrüchten Nutzen bringen. Auch Hülsenfrüchte zeigen bei der Aufnahme organischer Stickstoffverbindungen ein von den Zerealien verschiedenes Verhalten.

Für die Stickstoffassimilationsversuche suchte Vf. aus den angegebenen Saatproben in möglichst gleichem Grade normal entwickelte Aussenkörner von gleicher Grösse und Schwere aus. Das Sterilisieren derselben wurde in folgender Weise ausgeführt. Sie wurden zunächst mechanisch abgerieben, dann auf 5 Stunden in kaltem destilliertem Wasser eingequellt, darauf auf 10 Minuten in 54° C warmes destilliertes Wasser gebracht, alsdann vorsichtig

1) Proben dieses Hafers wurden freundlichst vom Baltischen Samenbauverbände in Dorpat dem Vf. zur Verfügung gestellt, wofür er demselben seinen Dank ausspricht.

künstlich getrocknet, weiter während 30 Minuten mit 1% Sublimatlösung behandelt und schliesslich in sterilem destilliertem Wasser gewaschen. Das Keimen erfolgte in durch Wattebäusche verschlossenen sterilisierten Eprouvetten auf steriler befeuchteter Watte. Als sich die Würzelchen soweit entwickelt hatten, dass sie mit ihrem unteren Teile in das sterile Wasser eintauchen konnten, welches dem auf einem sterilisierten Becherglase placierten sterilen und paraffinierten Bobbinetsiebe nahe stand, wurden normal und gleichmässig gekeimte Körner auf die eben erwähnten Siebe hinübergelegt. Dabei befanden sich die mit schwarzem sterilisiertem Papier umhüllten Bechergläser mit den Sieben in einem sorgfältig mit Sublimatlösung gereinigten Glaskasten, der auf einer gleich behandelten Unterlage ruhte und in den man Dampf einströmen liess. Alle Hilfsvorrichtungen waren gleichfalls sterilisiert. Das Wechseln der Kulturflüssigkeit erfolgte ebenfalls unter Vorbeugung einer Infektion. Im Glaskasten entwickelten sich die Keimlinge weiter bis zum Erscheinen der ersten grünen Blätter. Als die für die Versuche erforderliche Zahl Pflänzchen mit möglichst gleichmässig entwickelten grünen Teilen und Wurzeln vorhanden war, wurden die Pflänzchen, deren Gesamtlängen, Längen des zweiten Blattes, Dimensionen des Wurzelkörpers, sowie Zahl ähnlich langer Wurzeln möglichst gleich waren, in die Vegetationsgefässe hinübersetzt und dort in der bekannten Weise befestigt.

Obiges Verfahren der Auswahl garantiert nach den Erfahrungen des Verf. häufig auch eine gleichmässiger Entwicklung der Pflanzen in den späteren Lebensphasen. Erheblichere Differenzen im Erntegewicht der für den Einzelversuch gewählten Pflanzen lassen sich wohl damit erklären, dass bei Nichtvorhandensein anderer Ursachen die individuellen Eigenschaften der Pflanzen sich auch in späteren Entwicklungsperioden produktionserhöhend geltend machen können. Namentlich macht man diese Beobachtung, wenn die Entwicklungszeit eine kürzere ist. In den letzten Lebensphasen der Pflanze kann noch ein Ausgleich der Produktionsleistungen statthaben, vorausgesetzt, dass gleichgute Lebensbedingungen herrschen. Unter schlechteren Ernährungsbedingungen aber, wenn z. B. ein Nährstoff schwer absorbier- und assimilierbar ist, können grössere Abweichungen in der Entwicklung der Parallelpflanzen eintreten. In solchem Falle kann es selbst zu vorzeitigem Eingehen der Pflanze kommen. Wendet

man das oben angegebene Auswahlverfahren an, so lässt sich der Einzelversuch mit zwei Pflanzenindividuen durchführen. Der Einstellung einer grösseren Zahl von Pflanzen bei einem Versuch stand auch der hohe Preis mancher organischer Stickstoffverbindungen im Wege.

Vf. hat sich ferner bestrebt, einen anderen Fehler früherer Versuche zu vermeiden, indem er die Vegetationsversuche längere Zeit fortsetzte. Das Wachstum kann eine Zeitlang bei verschiedenen Verbindungen ziemlich gleichmässig vor sich gehen, erst später stellen sich Verschiedenheiten heraus, so dass der wahre Nutzeffekt einer Verbindung erst nach einer längeren Wachstumsdauer sicher festgestellt werden kann. Auch der Verlauf und die Intensität einer Schädigung wird mitunter erst nach ihrem längeren Bestehen richtig abschätzbar. Der physiologische Nutzeffekt einer stickstoffhaltigen Verbindung wurde ermittelt, indem das absolute Gewicht und der Stickstoffgehalt dieser Pflanzen und ihrer Teile mit denen der ohne Stickstoffzufuhr erzeugten Pflanzen verglichen wurden.

Ein Teil der Stickstoffassimilationsversuche konnte zeitig im Sommer des Jahres 1900 begonnen werden, ein anderer Teil musste aber für eine spätere Periode des Sommers zurückgestellt werden, da es dem Vf. nicht möglich war alle Versuche mit einem Male durchzuführen. Ein Teil der Versuche konnte auch erst im folgenden Sommer zur Ausführung kommen. Die später im Sommer begonnenen Versuche wurden fortgesetzt bis zu dem Zeitpunkt, wo die schwächere Intensität und die minder lange Dauer der Belichtung im Herbst dem Wachstum der Pflanzen hinderlich zu werden drohten. Letztere Pflanzen wiesen daher auch bei vollständig günstiger Stickstoffquelle meist noch nicht Rispen auf. Die Pflanzen befanden sich während der ganzen Versuchszeit in einem geräumigen Glashause, das ventiliert werden konnte und vor zu starker Bestrahlung geschützt wurde.

Während der Ausführung der Versuche wurde in der Regel täglich die Entwicklung der Pflanzen verfolgt und das Registrieren der hinzukommenden Blätter des Haupthalmes und der erscheinenden Seitenhalme und Rispen vorgenommen. Auch auf die Entwicklung des Wurzelsystems von seiten derselben wurde geachtet. Die Pflanzen erfuhren bei günstig wirkenden organischen Stickstoffverbindungen starke Bestockung, die mehr der vereinzelt Stand der Pflanzen veranlasste. Die bei den Versuchen des

Jahres 1900 zur Entwicklung gekommenen Halme werden vom Vf. in Sommer- und Herbsthalme geschieden. Zu den ersteren werden diejenigen, die sich bis zum letzten Drittel des Septembers entwickelt haben, gerechnet, und zu den letzteren solche späterer Entwicklung. Diese waren bei der Ernte der Pflanzen, die von den Stickstoffverbindungen nicht geschädigt worden waren, noch vollständig grün und zeichneten sich durch stärkere Streckung ihrer Internodien aus, so dass ihre Längen vielfach die der früher entwickelten Halme übertrafen. Auch die Dimensionen der Blätter und ihrer Teile waren beträchtlichere. Sie täuschten quasi üppigeren Wuchs vor; sie waren natürlich wasserreicher. Es wurde daher auch von der Bestimmung des Frischgewichts der Pflanzen abgesehen und das absolute Gewicht der lufttrockenen und der bei 105° C getrockneten Pflanzen bestimmt, und zwar letzteres zwecks genauerer Ermittlung bei Anwendung trockener Luft.

Durch Bakterien und Pilze veranlasste Erkrankungen der Pflanzen blieben aus, ebenso auch das Befallenwerden durch Blattläuse etc. So konnten die Pflanzen fortwachsen, solange die Vegetationsverhältnisse günstig waren. Die Aberntung erfolgte bei den dem Wachstum förderlichen und nicht Absterben veranlassenden Stickstoffverbindungen im Oktober resp. November. Die übrigen Pflanzen wurden gleich nach ihrem Eingehen geerntet. Bei der so schnell wie möglich ausgeführten Ernte wurden die biologischen Merkmale derselben festgestellt. Zu dem Zweck wurde bestimmt: der Habitus, die Länge und Breite (letztere an der Basis gemessen) des Wurzelkörpers, die Länge des breiteren Teiles des letzteren, die Zahl der Halme jeder Pflanze, die Ordnung, der der Halm angehörte, die Länge eines jeden Halmes, die Zahl seiner Internodien, die Zahl seiner Blätter, die Länge und Breite der Blattspreiten, die Zahl der Rispen jeder Pflanze, ihre Längen, die Zahl ihrer Astquirle, die Zahl der Äste im Quirl und die Zahl und Länge der Ährchen der Rispe.

Vorher voneinander abgetrennte Halme sowie Wurzeln wurden lufttrocken gemacht und alsdann gewogen. Es ist zu bemerken, dass die Rispenhalme einzeln gewogen wurden; auch das Gewicht der zugehörigen Rispe wurde bestimmt. Der Wägung folgte die Vorbereitung des Pflanzenmaterials zur Analyse. Wurzeln und Halme wurden sorgfältig zerkleinert, und zwar letztere mittels der Zerkleinerungsmühle, bis sie das 1 mm-Sieb passierten. Die Wurzeln wurden meist vorsichtig im Mörser zerrieben. (Kleinere

Wurzelmengen wurden zur Vermeidung von Verlusten auch unzerkleinert getrocknet.) Darauf wurde ein sorgfältiges Durcheinandermischen der einzelnen Partien vorgenommen. Nachdem die entsprechenden Teile der zu einem Versuch gehörenden Pflanzen zusammengemischt waren, wurden sie in einem dicht-verschliessbaren Glasgefäss, und zwar die oberirdischen Teile zur Vornahme der Bestimmung des Wasser-, Gesamtstickstoff- und Eiweissstickstoffgehalts, aufgehoben. Bei den Wurzeln beschränkte sich Vf. auf die Bestimmung des Wassergehalts, weil die verfügbare Wurzelmenge meist nicht zur Vornahme der Bestimmung des Gesamtstickstoffgehalts ausreichte. Auf Grund der Bestimmung des Gesamtstickstoffgehalts der oberirdischen Teile der Versuchspflanzen lässt sich sicher darüber urteilen, ob eine bestimmte organische Stickstoffverbindung mehr oder weniger dazu geeignet ist, der Pflanze als Stickstoffquelle zu dienen. Bestätigt und ergänzt wird dieses Urteil durch die Bestimmung des Eiweissstickstoffgehalts der Pflanzenteile. Vf. musste sich freilich in den Fällen, in welchen geringere Mengen oberirdischer Teile der Pflanzen verfügbar waren, mit der Bestimmung des Gesamtstickstoffgehalts begnügen. Der Nähreffekt, der durch die zu den Versuchen hinzugezogenen Stickstoffverbindungen erzielt worden war, entsprach unverkennbar auch dem Plus an Erntegewicht, das im Vergleich zu dem Gewicht der ohne Stickstoffgabe erwachsenen Pflanzen erhalten ward. Die Bestimmung des Gesamtstickstoffgehalts erfolgte nach der Methode von Kjeldahl-Wohltmann. Der Eiweissstickstoff wurde nach dem Verfahren von Barnstein bestimmt. Alle Bestimmungen des Gesamtstickstoff- und Eiweissstickstoffgehalts sind vom Vf. selbst ausgeführt worden. Soweit es möglich war, sind auch Kontrollbestimmungen vorgenommen worden.

Nach der Darstellung der Versuchsmethode und der Ausführung der Versuche im allgemeinen folgen nun die einzelnen Versuche in Serien zusammengefasst, deren jede aus mehreren gleichzeitig unternommenen Versuchen besteht. Da die Versuche in verschiedenen Sommern und in verschiedenen Perioden des Sommers stattfanden, war es auch möglich einige Versuche vorzunehmen, die den Beweis erbrachten, dass der Entwicklungsstand der Pflanzen einen Einfluss hat auf den Gehalt des Stoffes, der in so verschiedenen Verbindungen der Pflanze dargeboten wird. Genauer referiert wird in dieser Arbeit über Versuche, die in den Jahren 1900 und

1901 zur Ausführung kamen. In späteren Jahren sind noch einzelne Versuche betreffend die Verwertung des organischen Stickstoffs vom Vf. ausgeführt worden, mit denen bezweckt wurde teils frühere Resultate nachzuprüfen, teils zu eruieren, ob Stoffe, die sich bei früheren Versuchen des Verfassers als zur Ernährung der Pflanze wenig geeignet oder ungeeignet erwiesen hatten, in geringerer Menge dargereicht, eventuell eine bessere Wirkung zeigen.

### III. In der Vegetationszeit des Jahres 1900 ausgeführte Versuche. (Tafeln I—III.)

Diese Versuche konnten nicht alle zu gleicher Zeit durchgeführt werden. Eine grössere Zahl derselben wurde am 21. VI<sup>1)</sup> begonnen, und zwar mit folgenden organischen Stickstoffverbindungen: Formamid, Acetamid, Glykokoll, Asparaginsäure, Hippursäure, Urethan, Guanidin, Nitroguanidin, Chinolin, Morphin, Chinin, Strychnin.

Die 2. Serie der Versuche desselben Vegetationsjahres, die am 24. VII begann, wurde ausgeführt mit den Verbindungen: Nitromethan, Rhodannatrium, o-Nitrophenol, Pikrinsäure, o-Nitrobenzoesäure, p-Aminobenzoesäure, Pyridin, Albumin, Pepton.

Die 3. Versuchsserie wurde am 15.—18. VIII begonnen, und zwar mit Pikrinsäure und Koniin.

Nach dieser Orientierung über die im bezeichneten Jahre unternommenen Versuche sei nun näher die Ausführung der 1. Versuchsserie dargelegt.

### IV. Erste Versuchsserie. (Tafeln I und II.)

Der Anfangstermin für diese Versuche musste um ein paar Wochen hinausgeschoben werden, da die zuerst verwendete Saatprobe nicht genügend gesunde Pflänzchen erwachsen liess. Solche gewährte erst der dem Vf. vom Baltischen Samenbauverbande in Dorpat zur Verfügung gestellte Ligowohafer der 1899-er Ernte. Von dieser Hafersorte wurden ausgesucht gut entwickelte, gleichgrosse, heile Aussenkörner, deren Gewicht nur zwischen 46 und 47,5 mg schwankte. Dieselben wurden den oben angegebenen Operationen zwecks Sterilisierung unterworfen und als-

1) Die Tagesdaten beziehen sich auf den alten Stil. Die Monate werden mit römischen Ziffern bezeichnet.

dann am 9. VI in der oben geschilderten Weise zum Keimen ausgelegt. Die erhaltenen Keimlinge wurden dann, wie angegeben, weiter behandelt. Als die nötige Zahl der Pflänzchen bis zum 21. VI 2 Laubblätter, von denen das jüngere die Blattspreitenlänge von 6—7 cm aufwies, und 8 Würzelchen von ca. 4 cm Länge entwickelt hatte, wurden sie in die Kulturlösungen hinübergesetzt. Sowohl die stickstofffreie als die stickstoffhaltige Kulturlösung wurden anfänglich verdünnter als später dargeboten. Am 21. VI und ebenso am folgenden Tage wurden je 25 ccm der konzentrierteren stickstofffreien Nährlösung auf 1000 ccm verdünnt. Die stickstoffhaltige Lösung enthielt davon nur eine Menge, die einem Fünftel der nötigen Stickstoffgabe entsprach. Vom 23.—25. VI wurden für die stickstofffreie Kulturlösung 50 ccm der hergestellten Nährlösung verwendet und betrug die Stickstoffgabe zwei Fünftel der nötigen. Am 26. und 27. VI war die Konzentration der stickstofffreien Kulturlösung dieselbe, wie an den vorhergehenden Tagen, und wurde nur die Stickstoffgabe um ein Fünftel erhöht. Vom 28. VI an erfuhr die Konzentration der stickstofffreien Kulturlösung eine Erhöhung, indem 75 ccm auf 1000 ccm verdünnt wurden; der Gehalt der stickstoffhaltigen Lösung blieb derselbe. Vom 5. VII an bekamen die Pflanzen die volle Stickstoffgabe. Vom 6. VII an wurde die stickstofffreie Kulturlösung so hergestellt, dass 100 ccm der Nährlösung auf 1000 ccm verdünnt wurden. Ausser den in Lösung gebrachten Nährstoffen bekamen die Pflanzen stets Eisen als in Wasser feinverteiltes Eisenoxydphosphat in Mengen von 0,5—5,0 ccm, je nach dem Entwicklungszustande, und zwar während des Verweilens in der stickstofffreien Kulturlösung.

Was die bereits genannten organischen Stickstoffverbindungen, die bei dieser Versuchsreihe auf ihre Fähigkeit die Pflanze mit Stickstoff zu versorgen geprüft wurden, betrifft, so wäre hier anzuführen, dass von denselben als Salze folgende verwendet wurden: Asparaginsäure, Hippursäure, Guanidin, Chinolin, Chinin, Morphin und Strychnin. Erstere beide wurden als Natriumsalze geboten, um den gleichzeitigen Einfluss noch eines anderen wichtigeren Nährstoffs auf die Entwicklung der Pflanzen auszuschliessen. Die übrigen fünf genannten organischen Stoffe bekamen die Pflanzen als salzsaure Verbindungen.

Um die Wirkung auch anderer Salze als salzsaurer auf die Pflanze kennen zu lernen, ist in einem der folgenden Sommer

ein Versuch mit schwefelsaurem Chinin zur Ausführung gekommen.

Entsprechend der Zahl der gewählten organischen Stickstoffverbindungen sind in dieser Serie 12 Ernährungsversuche ausgeführt worden. Zu jedem Versuche wurden 2 möglichst gleich entwickelte Exemplare der betreffenden Versuchspflanze genommen. Im ganzen umfasste die Versuchsserie 24 resp. 26 Haferpflanzen, da neben den mit organischem Stickstoff zu ernährenden noch weitere 2 kultiviert wurden, welche letztere keinen Stickstoff erhielten. Beim Vergleich des Entwicklungsganges und der Erntemengen der Stickstoffpflanzen mit demjenigen resp. demjenigen der ohne Stickstoffgabe gebliebenen liess sich dann der Nähreffekt der verschiedenen organischen Stickstoffverbindungen beurteilen. Im allgemeinen war die Entwicklung der Pflanzen durch die Witterung begünstigt, indem die Tage mit wolkenlosem Himmel die anderen überwogen.

Als massgebende Erscheinungen für den Entwicklungsgang der Pflanzen wurden die Daten des Hervortretens neuer Blätter beim Haupttrieb, des Erseheins der Nebentriebe und des Hervorschiessens der Rispen angemerkt. In den späteren Vegetationsstadien, besonders im letzten Drittel der Vegetationsperiode, konnte freilich das Hinzukommen der Triebe nicht beständig verfolgt werden, da bei der grossen Zahl derselben das Zählen zu viel Zeit verlangte und auch nicht ohne Irrtum durchführbar war. Von Zeit zu Zeit wurden die Pflanzen nach ihrem äusseren Aussehen untereinander verglichen und eine Reihenfolge derselben, die mit den bestentwickelten beginnt und mit den schlechtest entwickelten schliesst, aufgestellt. Das Aussehen der Versuchspflanzen in vorgeschrittenerem Entwicklungsstadium, nämlich um den 10. IX, zeigen die beigegebenen Lichtdruckbilder auf den Tafeln I und II. Unter den zur Entwicklung gekommenen Halmen werden, wie erwähnt, Sommer- und Herbsthalme unterschieden. Einzelne der ersteren, jüngere, konnten sich minder gut entwickeln, da die Herbsthalme zur rascheren Entwicklung einen grossen Aufwand an Nährstoffen erforderten.

Um die Mitte Oktober, als die Licht- und Temperaturverhältnisse minder günstig wurden, begann das Abernten der Pflanzen. Dabei wurden die oben erwähnten Zählungen, Messungen und sonstigen Abschätzungen vorgenommen. Die Länge und Breite des Wurzelkörpers wird in cm resp. mm, die Länge der

Halme in cm, die Blattspreitenlänge und -breite und die Rispenlänge in mm angeführt. Die Massbezeichnungen werden bei den Angaben stets fortgelassen. Kennlich sind die Halme (H) gemacht durch Hinzufügung ihrer Längenziffer, oder letztere steht allein da. Es ist das auch insofern nötig, als unter den Sommerhalmen unterschieden werden: 1) solche mit hervorgeschobener Rispe (1. Gruppe), 2) solche mit nur z. T. hinausgeschobener Rispe (2. Gruppe) und 3) solche ohne Rispe (3. Gruppe). Bei den zur 1. Gruppe gehörigen Halmen wird das Einzel-, Gesamt- und mittlere Gewicht derselben, sowie das Einzel- und mittlere Gewicht ihrer Rispen angeführt. Zur genaueren Charakterisierung dieser Rispen (R) ist noch die Zahl ihrer Äste (as) und diejenige ihrer Ährchen (ar) hinzugefügt. Für die Bezeichnung der Länge der Rispe ist der Buchstabe l gewählt. Rt bedeutet die Länge des hervorgeschobenen Teiles unentwickelter Rispen; seine Länge wird in mm angeführt. Die mit minder gut ausgebildeten Rispen versehenen und rispenlosen Halme sind zusammen gewogen worden. Ferner wird das Gewicht sämtlicher Sommer- und Herbsthalme angegeben. Letzteres plus das Gewicht der Wurzeln ergibt das Gewicht der ganzen Pflanze. Berechnet ist auch das Verhältnis des Gewichts der Trockensubstanz der Wurzeln zu demjenigen der Trockensubstanz der oberirdischen Teile der Pflanze (W : H).

Ausser den Angaben über die biologischen Eigenschaften der einzelnen Versuchspflanzen finden sich dann für jeden Ernährungsversuch Mittelwerte angegeben, die auf Grund der Daten für die Einzelpflanzen berechnet sind. Mittelwerte werden für die Halm- und Rispenzahl, für die Trockensubstanzmengen der Rispenhalme, der Rispen, des Durchschnittshalmes, der oberirdischen Teile der Pflanze, der Wurzeln derselben und der ganzen Pflanze sowie für W:H angeführt. Die Angaben des Gesamtstickstoff- und Eiweissstickstoffgehalts beziehen sich auf die Trockensubstanz der Pflanzen.

Vf. wendet sich nun den Einzelversuchen und zwar zunächst dem Formamidversuch zu. Die Formamidpflanze, bezeichnet mit II, findet sich auf Tafel I abgebildet. Die auf den Tafeln an erster Stelle abgebildeten Vergleichspflanzen, die ohne Stickstoffgabe erzogen sind, sollen erst nach der Besprechung der Versuche mit den organischen Stickstoffverbindungen jeder Versuchsreihe Berücksichtigung erfahren.

### 1. Ernährungsversuch mit Formamid.

Formamid ist bekanntlich eine Flüssigkeit. Entsprechend der für jede Pflanze erforderlichen Stickstoffmenge von 0,051 g, war 0,164 g Formamid abzuwägen. Der Versuch begann, wie schon früher bemerkt, mit einem Fünftel dieser Menge. Die Steigerung dieser Gabe wurde, wie angegeben, ausgeführt. Die Weiterentwicklung der für den Versuch gewählten Pflanzen erfolgte unter den einzuhaltenden Versuchsbedingungen in folgender Weise.

Die nächsten Haldblätter traten gleichzeitig bei beiden Pflanzen hervor, und zwar das 3. am 24. VI, das 4. am 28. VI, das 5. am 2. VII und das 6. am 6. VII. Ein 7. Blatt zeigte sich nur bei Pflanze II am 10. VII. Die Bestockung begann bei Pflanze I am 13. VII, bei Pflanze II am 16. VII. Letztere wies an diesem Tage 2 Seitenhalme auf, während Pflanze I den 2. Seitenhalm am 14. VII hatte. Am 30. VII zeigte sich bei beiden Pflanzen ein neuer Halm. Am 5. VIII hatten beide Pflanzen 6 Halme. Am 11. VIII betrug die Zahl der Halme 8, am 16. VIII bei Pflanze I 12 und bei Pflanze II 10. Am 9. IX konnten bei Pflanze I 17 Halme und bei Pflanze II 16 gezählt werden, die also der Unterscheidung des Verfassers gemäss zu den Sommerhalmen zu rechnen wären. Das Erscheinen der 1. Rispe wurde bei Pflanze I am 19. VII und bei Pflanze II am 30. VII beobachtet. Am 3. VIII zeigten sich die 2. und 3. Rispe bei Pflanze I und die 2. Rispe bei Pflanze II. Letztere streckte die 3. Rispe heraus am 11. VIII, die 4. am 15. VIII und die 5. am 18. VIII. Bei Pflanze I erschien die 4. Rispe am 18. VIII und die 5. am 19. VIII. Eine 6. Rispe, die aber nicht ganz hervorgetreten war, fand sich noch bei Pflanze I.

Die Formamidpflanzen zeichneten sich während der ganzen Vegetationsdauer durch besseres Wachstum aus, als die übrigen Versuchs- und Kontrollpflanzen<sup>1)</sup>. Photographiert wurde Pflanze I, und das Bild derselben, mit II bezeichnet, ist auf Tafel I an der 2. Stelle wiedergegeben. Beim Abschluss der Versuche konnte folgender Entwicklungsstand dieser Pflanzen konstatiert werden. Pflanze I hatte 48 Halme gebildet, also ausser den 17 Sommerhalmen noch 31 Herbsthalme, unter welchen letzteren sich freilich eine Anzahl ganz kurzer befand. Von den Sommerhalmen gehörten zur 1. Gruppe: 57,7 (R = 100 l, 3 as, 4 ar), 47,8 (R = 108 l, 6 as), 46,2 (R = 100 l, 5 as, 6 ar), 44 (R = 110 l, 7 as), 40 (R = 75 l, 3 as); zur 2. Gruppe: 32,8 (Rt = 15 l); zur 3. Gruppe: 45,5, 44, 43, 41,7, 40,2, 39,8, 39,6, 33,5, 27, 25,2, 14,3. Die Messungen der Dimensionen der Blattspreiten ausgewachsener Halme ergaben als mittlere Länge 225 und als mittlere Breite 6. Die 31 Herbst-

1) Unter Kontrollpflanzen sind die ohne Stickstoffzufuhr erwachsenden zu verstehen.

halme besaßen folgende Längen: 75,5, 72, 67, 60, 59, 54, 53, 52,5, 50, 39,8, 38, 35, 22,3, 14,9, 14, 12,6, 12,4, 12,1, 12, 11,2, 9,4, 8,8, 8,5, 8,2, 7,7, 6,3, 4,6, 4,3, 3, 2,8, 2. Die mittlere Breite der Blattspreiten dieser Halme betrug 17 und die mittlere Länge 465. Der Wurzelkörper dieser Pflanze hatte die Länge 29,5 und in einer Ausdehnung von 11 cm (gerechnet von seiner Basis) eine Breite von ca. 50. Im Folgenden sei angeführt das Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewicht der rispenträgenden Halme, der Rispen derselben, der übrigen Halme, sämtlicher Halme, der Wurzeln und schliesslich der ganzen Pflanze:

	lufttrocken	trocken	lufttrocken	trocken
Halm	57,7 = 0,2575	rsp. 0,2337 g;	Rispe = 0,0395	rsp. 0,0358 g;
„	47,8 = 0,273	„ 0,2478 „;	„ = 0,025	„ 0,0227 „;
„	46,2 = 0,233	„ 0,2115 „;	„ = 0,028	„ 0,0254 „;
„	44 = 0,2105	„ 0,1911 „;	„ = 0,029	„ 0,0263 „;
Mittel		= 0,221 g;		= 0,0275 g.

Die übrigen Halme = 4,392 rsp. 3,9866 g; sämtliche Halme = 5,366 rsp. 4,8707 g; Wurzeln = 0,712 rsp. 0,6395 g; ganze Pflanze = 6,078 rsp. 5,5102 g; W:H = 1:7,62.

Bei Pflanze II betrug die Zahl der Halme 44, von denen 28, darunter mehrere kurze, zu den Herbsthalmen zu zählen waren. Von den 16 Sommerhalmen gehörten der 1. Gruppe an: 58 (R = 125 l, 7 as), 53,4 (R = 110 l, 6 as), 48,2 (R = 100 l, 5 as, 6 ar); der 2. Gruppe: 50 (Rt = 35 l), 42,5 (Rt = 42 l); der 3. Gruppe: 57,3, 49,2, 49, 47, 44,3, 44, 43, 41,8, 40, 38,3, 21,9. Dieselben Blattspreitendimensionen wie für Pflanze I wurden auch für Pflanze II gefunden. Als Herbsthalme sind anzuführen folgende: 69,7, 68,8, 62,4, 62, 61,3, 61,2, 44, 38, 34,2, 33, 31,5, 31,1, 28, 27,5, 26,5, 22,5, 20,6, 17,8, 17,5, 15,8, 10,7, 7,7, 2, 2, 2, 2, 2. Die mittlere Blattspreitenbreite zeigte keine Verschiedenheit von der der Pflanze I. Die Länge des Wurzelkörpers der Pflanze II betrug 31, bei einer Breite von ca. 55 in einer Ausdehnung von 13 cm. Die Bestimmung des Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichts der Pflanze II und ihrer Teile ergab folgende Resultate:

	lufttrocken	trocken	lufttrocken	trocken
Halm	58 = 0,262	rsp. 0,2378 g;	Rispe = 0,0565	rsp. 0,0513 g;
„	53,4 = 0,26	„ 0,236 „;	„ = 0,0335	„ 0,0304 „;
„	48,2 = 0,207	„ 0,1879 „;	„ = 0,0325	„ 0,0295 „;
Mittel		= 0,2206 g;		= 0,0371 g.

Die übrigen Halme = 5,37 resp. 4,8743 g; sämtliche Halme = 6,099 resp. 5,5360 g; Wurzeln = 0,763 resp. 0,6853 g; ganze Pflanze = 6,862 resp. 6,2213 g; W:H = 1:8,08.

Da der Wachstumsverlauf der beiden Pflanzenindividuen ein ganz ähnlicher war, so zeigen sich auch bei den ermittelten Gewichtsmengen derselben keine starken Abweichungen. Mithin können folgende Mittelzahlen für die Formamidpflanzen aufgestellt werden:

Halmzahl = 46;  
Rispenzahl = 5,5;

Trockensubstanzgewicht der Rispenhalme	= 0,2208 g;
„ „ Rispen	= 0,0316 „;
„ „ Halme	= 5,2033 „;
„ 1 Halmes	= 0,1131 „;
„ der Wurzeln	= 0,6624 „;
„ „ ganzen Pflanze	= 5,8657 „;
	W:H = 1:7,86.

Der Gesamtstickstoffgehalt dieser Pflanzen betrug 3,57% und ihr Eiweissstickstoffgehalt 1,495%.

Vergleicht man die Formamidpflanzen mit den übrigen Versuchspflanzen, die sich in der gleichen Zeit bei Fehlen eines schädigenden Einflusses entwickeln konnten, so zeigt sich, dass sie im allgemeinen durch die beste Entwicklung unter den Pflanzen dieser Versuchsserie hervorragen. Das mittlere Gewicht des Rispenhalmes und der Rispe lässt sich allerdings nicht als Stütze für diese Behauptung heranziehen; aber das erklärt sich durch die grosse Zahl der gebildeten Halme und die dementsprechend schlechtere Entwicklung der Rispen. Durch den Reichtum an Halmen zeichnen sie sich vor den übrigen Versuchspflanzen aus, in welcher Eigenschaft sie, wie hier beiläufig bemerkt sei, nur von den mit Nitrat unter sonst gleichen Bedingungen erzogenen Pflanzen übertroffen wurden. Dementsprechend ist auch das Gesamtgewicht der Halme und der Pflanze ein sehr hohes; es beträgt mehr als das Zehnfache, nahezu das Zwölfwache, der ohne Stickstoffgabe kultivierten Pflanzen. Dazu trägt natürlich auch die starke Ausbildung des Wurzelkörpers der Pflanzen bei; er ist reich verzweigt, was sich in der beträchtlichen Dicke seines oberen Teiles ausspricht. Dadurch wird auch sein Maximalgewicht erklärlich. Auch das Verhältnis der Wurzeln zu den sog. ober-

irdischen Teilen ist das höchste unter den bei dieser Versuchsreihe ermittelten. Die Formamidpflanzen weisen endlich einen höheren Gesamtstickstoff- und Eiweissstickstoffgehalt, als die übrigen Versuchspflanzen, auf. Auch die absoluten Mengen an diesen Stickstoffformen sind daher bei diesen Pflanzen bedeutend. Dieselben können auch als reich an solchen stickstoffhaltigen Produkten, die nicht zu den Eiweisskörpern zu zählen sind, bezeichnet werden, denn ihre Menge beträgt in Prozenten des Gesamtstickstoffs der Pflanzentrockensubstanz 58,12%.

Die erhaltenen Resultate berechtigen zu dem Schlusse, dass der Formamidstickstoff eine so günstige Nährstoffquelle ist, dass die Haferpflanze sich üppig entwickelt. Vielleicht findet das zum Teil seine Erklärung darin, dass Formamid auch die Kohlenstoffassimilation günstig beeinflussen kann, wie das von Th. Sabalitschka<sup>1)</sup> bei Formaldehyd beobachtet worden ist. Jedenfalls steht das Hauptresultat des Versuches des Verfassers in vollstem Gegensatz zu demjenigen von G. Ciamician und C. Ravenna<sup>2)</sup>; diese fanden, dass Formamid giftig wirkt, und zwar am stärksten bei der Bohne. Gleich hier zeigt sich also, dass verschiedene Kulturpflanzenarten sich gegenüber denselben organischen Stickstoffquellen sehr verschieden verhalten können.

## 2. Ernährungsversuch mit Acetamid.

Jede Versuchspflanze hatte zur Befriedigung ihres Stickstoffbedürfnisses von der kristallisierten Verbindung 0,215 g zu erhalten. Bei der Ernährung mit dieser Substanz ist in betreff des Entwicklungsganges der beiden Versuchspflanzen Folgendes zu bemerken.

Das Erscheinen der Blätter erfolgte bei beiden Pflanzen gleichzeitig, und zwar des 3. am 25. VI, des 4. am 28. VI, des 5. am 2. VII und des 6. am 6. VII. Das 7. Blatt der Pflanze II trat am 10. VII hervor. Diese Daten stimmen auch mit den beim Formamid erhaltenen überein. Überhaupt hielt das Wachsen der Acetamidpflanzen mit dem der Formamidpflanzen gleichen Schritt, erst in späterer Zeit stellte sich ein Nachlassen desselben ein, so dass der schliessliche Produktionseffekt von Acetamid ein geringerer als der von Formamid war. Den 2. Halm wies Pflanze I am 14. VII auf, einige Tage später Pflanze II, die am 22. VII ausserdem den 3. Halm hervortrieb. Letzterer zeigte sich auch bei Pflanze I. Der 4. Halm trat bei Pflanze I am 30. VII und bei Pflanze

1) Ztrbl. f. Agrikulturchemie 1923, S. 177.

2) Gazz. chim. ital., Jahrg. 50 (1920), S. 13; nach Jahresber. f. Agrikulturchemie 1921, S. 137.

II am 31. VII hervor. Am 5. VIII fand sich der 5. Halm bei Pflanze I, am 6. VIII bei Pflanze II ein. Am 11. VIII waren beide Pflanzen mit dem 6. Halme versehen. Am 16. VIII wies Pflanze I den 7. Halm und Pflanze II den 7. und 8. Halm auf. Am 22. VIII besass Pflanze I 8 Halme, Pflanze II 9 Halme. Am 9. IX war ihre Zahl bei beiden Pflanzen auf 13 gestiegen. Die 1. Rispe war bei Pflanze I am 18. VII und bei Pflanze II am 30. VII sichtbar. Die 2. Rispe von Pflanze I schoss am 8. VIII hervor, ihre 3. Rispe am 11. VIII und ihre 4. Rispe am 16. VIII. An letzterem Datum schob Pflanze II die 2. und 3. Rispe hervor; die 4. Rispe folgte am 24. VIII. Das Hervorschiessen der 5. und 6. Rispe wurde bei Pflanze I am 1. IX beobachtet.

Photographiert wurde Pflanze II (Pflanze III auf Tafel I). Bei der Aberntung konnten bei jeder Pflanze 30 Halme gezählt werden. Die Halme von Pflanze I liessen sich in folgender Weise gruppieren. Die 1. Gruppe der Sommerhalme bildeten: 53,1 (R=1071, 6 as), 51,7 (R=891, 5 as), 48,2 (R=961), 46,2 (R=1001, 4 as, 5 ar), 41,3 (R=651, 2 as, 3 ar); die 2. Gruppe derselben: 13,3 (Rt=18 l); die 3. Gruppe: 42,3, 41,4, 31,8, 30,1, 29,2, 28,8, 27,7. Die mittlere Länge und Breite der Blattspreite gut entwickelter Sommerhalme betrug 180 resp. 5. Die 17 Herbsthalme hatten folgende Längen: 55,2, 44,2, 43,3, 38,1, 36,1, 28,5, 27,5, 25,5, 25,4, 24,6, 21,6, 14,6, 14,4, 9,6, 6,7, 4,9, 3. Die Blattspreitenbreite war bei der Länge von 336 14. Der Wurzelkörper hatte eine Länge von 29,5 und in seinem oberen Teile auf einer Ausdehnung von ca. 13 cm die Breite von 45. Die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen der Pflanze I und ihrer Teile zeigten sich folgendermassen verteilt:

Halm 53,1	= 0,2585	resp.	0,2346 g;	Rispe = 0,053	resp.	0,0481 g;
„ 51,7	= 0,25	„	0,2269 „;	„ = 0,041	„	0,0372 „;
„ 48,2	= 0,218	„	0,1979 „;	„ = 0,04	„	0,0363 „;
„ 46,2	= 0,1995	„	0,1811 „;	„ = 0,0365	„	0,0331 „;
„ 41,3	= 0,1535	„	0,1393 „;	„ = 0,0315	„	0,0286 „;
Mittel		=	0,1960 g;		=	0,0367 g.

Die übrigen Halme = 1,6385 resp. 1,4873 g; sämtliche Halme = 2,7180 resp. 2,4671 g; Wurzeln = 0,5585 resp. 0,5015 g; ganze Pflanze = 3,2765 resp. 2,9686 g; W:H 1:4,92.

Von den 30 Halmen der Pflanze II hatten sich, wie erwähnt, 13 im Sommer gebildet. Von den letzteren gehörten zur 1. Gruppe: 64,2 (R=1201, 5 as, 6 ar), 61,1 (R=1041, 4 as, 6 ar); zur 2. Gruppe: 50,7 (Rt=70 l), 35,4 (Rt=10 l), 29,7 (Rt=20 l), 28,5 (Rt=15 l); zur 3. Gruppe: 50, 45, 35,7, 34, 32,3, 20,7, 20,4. Die

Dimensionen der Blattspreite stimmten mit denen der Blattspreite der Pflanze I überein. Die von dieser Pflanze gebildeten 17 Herbsthalme besaßen folgende Längen: 65,2, 62,8, 61,8, 50,9, 48,9, 41,7, 17, 13,8, 11,4, 9,2, 7,5, 2,5, 2, 2, 2, 2, 1,5. Die Blattspreitenbreite war dieselbe wie bei Pflanze I. Die Wurzellänge betrug 31, die obere Verbreiterung des Wurzelkörpers 45 (sie erstreckte sich auf 12—13 cm). Die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen sind mit folgenden Ergebnissen bestimmt worden:

Halm 64,2 = 0,338 resp. 0,3068 g; Rispe = 0,0565 resp. 0,0513 g;  
 „ 61,1 = 0,3015 „ 0,2737 „; „ = 0,059 „ 0,0535 „;  
 Mittel = 0,2902 g; = 0,0524 g.

Die übrigen Halme = 3,01 resp. 2,7322 g; sämtliche Halme = 3,6495 resp. 3,3127 g; Wurzeln = 0,669 resp. 0,6009 g; ganze Pflanze = 4,3185 resp. 3,9136 g; W:H = 1:5,51.

Pflanze II hat bei wenig verschiedenem Wachstumsverlauf eine bessere Ausbildung ihrer älteren Halme erfahren, was sich in ihrer beträchtlicheren Länge und ihrem höheren Gewicht dokumentiert. Diese Differenzen bieten aber kein Hindernis die nachfolgenden Mittelwerte zu berechnen:

Halmzahl = 30;  
 Rispenzahl = 6;

Trockensubstanzgewicht der Rispenhalme = 0,2229 g;  
 „ „ Rispen = 0,0412 „;  
 „ „ Halme = 2,8899 „;  
 „ 1 Halmes = 0,0963 „;  
 „ der Wurzeln = 0,5512 „;  
 „ „ ganzen Pflanze = 3,4411 „;  
 W:H = 1:5,21.

Der Gesamtstickstoffgehalt der Acetamidpflanze wurde zu 2,997%, ihr Eiweissstickstoffgehalt zu 1,40% ermittelt. Dem Resultate dieses Versuches gemäss muss Acetamid zu den guten organischen Stickstoffnährstoffen gezählt werden, worauf auch der hohe Eiweissstickstoffgehalt, der demjenigen der Formamidpflanze sehr nahe kommt, hinweist. Ja, selbst einen grösseren Anteil des Gesamtstickstoffs macht bei Ernährung mit Acetamid der Eiweissstickstoff aus, nämlich 46,71%. Doch zeigt sich beim Vergleich der Resultate bei Darreichung von Formamid einer-

seits und Acetamid andererseits deutlich, dass der Ernährungseffekt des letzteren minder beträchtlich ist, was besonders in der geringeren Zahl der gebildeten Halme und in dem niedrigeren Gewicht des Einzelhalmes und demnach der ganzen Pflanze zum Ausdruck kommt. Es war daher auch die Entwicklung der Teile der Acetamidpflanze eine minder gute, wie sich das z. B. beim Vergleich der Dimensionen der Blattspreiten zeigt. Auf das Wurzeltrockengewicht bezogen hat sich mit Acetamid viel weniger Halmmasse als mit Formamid gebildet. Immerhin kann man, wie schon bemerkt, Acetamid zu den Verbindungen mit gut wirkendem organischem Stickstoff rechnen. Ein derartiges Resultat haben besonders H. B. Hutchinson und N. H. I. Miller<sup>1)</sup> (Rothamsted Experiment Station) bei ihren Versuchen mit Erbsen erhalten.

### 3. Ernährungsversuch mit Glykokoll.

Die Menge des einer Pflanze gereichten Glykokolls wurde allmählich auf 0,2732 g gesteigert, was der vollen Stickstoffgabe entspricht. Die Pflanzen zeigten im Anfang keine Unterschiede in der Wachstumsenergie, aber nach einiger Zeit wurden solche bemerkbar.

Am 24. VI zeigte sich das 3. Blatt bei Pflanze II, am 25. VI bei Pflanze I. Das 4. Blatt erschien bei beiden Pflanzen am 28. VI, das 5. am 3. VII und das 6. am 7. VII. Das 7. Blatt der Pflanze I kam am 10. VII hervor. Während die Pflanzen bis zum 3. VII einen minder guten Entwicklungsstand als selbst die Nitroguanidin-, Hippursäure- und Asparaginsäurepflanzen zeigten, trat bis zum 6. VII in dieser Hinsicht eine Änderung ein, da nun nur noch die Asparaginsäurepflanzen eine etwas bessere Entwicklung aufwiesen. Die Bestockung der Glykokollpflanzen ging nicht ganz gleichmässig vor sich. Pflanze II trieb am 14. VII den 2. und 3. Halm, Pflanze I aber trieb dieselben erst am 22. VII. Der 4. Halm zeigte sich bei Pflanze II am 30. VII, bei Pflanze I am 11. VIII. Am 5. VIII wies Pflanze II 6 Halme auf. Am 16. VIII wurden bei Pflanze I 6 Halme und bei Pflanze II 7 Halme gezählt. Am 22. VIII war die Zahl der Halme der Pflanze II auf 11 gestiegen. Am 9. IX betrug die Zahl der Halme der Pflanze II 13 und diejenige der Halme der Pflanze I 8. Die 1. Rispe erschien bei Pflanze II, und zwar am 18. VII. Bei Pflanze I wurde sie am 24. VII beobachtet. Die 2. Rispe war bei Pflanze II am 1. VIII und zugleich mit der 3. bei Pflanze I am 11. VIII sichtbar, an welchem Tage auch Pflanze II die 3. Rispe aufwies. Am 18. VIII kam bei Pflanze II eine 4. Rispe und am 19. VIII eine 5. hinzu.

1) Separatabdruck aus d. Ztrbl. für Bakteriologie etc. Abt. II, Bd. 30 (1911), S. 513 ff., für dessen Zusendung den Vff. freundlicher Dank.

Zum Photographieren wurde Pflanze II gewählt (Pflanze V auf Tafel I). Zur Zeit des Aberntens besass Pflanze I 17 Halme, von denen, wie bemerkt, 8 im Sommer zur Entwicklung gekommen waren. Unter den Sommerhalmen liessen sich unterscheiden als zur 1. Gruppe gehörig: 54,4 (R = 93 l, 5 as, 6 ar), 54 (R = 100 l, 5 as, 6 ar); als zur 2. Gruppe gehörig: 29,2 (Rt = 57 l); als zur 3. Gruppe gehörig: 45, 41,5, 36,5, 30,8, 21,7. Die Breite der Blattspreite mit der Länge 160 betrug 4,5. Die Längen der 9 Herbsthalme waren: 54,7, 40, 38,6, 34,8, 26, 15,8, 8, 7,7, 1,9. Die Länge des Wurzelkörpers erreichte 26 und die Breite seines oberen Teiles 20 bei einer Erstreckung auf 8 cm. Die Bestimmung der Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen von Pflanze I und ihren Teilen ergab folgende Resultate:

Halm 54,4	= 0,3125	rsp.	0,2837	g;	Rispe	= 0,0443	rsp.	0,0402	g;
„ 54	= 0,271	„	0,246	„;	„	= 0,0635	„	0,0576	„;
„ 29,2	= 0,148	„	0,1343	„;	„	= 0,015	„	0,0136	„;
Mittel		=	0,2213	g;			=	0,0371	g.

Die übrigen Halme = 1,102 rsp. 1,000 g; sämtliche Halme = 1,8335 rsp. 1,6640 g; Wurzeln = 0,2425 rsp. 0,2178 g; ganze Pflanze = 2,0760 rsp. 1,8818 g; W:H = 1:7,64.

Pflanze II wies beim Abernten 29 Halme auf, von denen 13 Sommerhalme waren. Von letzteren waren zu rechnen zur 1. Gruppe: 60,7 (R = 97 l, 3 as, 4 ar), 54,3 (R = 95 l, 3 as), 50,4 (R = 97 l, 4 as, 5 ar), 43,2 (R = 98 l, 5 as, 6 ar), 41,7 (R = 97 l, 6 as, 7 ar); zur 3. Gruppe: 39,5, 38,7, 32,8, 32,6, 30,5, 28,2, 25,8, 23,2. Die Blattspreitenbreite und -länge der Halme differierten nicht von denen der Pflanze I. Die Längen der 16 Herbsthalme waren folgende: 48,5, 46,8, 45, 44,7, 43,2, 32,9, 32,6, 32, 29,6, 21,2, 17,4, 16,2, 14,8, 14,3, 11,5, 9,3. Die Länge des Wurzelkörpers betrug 27 und seine obere Breite bei einer Erstreckung auf 12 cm ca. 30. Die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen dieser Pflanze wurden folgendermassen verteilt gefunden:

Halm 60,7	= 0,259	rsp.	0,2351	g;	Rispe	= 0,046	rsp.	0,0417	g;
„ 54,3	= 0,199	„	0,1806	„;	„	= 0,032	„	0,029	„;
„ 50,4	= 0,1625	„	0,1475	„;	„	= 0,028	„	0,0254	„;
„ 43,2	= 0,149	„	0,1352	„;	„	= 0,027	„	0,0245	„;
„ 41,7	= 0,1865	„	0,1693	„;	„	= 0,027	„	0,0245	„;
Mittel		=	0,1735	g;			=	0,029	g.

Die übrigen Halme = 2,03 resp. 1,8426 g; sämtliche Halme = 2,986 resp. 2,7103 g; Wurzeln = 0,3895 resp. 0,3498 g; ganze Pflanze = 3,3755 resp. 3,0601 g; W:H = 1:7,75.

Wie obigen Daten zu entnehmen, haben sich die beiden Glykokollpflanzen in ihrer Wachstumsenergie verschieden verhalten. Pflanze II hat sich beim Wachsen durch grössere Energie hervorgetan, was sich bereits gegen Ende des Sommers dadurch verriet, dass eine grössere Zahl besser entwickelter Halme vorhanden war. Dieses intensivere Wachstum von Pflanze II hielt dann auch bis zum Ende der Vegetationsperiode an, so dass sie sich überhaupt durch das Überwiegen der Halmzahl auszeichnete; dies tat sich denn auch durch ein höheres Erntegewicht von Lufttrocken- und Trockensubstanz kund. In diesem Falle, wo die eine der Pflanzen bei jeglichem Fehlen äusserer schädigender Einflüsse ein nicht gleichgutes Wachstumsvermögen zeigt, handelt man wohl am richtigsten, das Mittel aus den für beide Pflanzen gefundenen Zahlen zu nehmen, um den am besten entsprechenden Wert für die tatsächliche Wirkung des Glykokolls als Stickstoffnährstoff zu finden. Demnach erhält man folgende Mittelwerte:

Halmzahl = 23;

Rispenzahl = 4;

Trockensubstanzgewicht der Rispenhalme	= 0,1915 g;
„ „ Rispen	= 0,0321 „;
„ „ Halme	= 2,1871 „;
„ 1 Halmes	= 0,0951 „;
„ der Wurzeln	= 0,2838 „;
„ „ ganzen Pflanze	= 2,4709 „;
	W:H = 1:7,69.

Der Gesamtstickstoffgehalt der Glykokollpflanzen betrug im Mittel 2,74%, der Eiweissstickstoffgehalt derselben 1,3%. Beide Gehalte, besonders derjenige des Gesamtstickstoffs, sind also niedriger als bei den Acetamidpflanzen. In Prozenten des Gesamtstickstoffs findet sich aber bei den Glykokollpflanzen mehr Eiweissstickstoff vor, nämlich 47,45%. Freilich ist die Differenz zwischen diesen Prozentanteilen des Eiweissstickstoffs der einen und der anderen Pflanze nicht gross. Sowohl die Trockensubstanzmenge der Wurzeln als auch das Bild der Wurzeln zeigen, dass das Glykokoll das Wurzelwachstum beeinträchtigt hat. Das Verhältnis der

Wurzeln zu den Halmen tut aber dar, dass, verglichen mit den Acetamidpflanzen, die Glykokollpflanzen an Halmmasse mehr gebildet haben. Das absolute Gewicht des mittleren Halmes letzterer Pflanzen ist fast dasselbe, wie dasjenige des mittleren Halmes der Acetamidpflanzen. Das Gesamtgewichtsmittel der Halme bleibt aber wegen der geringeren Halmzahl hinter dem der zuletzt genannten Pflanzen zurück. Die Reduktion der Halmzahl hat zum Teil das schwächere Bestockungsvermögen der Pflanze I herbeigeführt. Die Entwicklungsleistung der einzelnen Halme dieser Pflanze ist aber kaum geringer gewesen, wie sich das besonders bei Berücksichtigung der Rispenhalme erweist.

Die Resultate, die mit Glykokoll erhalten wurden, lassen keinen Zweifel daran aufkommen, dass es zu den guten organischen Stickstoffnährstoffen für die höhere grüne Pflanze gehört, berechtigen aber auch zu dem Schlusse, dass das Glykokoll nicht so gut, wie das Acetamid, die Entwicklung der Pflanzen gefördert hat, welche Behauptung auch dann keine Änderung erfährt, wenn man — wozu man nicht berechtigt ist — von der schwächer bestockten Pflanze absehen will. In der einschlägigen Literatur finden sich sonst günstige Urteile über die Glykokollwirkung bei der höheren Pflanze, und nur O. Schreiner und H. S. Reed <sup>1)</sup> bemerken, dass Glykokoll bei höheren Konzentrationen den Weizen schädigte.

#### 4. Ernährungsversuch mit Asparaginsäure.

Die Asparaginsäure erhielten die Pflanzen, wie erwähnt, in Form des Natriumsalzes. Die nötige Gewichtsmenge dieses Salzes beträgt 0,6302 g. In betreff der Entwicklungsweise der Pflanzen sei gleich bemerkt, dass sie eine miteinander sehr übereinstimmende war, was auch durch die bei der Ernte erhaltenen Resultate bestätigt wird.

Das 3. Blatt kam bei beiden Pflanzen am 25. VI, das 4. am 28. VI, das 5. am 3. VII und das 6. am 7. VII hervor. Am 3. VII waren die Pflanzen fast ebenso gut wie die Hippursäurepflanzen entwickelt, deren Entwicklungsstand nur wenig von demjenigen der Acetamidpflanzen abwich. Am 6. VII zeigten aber die Asparaginsäurepflanzen einen besseren Stand als die Hippursäure- und auch die Glykokollpflanzen. Nach einiger Zeit wurden sie jedoch von letzteren im Wachstum überholt. Am 14. VII wies Pflanze II 2 Seitenhalme, am 16. VII Pflanze I 1 Seitenhalm auf. Letztere Pflanze entwickelte den 3. Halm am 30. VII. Am 5. VIII war die Halmzahl der Pflanze I auf 5, diejenige der Pflanze II auf 6 gestiegen. Am

1) Bot. Gaz., vol. 45 (1908), S. 73; nach Reed O. Brigham, Soil Science, vol. III (1917), S. 155.

22. VIII besass Pflanze I 8 Halme, Pflanze II 9. Bis zum 30. VIII war je 1 neuer Halm hinzugekommen. Am 9. IX fanden sich sowohl bei Pflanze I als bei Pflanze II 12 Halme vor. Die 1. Rispe schoss bei Pflanze I am 17. VII, bei Pflanze II am 22. VII hervor. Am 5. VIII erschienen die 2. und 3. Rispe der Pflanze I und die 2. der Pflanze II. Die 3. Rispe der letzteren kam am 16. VIII hervor. Am 18. VIII wies Pflanze I die 4. Rispe auf, der am 20. VIII die 5. folgte. Zugleich wurde auch die 4. Rispe der Pflanze II sichtbar.

Photographiert wurde Pflanze I (Pflanze VI auf Tafel I). Beim Abschluss der Versuche besass diese Pflanze 27 Halme. Von ihren 12 Sommerhalmen waren einzureihen in die 1. Gruppe: 58,1 (R = 95 l, 5 as, 6 ar), 50,2 (R = 98 l, 7 as), 43,1 (R = 80 l, 5 as, 7 ar), 42,7 (R = 95 l, 5 as, 6 ar), 36 (R = 80 l, 5 as, 7 ar), und in die 3. Gruppe: 35,2, 28,8, 28, 27, 25,5, 18,3, 9,3. Die Breite der Blattspreite von der Länge 133 war 4,5. Die 15 Herbsthalme hatten folgende Längen: 45, 41,2, 38,5, 33,8, 30,8, 18,2, 15,3, 12,8, 11,4, 7,5, 4,2, 3,8, 3,7, 2,8, 2,7. Der Wurzelkörper wies eine Länge von 21 und eine obere Breite von 23, die sich auf 8 cm erstreckte, auf. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen von Pflanze I und ihren Teilen wurden ermittelt;

Halm 58,1	= 0,253	rsp. 0,2296	g;	Rispe = 0,0525	rsp. 0,0476	g;
„ 50,2	= 0,223	„ 0,2024	„;	„ = 0,041	„ 0,0372	„;
„ 43,1	= 0,13	„ 0,118	„;	„ = 0,0275	„ 0,025	„;
„ 42,7	= 0,16	„ 0,1452	„;	„ = 0,032	„ 0,029	„;
„ 36	= 0,11	„ 0,0998	„;	„ = 0,0215	„ 0,0195	„;
Mittel		= 0,159	g;		= 0,0317	g.

Die übrigen Halme = 0,994 rsp. 0,9022 g; sämtliche Halme = 1,87 rsp. 1,6972 g; Wurzeln = 0,3 rsp. 0,2695 g; ganze Pflanze = 2,17 rsp. 1,9667 g; W : H = 1 : 6,3.

Pflanze II hatte im ganzen 28 Halme zur Entwicklung gebracht, von denen 12 auf den Sommer kamen. Von letzteren gehörten zur 1. Gruppe: 51,3 (R = 78 l, 3 as, 4 ar), 39,8 (R = 78 l, 4 as, 5 ar), zur 2. Gruppe: 26,5 (Rt = 10 l), 25,7 (Rt = 27 l) und zur 3. Gruppe: 36, 33,6, 33, 32,2, 31,7, 31,5, 31,4, 13,7. Die Blattspreitendimensionen dieser Pflanze waren die gleichen, wie diejenigen der Pflanze I. Die Messung der 16 Herbsthalme ergab folgende Längen: 59,8, 47, 46,4, 32,5, 29,8, 24,2, 20,9, 20,3, 15,8, 13,3, 13,2, 12,2, 5,2, 4,8, 3,1, 2,5. Der Wurzelkörper hatte eine Länge von 26,2 und eine Breite von 30 in einer Ausdehnung von 8,5 cm. Die Resultate der Bestimmung der Lufttrockensubstanz- und

Trockensubstanzgewichte der Pflanze II und ihrer Teile waren folgende:

Halm	51,3 = 0,177	rsp.	0,1607 g;	Rispe	= 0,028	rsp.	0,0254 g;
"	39,8 = 0,14	"	0,1271 "	"	= 0,025	"	0,0227 "
Mittel			= 0,1439 g;				= 0,024 g.

Die übrigen Halme = 1,703 rsp. 1,5458 g; sämtliche Halme = 2,020 rsp. 1,8336 g; Wurzeln = 0,467 rsp. 0,4195 g; ganze Pflanze = 2,487 rsp. 2,2531 g; W:H = 1:4,37.

Obige Angaben ergeben folgende Mittelwerte:

Halmzahl	= 27,5;
Rispenzahl	= 4,5;

Trockensubstanzgewicht der Rispenhalme	= 0,1547 g;	
"	" Rispen	= 0,0295 "
"	" Halme	= 1,7654 "
"	1 Halmes	= 0,0642 "
"	der Wurzeln	= 0,3445 "
"	" ganzen Pflanze	= 2,1099 "
	W:H	= 1:5,33.

Der Gesamtstickstoffgehalt der Asparaginsäurepflanzen war höher als derjenige der Glykokollpflanzen, nämlich 3,05%. Der Eiweissstickstoffgehalt der Pflanzen differierte sehr wenig, freilich ebenfalls in positivem Sinne, von demjenigen der letzteren und betrug 1,34%. Im Verhältnis zum Gesamtstickstoffgehalt fand sich also mehr Eiweissstickstoff in den Glykokoll-, als in den Asparaginsäurepflanzen vor, in welcher letzteren davon 44,0% enthalten war. Bei näherer Betrachtung der oben angeführten Resultate und bei ihrem Vergleich mit den für die früher besprochenen organischen stickstoffhaltigen Substanzen erhaltenen ergibt sich, dass auch die Asparaginsäure keine besonders gute Stickstoffquelle für die höhere Pflanze vorstellt und eventuell in dieser Beziehung noch niedriger als das Glykokoll eingeschätzt werden kann, wenn man es für richtig findet, hierbei das geringe Gewicht der rispentragenden Halme und der Halme überhaupt zu berücksichtigen. Obgleich die Halmzahl bei den Asparaginsäurepflanzen nur wenig kleiner als bei den Acetamidpflanzen ist, ist die Ausbildung der Mehrzahl der Halme der ersteren hinter derjenigen der Halme letzterer Pflanzen beträchtlich zurückgeblieben. Das eben Hervorgehobene wird durch das Bild der Pflanze gut veranschaulicht. Das Gesagte gilt auch vom

Wurzelwachstum, wenn man letzteres mit dem bei Acet- und Formamid konstatierten in Vergleich stellt. Zu einem anderen Schlusse aber kommt man, wenn die Wurzelbildung der Asparaginsäurepflanzen zu derjenigen der Glykokollpflanzen in Parallele gestellt wird. Es zeigt sich dann deutlich die bessere Ausbildung der Wurzeln der ersteren Pflanzen. Trotz dieser günstigen Bedingung für die Gesamtentwicklung des Organismus haben aber diese Pflanzen doch nicht in demselben Grade, wie die Glykokollpflanzen, ihre oberirdischen Teile entwickeln können. Dasselbe wird auch klar bei einem Vergleich des in den betreffenden Fällen gefundenen Verhältnisses zwischen den Wurzelmassen und den Massen der oberirdischen Teile. Das Bild der Pflanze zeigt ebenfalls eine stärkere Entwicklung der Basis des Wurzelkörpers.

Auch andere Experimentatoren haben mit Asparaginsäure positive Ernährungserfolge erhalten.

#### 5. Ernährungsversuch mit Hippursäure.

Die Hippursäure wurde ebenfalls als Natriumsalz den Pflanzen dargeboten. Von diesem Salz hatte das einzelne Pflanzenindividuum als Maximalmenge 0,7977 g zu erhalten. Der Hippursäureversuch ist vom Vf. zum zweitenmal ausgeführt worden, da der erste (veröffentlicht in der Arbeit des Vf.'s: „Die Kulturpflanze und organische Stickstoffverbindungen“<sup>1)</sup>) nicht einwandfrei durchgeführt werden konnte, wie das in der zitierten Arbeit vom Vf. näher vermerkt ist.

Die Entwicklung der Pflanzen ging im grossen und ganzen recht gleichmässig vonstatten.

Das 3. Blatt wurde bei beiden Pflanzen am 25. VI, das 4. am 28. VI, das 5. am 3. VII und das 6. am 7. VII sichtbar. Am 3. VII zeigten sich die Pflanzen so entwickelt, dass sie in dieser Hinsicht gleich auf die Formamid- und Acetamidpflanzen folgten. Aber bereits zum 6. VII waren die Glykokoll- und Asparaginsäurepflanzen ihnen im Wachstum mehr oder minder vorausgeeilt, von denen jedoch die ersteren ihnen noch einmal zeitweilig ihren Platz abtreten mussten. Am 22. VII waren bei beiden Pflanzen 4 Halme vorhanden, zu denen am 30. VII bei jeder der 5. hinzukam. Am 16. VIII fanden sich 6 Halme vor. Am 20. VIII besass Pflanze I 9 Halme und Pflanze II 10. Bis zum Schluss des Sommers hatte Pflanze I es auf 11 Halme und Pflanze II auf 12 gebracht. Die 1. Rispe erschien bei Pflanze I, und zwar am 11. VIII. Am 13. VIII. bekam Pflanze II eine Rispe. Eine 2. Rispe wurde nur zum Teil von Pflanze I hervorgeschoben.

Photographisch aufgenommen wurde Pflanze I (Pflanze IV

1) Separatabzug aus den Sitzungsberichten d. Naturforscher-Gesellschaft bei der Universität Jurjew (Dorpat), Jhrg. 1899, 16 Seiten.

auf Taf. I). Zum Zeitpunkt der Erntevornahme wies Pflanze I 20 Halme auf. Von den 11 Sommerhalmen gehörte der 1. Gruppe an: 38,8 (R = 95 l, 4 as), der 2. Gruppe: 27 (Rt = 30 l) und der 3. Gruppe: 41, 36,5, 29,2, 16,2, 11,5, 6,5, 5,7, 5,5, 4,5. Die Blattspreitenlänge und -breite wurde zu 80 resp. 4 gefunden. Die 9 Herbsthalme besaßen folgende Längen: 54, 48, 36,3, 31,2, 6,5, 6, 2, 2, 2. Die Länge des Wurzelkörpers betrug 39, seine Breite, die sich auf 20 cm erstreckte, ca. 45. Die Mengen an Lufttrocken- und Trockensubstanz von Pflanze I und ihren Teilen waren folgende:

Halm 38,8 = 0,2955 resp. 0,2682 g; Rispe = 0,055 resp. 0,0499 g. Die übrigen Halme = 1,031 resp. 0,9358 g; sämtliche Halme = 1,3265 resp. 1,2040 g; Wurzeln = 0,35 resp. 0,3144 g; ganze Pflanze = 1,6765 resp. 1,5184 g; W : H = 1 : 3,83.

Die Anzahl der Halme von Pflanze II betrug am Ende des Versuchs 24, von denen die Hälfte sich während des Sommers gebildet hatten. Zur 1. Gruppe gehörte: 39,1 (R = 105 l, 4 as und 5 ar), zu der 3. Gruppe: 45, 42, 40, 38,5, 38, 35, 32,5, 29, 15,2, 11,8, 7. Die Blattspreitenbreite stimmte mit derjenigen der Pflanze I überein. Als Längen der Herbsthalme wurden gefunden: 54, 47, 44,5, 43, 40, 40, 39,6, 29,5, 25,6, 21,8, 4,2, 4. Die Messungsergebnisse des Wurzelkörpers waren: seine Länge 49 und seine obere Breite 40 in einer Ausdehnung von 20 cm. Folgende Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz der Pflanze II und ihrer Teile wurden bei der Bestimmung erhalten:

Halm 39,1 = 0,207 resp. 0,1879 g; Rispe = 0,04 resp. 0,0363 g. Die übrigen Halme = 1,586 resp. 1,5304 g; sämtliche Halme = 1,893 resp. 1,7183 g; Wurzeln = 0,41 resp. 0,3683 g; ganze Pflanze = 2,303 resp. 2,0866 g; W : H = 1 : 4,67.

Für die Hippursäurepflanzen kommen folgende Mittelwerte in Betracht:

	Halmzahl = 22 ;	
	Rispenzahl = 1,5 ;	
Trockensubstanzgewicht der Rispenhalme	= 0,22805 g ;	
„ „ Rispen	= 0,0431 „ ;	
„ „ Halme	= 1,4611 „ ;	
„ 1 Halmes	= 0,0664 „ ;	
„ der Wurzeln	= 0,34135 „ ;	
„ „ ganzen Pflanze	= 1,8025 „ ;	
	W : H = 1 : 4,25.	

Dass bei der Anwendung von Hippursäure die Rispenhalme und ihre Rispen ein höheres absolutes Gewicht als bei derjenigen von Asparaginsäure und Glykokoll besaßen, ist wohl dadurch erklärlich, dass jede der Hippursäurepflanzen nur einen einzigen derartigen Halm aufwies. Das Auftreten nur einer ausgebildeten Rispe spricht jedenfalls für einen mangelhafteren Entwicklungszustand des pflanzlichen Organismus. Diese Annahme wird auch durch die folgenden Tatsachen gestützt. 1) Trotz der geringeren Halmzahl erweist sich das Gewicht des mittleren Halmes und der Wurzeln als keineswegs erhöht. 2) Das mittlere Gewicht der ganzen Hippursäurepflanze ist zudem geringer als dasjenige der Asparaginsäurepflanze. Das Wachstum der Wurzeln ist bei jener Pflanze gleichsam besser vor sich gegangen und von ähnlicher Grösse, wie bei der Asparaginsäurepflanze. Die stärkere Wurzelbildung dokumentiert sich auch dadurch, dass auf die Wurzeleinheit weniger Halmmasse kommt. Dieser Befund kann auch als Beweis dafür dienen, dass während des Versuchs keine Zersetzung der dargebotenen Hippursäuremenge durch äussere Einflüsse erfolgt ist. Wie der Vf. in seiner zitierten Arbeit betont, beeinflussten die bei der Zersetzung der Hippursäure in der Lösung erscheinenden Produkte gerade das Wurzelwachstum so ungünstig.

Der Gesamtstickstoffgehalt der Pflanzen wurde zu 2,56%, der Eiweissstickstoffgehalt derselben zu 1,42% gefunden. Der erstere ist also niedriger, als bisher beobachtet, und kommt dem beim Glykokoll erhaltenen am nächsten. Der Eiweissstickstoffgehalt aber ist hoch und ergibt in Prozenten des Gesamtstickstoffgehalts ausgedrückt die höchste bisher gefundene Grösse, nämlich 55,47%. Mithin darf man wohl behaupten, dass die Hippursäure minder gut absorbiert, aber gut assimiliert wird. Eine grössere Anhäufung derselben in der Pflanze findet nicht statt. Die schlechtere Absorption der Hippursäure ist auch von anderen Experimentatoren beobachtet worden. Die für die Hippursäure erhaltenen Ernährungsergebnisse lassen schliessen, dass ihr Nähreffekt ein weniger guter als derjenige der Asparaginsäure und des Glykokolls ist.

## 6. Ernährungsversuch mit Urethan.

Zur Gewährung der ganzen für eine Pflanze erforderlichen Stickstoffmenge waren von dieser Substanz 0,3242 g abzuwägen.

Die Entwicklung der beiden für den Versuch gewählten Pflanzen erfolgte in ziemlich analoger Weise.

Das 3. Blatt trat am 25. VI, das 4. am 28. VI, das 5. am 3. VII und das 6. am 6. VII bei Pflanze I resp. am 7. VII bei Pflanze II hervor. In der Folge bekam Pflanze I noch ein 7. Blatt, und zwar um den 12. VII. Am 3. VII wiesen die Pflanzen einen schlechteren Habitus auf als die Nitroguanidin- und Glykokollpflanzen. Die Wachstumsintensität der ersteren verminderte sich aber sehr bald, so dass am 6. VII die Urethanpflanzen in der Entwicklung ihnen voraus waren. Der 2. Halm zeigte sich bei Pflanze II am 13. VII, der 3. folgte am 16. VII und der 4. am 3. VIII. Pflanze I wies den 2. Halm am 19. VII und den 3. am 5. VIII auf. Am 11. VIII hatten beide Pflanzen 5 Halme. Bis Ende des Sommers wurde die Zahl der Halme bei Pflanze I nur um 1, bei Pflanze II aber um 3 vermehrt. Das Hervorschieben der ersten Rispen erfolgte bei beiden Pflanzen am 22. VII. Die 2. Rispe erschien bei Pflanze II am 5. VIII und bei Pflanze I am 9. VIII. Pflanze II liess auch noch eine 3. Rispe hervortreten, und zwar am 28. VIII.

Photographiert wurde Pflanze II (Pflanze II auf Tafel II). Bei der geernteten Pflanze I wurden 15 Halme gefunden. Von ihren 6 Sommerhalmen gehörte zur 1. Gruppe: 44,1 (R = 86 l, 5 as, 6 ar), zur 2.: 32,3 (Rt = 57 l) und zur 3.: 38,1, 32,5, 11, 9,8. Die Breite der Blattspreite von der Länge 111 betrug 3. Die 9 Herbsthalme wiesen folgende Längen auf: 50,3, 47,7, 44, 15,8, 14, 12,4, 10,6, 10,3, 1,8. Der Wurzelkörper der Pflanze besass die Länge 57 und die Breite 15 auf einem grösseren Teile seiner Länge (ca. 40 cm). Was die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte betrifft, so wurden bei dieser Pflanze folgende gefunden:

Halm	44,1 = 0,202	resp.	0,1834 g;	Rispe = 0,02	resp.	0,0181 g;
„	32,3 = 0,154	„	0,1398 „;	„	= 0,016	„ 0,0145 „;
Mittel		=	0,1616 g;		=	0,0163 g.

Die übrigen Halme = 0,843 resp. 0,7652 g; sämtliche Halme = 1,199 resp. 1,0884 g; Wurzeln = 0,417 resp. 0,3745 g; ganze Pflanze = 1,616 resp. 1,4629 g; W:H = 1:2,91.

Pflanze II hatte 14 Halme, von denen 8 Sommerhalme waren, und zwar der 1. Gruppe zugehörig: 44,6 (R = 87 l, 5 as, 6 ar), 38,2 (R = 71 l, 3 as, 4 ar), der 2. zugehörig: 33,2 (Rt = 5 l) und der 3. zugehörig: 34,9, 33,4, 32,6, 32,3, 26,6. Das Messen der Dimensionen der Blattspreite ergab 93 als Länge und 3 als Breite. Die 6 Herbsthalme waren durch folgende Längen gekennzeichnet: 48,7, 39,2, 39, 28,6, 2,7, 2,4. Die Wurzelkörperlänge betrug 70

und die Breite in einer Ausdehnung von 20 cm ca. 15. Der Wurzelkörper zeigte sich demnach allmählich verschmälert. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen wurden für Pflanze II und ihre Teile festgestellt:

Halm	44,6 = 0,167	rsp.	0,1516 g;	Rispe	= 0,029	rsp.	0,0263 g;
"	38,2 = 0,1125	"	0,1021 "	"	= 0,015	"	0,0136 "
Mittel		=	0,1268 g;		=	0,0199 g.	

Die übrigen Halme = 0,9135 rsp. 0,8292 g; sämtliche Halme = 1,1930 rsp. 1,0829 g; Wurzeln = 0,313 rsp. 0,2811 g; ganze Pflanze = 1,5060 rsp. 1,3640 g; W : H = 1 : 3,85.

Obige Angaben berücksichtigend, erhält man nachstehende Mittelwerte:

	Halmzahl	=	14,5;
	Rispenzahl	=	2,5;
Trockensubstanzgewicht der	Rispenhalme	=	0,1442 g;
"	" Rispen	=	0,0181 "
"	" Halme	=	1,0856 "
"	1 Halmes	=	0,0749 "
"	der Wurzeln	=	0,3278 "
"	" ganzen Pflanze	=	1,4134 "
	W : H	=	1 : 3,38.

Der Gesamtstickstoffgehalt der Urethanpflanzen wurde auf 1,99 %, der Eiweissstickstoffgehalt derselben auf 1,31 % bestimmt. Der Gesamtstickstoffgehalt ist also wesentlich niedriger als bei den bisher geprüften organischen Stickstoffverbindungen. Der Eiweissstickstoffgehalt aber hat sich wenig geändert und steht demjenigen der Asparaginsäure- und Glykokollpflanzen am nächsten. Durch diese Gehaltsverhältnisse wird veranlasst, dass der Eiweissstickstoff, in Prozenten des Gesamtstickstoffs ausgedrückt, 65,83 % ausmacht. Entsprechend dem niedrigen Gesamtstickstoffgehalt der Pflanze ist auch die von ihr erreichte Wachstumsleistung eine minder gute. Das wird bewiesen einmal durch die geringere Zahl der gebildeten Halme, dann durch die schwächere Entwicklung der rispentragenden Halme und die Verminderung des Rispengewichts. Infolge der geringeren Halmzahl stellt sich freilich das mittlere Trockensubstanzgewicht eines Halmes höher, als bei der Hippur- und Asparaginsäure. Aber dadurch ist andererseits bedingt, dass das Gesamtgewicht der Pflanze wesentlich niedriger ausfällt, als bei den

Pflanzen der bisher betrachteten Versuche. Das Wurzelgewicht erweist sich jedoch nicht als durch das Urethan reduziert. Dementsprechend ist auch das Verhältnis des Trockensubstanzgewichts der Wurzeln zu demjenigen der Halme ein engeres. Vf. glaubt sich sogar berechtigt zu behaupten, dass die vertikale Wurzelausbreitung durch das Urethan gefördert wird, da der Wurzelkörper dieser Pflanzen eine beträchtlichere Länge aufweist. Schwächer angedeutet zeigte sich das schon bei den Hippursäurepflanzen. Es macht sich bei diesen Verbindungen sozusagen Mangel-tiolement (Noll<sup>1)</sup> spricht von Hungeretiolement, F. Merckenschlager<sup>2)</sup> von Nährstoffetiolement) bemerkbar. Es handelt sich in solchen Fällen um eine ungenügende Zufuhr von Stickstoff, die das Wachstum der Wurzeln stimuliert und Fadenwachstum derselben bedingt. Ähnliches wird auch bei anderen phytopathologischen Zuständen beobachtet, so z. B. nach der Infektion durch Parasiten. Näher auf diese Erscheinungen hier einzugehen ist nicht gut möglich.

Der Versuch erlaubt uns den Schluss, dass das Urethan die Pflanze mit Stickstoff versorgen kann, aber minder gut als die bisher betrachteten organischen Verbindungen. Diese Wirkung des Urethans erklärt sich wohl dadurch, dass es schwieriger aufgenommen wird, wohl noch schwieriger als die Hippursäure. Dann kann auch nur eine schwächere Entwicklung der oberirdischen Teile der Pflanze statthaben, während die Wurzeln das Gegenbild gewähren. Zur Assimilation aber ist der Stickstoff des Urethans geeignet. Bisher sind bei höheren Pflanzen nur vom Vf. Versuche mit Urethan ausgeführt worden.

## 7. Ernährungsversuch mit Guanidin.

Guanidin wurde der Pflanze als salzsaure Verbindung dargeboten. Die der angegebenen Stickstoffnorm entsprechende Menge dieser Verbindung beträgt für die einzelne Pflanze 0,1159 g. Anfänglich ging die Entwicklung der Pflanzen so vor sich, wie bei den schon besprochenen Versuchen.

Am 24. VI besaßen die Pflanzen das 3. Blatt, am 28. VI das 4. Blatt und am 3. VII das 5. Blatt. Letzteres zeigte aber schon beim Hervortreten gelbliche

1) Sitzungsber. Niederrhein. Ges. Natur- und Heilkunde, Bonn 1901; nach Ernst Küster, Patholog. Pflanzenanatomie, 2. Aufl. 1916, S. 30.

2) Ztrbl. f. Agrikult.-Chemie 1927, S. 340.

Färbung, während das 4., das grün hervorkam, inzwischen diese Färbung angenommen hatte. Die übrigen älteren Blätter wiesen dabei abgetrocknete Spitzen auf. Das Wachstum der Pflanzen ging trotzdem noch weiter fort, wenn auch in unbedeutendem Masse. Während dieselben bis zum 3. VII etwas besser als die Alkaloidpflanzen (Strychnin-, Morphin-, Chininpflanzen) entwickelt waren, konnte vom 6. VII ab das Gegenteil beobachtet werden. Sie wiesen dabei vollständig gelbliche Färbung auf. Pflanze I liess am 9. VII und Pflanze II am 13. VII das 6., gelblich gefärbte Laubblatt hervortreten. Als bald machte sich aber Verminderung des Turgors bei den Pflanzenteilen bemerkbar. Pflanze II zeigte die Welkeerscheinung um den 22. VII, Pflanze I am 30. VII. Am 5. VIII begann Pflanze I abzutrocknen, Pflanze II trieb 2 Seitenhalme hervor, von denen aber der wenig ältere bereits welkte. Am 11. VIII zeigte sich bei Pflanze I der 2. Halm unter Fortschreiten der Welke- und Absterbeerscheinungen; auch welkte der 3. Halm von Pflanze II. Am 16. VIII kam der 3. Halm von Pflanze I hervor. Weiterhin kamen bei Pflanze I noch 2 Halme, bei Pflanze II noch 1 Halm hinzu. Rispen erschienen nur bei Pflanze II; die 1. Rispe zeigte ihr 2. Halm am 19. VIII, die 2. in der Folge einer ihrer jüngeren Halme. Daneben ging aber das Abtrocknen der Teile der älteren Halme langsam fort.

Zum Photographieren wurde Pflanze II (Pflanze III auf Tafel II) genommen. Pflanze I hatte bis zum Abschluss der Versuche 5 Halme getrieben, von denen 4 Sommerhalme waren mit den Längen: 20, 5,7, 2,5, 2,5. Zwei derselben waren früh eingegangen. Der 1. Seitenhalm hatte bei aller Kürze 8 Blätter gebildet. Die Blattspreitenlängen waren sehr reduziert. Die Blattspreitenbreite erreichte 3. Die Länge des 7 Blätter tragenden einzigen Herbsthalmes dieser Pflanze war 18. Der Wurzelkörper war ebenfalls sehr kurz geblieben, von der Länge 12, und bestand nur aus wenigen Strängen, von denen 3 bis ans Ende des Körpers reichten. Die Wägungen der Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen dieser Pflanze wurden mit folgendem Resultat ausgeführt: Halme = 0,181 resp. 0,1643 g; Wurzeln = 0,059 resp. 0,053 g; ganze Pflanze = 0,240 resp. 0,2173 g; W : H = 1 : 3,1.

Pflanze II bestand nur aus 4 Sommerhalmen mit den Längen: 21,2, 15,6, 8,4, 2,9. Die Rispe des Halmes 21,2 war nur sehr wenig hervorgetreten (Rt = 5 l). Halm 15,6 hatte die Rispe seitlich hervorgeschoben (R = 40 l, 2 ar). Die Blattspreitenlänge und -breite waren gleich denjenigen der Pflanze I ausgebildet. Der Wurzelkörper war ebenfalls schwach entwickelt, schmal und besass die Länge 17. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte wurden für Pflanze II und ihre Teile ermittelt: Halme = 0,1505 resp. 0,1366 g; Rispe = 0,0175 resp. 0,0159 g; Wurzeln = 0,043 resp. 0,0386 g; ganze Pflanze = 0,1935 resp. 0,1752 g; W : H = 1 : 3,54.

Für die Guanidinpflanzen sind also folgende Mittelwerte anzuführen:

Halmzahl = 4,5 ;

Rispenzahl = 1 ;

Trockensubstanzgewicht der Halme	= 0,1504 g ;
„ 1 Halmes	= 0,0334 „ ;
„ der Wurzeln	= 0,0458 „ ;
„ „ ganzen Pflanze	= 0,1962 „ ;
W : H	= 1 : 3,32.

Der Gesamtstickstoffgehalt der Pflanzen wurde auf 5,23% bestimmt. Die Bestimmung des Eiweissstickstoffgehalts konnte wegen der geringen Menge der vorhandenen Pflanzensubstanz nicht ausgeführt werden. Der Gesamtstickstoffgehalt ist höher, als er bisher bei diesen Versuchen beobachtet werden konnte. Damit ist gewiss erwiesen, dass eine Aufnahme des Guanidinstickstoffs stattgefunden hat. Der schädigenden Wirkung des Guanidinsalzes wegen konnte aber ein Auswachsen der Pflanze nicht erfolgen und daher auch nicht der von ihr aufgenommene Stickstoff wie unter für die Kultur günstigen Verhältnissen Verwendung finden. Auch von anderen, z. B. O. Lemmermann<sup>1)</sup>, ist beobachtet worden, dass schädigende stickstoffhaltige Stoffe den Stickstoffgehalt der Pflanze erhöhen können. Jedenfalls ist der Guanidinstickstoff relativ leicht aufgenommen worden, und nachdem dann ein bestimmter Schwellenwert bei der Guanidinspeicherung erreicht war, wie das O. Drechsel<sup>2)</sup> für derartige schädigende Stoffe annimmt, äusserte sich die Schädigung, deren Intensität sich dann mehr und mehr steigerte. Mitunter kann noch ein jüngerer Trieb sich zu entwickeln beginnen, aber auch dieser erfährt infolge der angegebenen Ursache kein besonderes Fortkommen. Als Resultat ergibt sich, dass das Trockengewicht der Pflanze und ihrer einzelnen Teile, sowie die Halmzahl weit hinter denjenigen der bei Stickstoffausschluss erwachsenen Pflanze zurückbleiben. Die auf Hafer geäusserte Giftwirkung des Guanidins war aber nicht solchen Grades, dass das Leben der Pflanze alsbald völlig

1) Ztrbl. f. Agrikult.-Chem. 1920, H. 8, S. 291.

2) Ztrbl. f. Bakteriologie Abt. II, Bd. 53, S. 258; Ztrbl. f. Agrikult.-Chem. 1922, S. 78.

sistiert wurde, da es sich, wenn auch wenig merklich, noch bis in den Spätherbst fortsetzte. Der Versuch zeigt auch, dass die Pflanze bei Gegenwart einer schädigenden Substanz dahin strebt, alle Teile, wenn auch den Wachstumsverhältnissen entsprechend dürftig, auszubilden.

Was die Versuche anderer Forscher betrifft, so ist zu erwähnen, dass bei Zerealien zu ähnlichen Resultaten gekommen sind J. Kawakita <sup>1)</sup>, O. Schreiner und H. S. Reed <sup>2)</sup>, P. Wagner <sup>3)</sup> und R. O. Brigham <sup>4)</sup>. Von H. B. Hutchinson und N. H. J. Miller <sup>5)</sup> ist bei Erbsen kein besonders schädigender Einfluss des salzsauren Guanidins beobachtet worden, wenigstens bei kürzerer Wachstumszeit. Dasselbe und selbst Begünstigung des Wachstums durch Guanidinnitrat ist bei Cruciferen (Senf, Rübsen, Radieschen) von L. Hiltner und M. Kronberger <sup>6)</sup> konstatiert worden.

#### 8. Ernährungsversuch mit Nitroguanidin.

Jede Versuchspflanze bekam entsprechend der erforderlichen Stickstoffgabe 0,0947 g Nitroguanidin. Zunächst entwickelten sich beide Versuchspflanzen recht gleichmässig; nach einigen Wochen aber trat bei Pflanze I ein Stillstand in der Entwicklung ein, der längere Zeit andauerte, bis ihr Eingehen folgte.

Das 3. Blatt kam bei den Pflanzen am 24. VI, das 4. am 28. VI, das 5. am 3. VII hervor. Nach ihrem äusseren Aussehen beurteilt, nahmen die Pflanzen am letztgenannten Datum eine Mittelstellung zwischen den Glykokoll- und Asparaginsäurepflanzen ein. In nächster Zeit erfuhr aber das Wachstum der Pflanzen eine Verlangsamung, und bereits am 6. VII waren die Nitroguanidinpflanzen schlechter als die Urethanpflanzen entwickelt. Zugleich mit der Erscheinung der Abnahme der Wachstumskraft trat schwachgelbliche Färbung der Pflanzenorgane, die mit der Zeit noch abblasste, auf. Die Periode des schwächeren Wachstums hielt eine Zeitlang an, und so wurde zeitweilig der Entwicklungsstand der Pflanzen selbst von demjenigen der Strychninpflanzen übertroffen. Das 6. Blatt zeigte sich bei Pflanze I am 8. VII, bei Pflanze II am 9. VII. Das 7. Blatt der Pflanze I erschien am 13. VII. Damit stellte auch diese Pflanze ihr Wachstum mehr oder minder ein. Der 2. Halm trat bei Pflanze II am 30. VII hervor. Der 3. und 4.

---

1) Abdruck aus d. Bull. of the College of Agricult., Tokyo Imp. University, vol. VI (1904).

2) U. S. Dept. Agr. Bur. Soils, Bull. 47 (1907).

3) Mittl. d. D. Landw.-Gesellsch. 1914.

4) l. c.

5) l. c.

6) Prakt. Blätter f. Pflanzenbau und Pflanzenschutz 1917, S. 110.

Halm derselben wurden am 16. VIII sichtbar. Im ganzen kamen bei dieser Pflanze 5 Sommerhalme zur Entwicklung. Die Rispe dieser Pflanze erschien am 9. VIII.

Auf der Tafel II findet sich Pflanze II mit IV bezeichnet. Was die Pflanze I betrifft, so zeigte sie seit Mitte Juli kein merkliches Wachstum, und ihre Blätter trockneten in der zweiten Augushälfte ab. Als eingegangen konnte die Pflanze Anfang September angesehen werden. Ihr einziger Halm hatte die Länge: 37,3. Die Länge und Breite der Blattspreite desselben betragen 107 resp. 3. Der Wurzelkörper war von beträchtlicher Länge, 69, aber sehr schmal (seine obere Basisbreite = 4). Die für diese Pflanze ermittelten Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen verteilten sich folgendermassen: Halm = 0,176 resp. 0,1597 g; Wurzeln = 0,079 resp. 0,071 g; ganze Pflanze = 0,255 resp. 0,2307 g; W: H = 1 : 2,25.

Pflanze II wuchs bis zum Abschlusstermin der Versuche fort und brachte im ganzen 10 Halme zur Entwicklung. Von den 5 Sommerhalmen gehörte zur 1. Gruppe: 35,5 (R = 74 l, 2 as) und zur 3. Gruppe: 33, 22,4, 20,8, 17,2. Die Blattspreitendimensionen waren die nämlichen, wie bei Pflanze I. Die Herbsthalme zeigten die Längen: 20, 17,4, 15,3, 4,8, 1,8. Der Wurzelkörper erreichte die Länge 49, und seine Breite oben betrug 5. Seine Verschmälerung war eine ganz allmähliche. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte wurden bei der Bestimmung erhalten:

Halm 35,5	= 0,1	resp.	0,0908 g;	Rispe	= 0,0255	resp.	0,0231 g;
die übrigen Halme	= 0,37	resp.	0,3358 g;				
sämtliche Halme	= 0,47	„	0,4266 „;	1 Halm	= 0,0427 g;		
Wurzeln	= 0,13	„	0,1168 „;				
ganze Pflanze	= 0,60	„	0,5434 „;				
W : H	= 1 : 3,65.						

Von der Berechnung von Mittelwerten musste bei dieser Verbindung abgesehen werden, da die Pflanzen ein zu verschiedenes Verhalten ihr gegenüber zeigten. Die eine derselben offenbarte eine gewisse Empfindlichkeit, freilich erst nachdem sie einige Wochen das Nitroguanidin aufgenommen hatte; die andere vegetierte dabei nahezu ebenso fort, nämlich nur um weniges besser, als die ohne Stickstoff erwachsene Pflanze. Nitroguanidin

schädigt jedenfalls keineswegs wie Guanidin, gehört aber immerhin zu den für die höhere grüne Pflanze ungeeigneten Stickstoffnährmitteln, da es keine normale Entwicklung zustande bringt. Seine Aufnahme von seiten der Pflanze wird dadurch bewiesen, dass ihr Stickstoffgehalt höher als derjenige der ohne Stickstoff geliebten ist.- Der Gesamtstickstoffgehalt der Nitroguanidinpflanze wurde nämlich zu 3,35% der Trockensubstanz der Pflanze gefunden. Auf Grund dessen, dass die Wurzeln wieder Etiolement zeigten, ist Vf. geneigt anzunehmen, dass die Aufnahme dieses Stickstoffs nicht gut vor sich gegangen ist. Erst recht nicht Hand in Hand mit seiner Aufnahme ist seine Assimilation gegangen. Andere Versuche mit Nitroguanidin sind nicht bekannt geworden.

### 9. Ernährungsversuch mit Chinolin.

Chinolin wurde den Pflanzen, als salzsaure Verbindung, und zwar in der Menge von 0,6026 g pro Pflanze, gegeben. Das bei den ersten Teilgaben dieser Menge normal weitergehende Wachstum der Pflanzen erfuhr bei der allmählichen Steigerung derselben bis zur vollen Stickstoffgabe mehr und mehr Hemmung, so dass es alsbald stillzustehen anfang. Schnell folgte alsdann das Eingehen der jungen Pflanzen.

Das 3. Blatt der Pflanzen trat am 25. VI, das 4. am 28. VI hervor. Die erscheinenden Blättchen waren aber von hellerer Färbung. Die Spitzen derselben wurden zunächst weiss und dann rostfarben. Auch zeigte sich bei den älteren Pflanzenteilen eine Abnahme des Turgors. Am 29. VI wurde auch das jüngste Blatt welk. Um den 3. VII erwiesen sich die Wurzeln der Pflanzen als missfarbig. Wenige Tage darauf, bei nun gewährter voller Stickstoffgabe, wurden die Wurzeln vollständig braun, und Abtrocknungserscheinungen der Luftorgane traten auf. Das Abtrocknen nahm bei der schwachen Entwicklung der Pflanzen einen raschen Verlauf: Pflanze I war am 13. VII trocken, Pflanze II wenige Tage später.

Der Halm der Pflanze I erreichte die Länge 8. Dieselbe Länge wies auch der Wurzelkörper auf. Seine Verzweigungen waren kürzer als unter günstigen Ernährungsbedingungen und endeten auch mitunter klobig. An der Spitze des Wurzelkörpers waren die Seitenwurzeln häufig büschelförmig angeordnet. Die Enden der Verzweigungen zeigten dunkle Färbung. Die Wurzelhaare waren weniger dicht gestellt. Die Wägungen ergaben folgende Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz: Halm = 0,0355 resp. 0,0322 g; Wurzeln = 0,0235 resp. 0,0211 g; ganze Pflanze = 0,0590 resp. 0,0533 g; W:H = 1:1,53.

Pflanze II besass einen Halm von der Länge 9,6 und einen Wurzelkörper von der Länge 9. Letzterer war ähnlich wie bei Pflanze I beschaffen, indem sich nur zur Spitze hin mehr büschelförmig angeordnete Seitenwurzeln vorfanden: Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen wurden für diese Pflanze gefunden: Halm = 0,028 resp. 0,0254 g; Wurzeln = 0,029 resp. 0,0260 g; ganze Pflanze = 0,057 resp. 0,0514 g; W : H = 1 : 0,98.

Aus obigen Daten werden folgende Mittelwerte gewonnen:

	Halmzahl = 1;	
Trockensubstanzgewicht	des Halmes	= 0,0288 g;
"	der Wurzeln	= 0,0235 „;
"	„ ganzen Pflanze	= 0,0523 „;
	W : H	= 1 : 1,26.

Der Versuch zeigt zur Evidenz, dass das salzsaure Chinolin jegliche Entwicklung der Pflanzen hemmt, selbst schon in Mengen, die noch nicht die zur Ernährung nötige Stickstoffgabe erreichen. Damit ist der Schluss gerechtfertigt, dass das Chinolin zu den die höhere grüne Pflanze stark schädigenden Stickstoffverbindungen gehört. Der Schwellenwert für das aufgenommene Chinolin wird sehr schnell erreicht. Die oben beschriebene Wurzelumbildung könnte eventuell auch zum schnelleren Lebensabschluss beigetragen haben. Es fällt auf das ungemein geringe Trockengewicht der oberirdischen Teile dieser Pflanzen im Vergleich mit demjenigen ihrer Wurzeln, was aber für das Jugendstadium der Pflanzen, in dem sie sich noch befanden, charakteristisch ist. Dementsprechend weisen auch alle Teile der Pflanze eine reduzierte Entwicklung auf. Wegen ihrer äusserst geringen Entwicklung wurden die Pflanzen weder photographiert, noch konnten sie einer Bestimmung des Stickstoffgehalts unterworfen werden.

G. Ciamician und C. Ravenna <sup>1)</sup> fanden, dass das Chinolin und Isochinolin stark giftig für die Bohne, aber weniger giftig für andere Pflanzen sind. Letzteres Resultat lässt sich, den Versuchen des Verf. zufolge, soweit Zerealien in Betracht kommen, nicht aufrecht erhalten.

#### 10. Ernährungsversuch mit Morphin.

Die Pflanzen bekamen salzsaures Morphin in der Menge von 1,3675 g. Wie gleich hier bemerkt sein mag, dauerte das, wenn

<sup>1)</sup> Gazz. chim. ital. 50 (1920), S. 13; nach Jahresber. f. Agrikult.-Chem. 1921, S. 137.

auch schwache, Wachstum der Morphinpflanzen viel länger an, als dasjenige der Chinolinpflanzen.

Das 3. Blatt zeigte sich bei den Pflanzen am 24. resp. 25. VI, das 4. am 28. VI. Kurz vor dem Hervortreten des 4. Blattes trat Rotfärbung der Spitzen der älteren Blätter auf, eine Erscheinung, welche diesen Pflanzen mit den übrigen Alkaloidpflanzen gemeinsam war. Sieht man von den Chinolinpflanzen ab, so hatten letztere unter allen zu dieser Versuchsserie gehörigen Pflanzen am 3. VII das schlechteste Aussehen. Das änderte sich aber. Nach dem Hervortreten des 5. Blattes am 4. VII besserte sich das Wachstum der Morphinpflanzen sowie auch das der übrigen Alkaloidpflanzen wieder, so dass sie sich um den 6. VII besser entwickelten als die Guanidinpflanzen zeigten. Vergleicht man die Alkaloidpflanzen untereinander, so hatten die Morphinpflanzen ihrer Entwicklung nach um diese Zeit den Stand zwischen den Strychnin- und Chininpflanzen, welche letztere am meisten zurückgeblieben waren. Diesen Stand konnten sie aber in der Folge nicht beibehalten; schon um den 15. VII zeigten sie eine schlechtere Entwicklung als die Chinin- und auch die Guanidinpflanzen. Inzwischen kam das 6. Blatt bei Pflanze I am 9. VII, bei Pflanze II am 10. VII zum Vorschein. Pflanze I wies am 14. VII das 7. Blatt auf. Die jüngeren Blätter blieben vollständig grün. Am 25. VII erschien bei Pflanze II eine Rispe, die aber nur wenig hervorgeschoben wurde. Der 2. Halm wurde bei den Pflanzen am 2. VIII gesichtet. Wenige Tage darauf, um den 5. VIII, nahm das Abtrocknen des Haupthalmes der Pflanze II seinen Anfang. Dasselbe geschah am 11. VIII mit dem 2. Halme dieser Pflanze und dem Haupthalme der Pflanze I. Die Pflanzen gingen jedoch in nächster Zeit nicht ein, denn Pflanze I bekam um den 30. VIII noch 2 neue Halme. Das Trockenwerden dieser neuen Triebe liess aber auch nicht lange auf sich warten, und damit war dann das Wachstum der Morphinpflanzen endgültig sistiert. Der Wurzelkörper zeigte schon vor ihrem Eingehen braune Färbung.

Photographiert wurde Pflanze I (Pflanze V auf Taf. II). Die 4 Halme der Pflanze I hatten folgende Längen: 16,7, 1,7, 0,6, 0,4. Die Breite der Blattspreite mit der Länge 45 war 2. Der Wurzelkörper hatte die Länge 8,5. Die Bestimmung der Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte der Pflanze ergab folgendes Resultat: Halme = 0,049 resp. 0,0445 g; Wurzeln = 0,032 resp. 0,0287 g; ganze Pflanze = 0,081 resp. 0,0732 g; W : H = 1 : 1,55.

Zum Bestande der Pflanze II gehörten 2 Halme: 15,3 (Rt = 41), 3,4. Die Blattspreitendimensionen derselben waren nahezu die gleichen, wie diejenigen der Pflanze I. Der besonders an der Spitze braungefärbte Wurzelkörper besass die Länge 9,5. Folgende Mengen an Lufttrocken- und Trockensubstanz wurden für diese Pflanze ermittelt: Halme = 0,057 resp. 0,0517 g; Wurzeln = 0,028 resp. 0,0251 g; ganze Pflanze = 0,085 resp. 0,0768 g; W : H = 1 : 2,06.

Demnach ergeben sich nachstehende Mittelwerte:

Halmzahl = 3 ;  
 Rispenzahl = 0,5 ;

Trockensubstanzgewicht der Halme	= 0,0481 g ;
„ 1 Halmes	= 0,016 „ ;
„ der Wurzeln	= 0,0269 „ ;
„ „ ganzen Pflanze	= 0,0750 „ ;
W : H	= 1 : 1,80.

Die Bestimmung des Gesamtstickstoffs in den Morphinpflanzen ist wegen ihrer zu geringen geernteten Mengen nicht zur Ausführung gekommen. Man geht aber wohl nicht fehl, wenn man annimmt, dass der Gesamtstickstoffgehalt der Morphinpflanzen nicht sehr von demjenigen der Chininpflanzen abweicht. Nimmt man das Vorhandensein letzteren Gehalts in den Morphinpflanzen an, so stellt sich die absolute Stickstoffmenge für sie, oder richtiger für ihre oberirdischen Teile, als gering heraus. Die auftretende Giftwirkung des Morphins lässt auch sicher keine bedeutendere Aufnahme desselben seitens der Pflanze zu, und bereits nach Aufspeicherung geringer Mengen dieses Giftes mit stärkerer Wirkungskraft wird eben das Stadium erreicht, in welchem die Wachstumshemmung beginnt. Freilich könnte der Stickstoff zum Teil beim Absterben von Pflanzenteilen aus diesen hinausdiffundiert sein. Der Wachstumshemmung durch das Morphin folgt aber nicht gleich das Absterben der Pflanze, sondern letztere ist imstande noch eine Zeitlang in schwacher Masse weiterzuvegetieren, da eben noch die Wurzeln tätig bleiben können, worauf auch ihre spät beginnende Verfärbung hinweist.

Vergleicht man die Wirkung des Morphins auf den Hafer mit derjenigen des Chinolins, so erweist sich erstere aus dem eben angegebenen Grunde als minder schädigend. Das Chinolin veranlasst abnorme Wurzelbildungen, wodurch die Tätigkeit der Wurzeln so stark herabgesetzt wird, dass sie in Kürze ganz aufhört. Das für das Morphin, im Gegensatz zum Chinolin, konstatierte Verhalten trifft auch für die übrigen Alkaloide zu, welche zu den Versuchen dieser Serie herangezogen worden sind.

Eine meist in höherem Grade schädigende Wirkung des Morphins auf Zerealien und Hülsenfrüchtlern wird auch von anderen Forschern immer betont.

## 11. Ernährungsversuch mit Chinin.

Chinin wurde gleichfalls gebunden an Salzsäure der Pflanze dargereicht. Um die nötige Stickstoffgabe zu erzielen, waren von dieser Verbindung jeder Pflanze 0,722 g zu geben. Der Wachstumsverlauf war bei Gewährung des Chininsalzes als Stickstoffnährstoff so, wie er im folgenden beschrieben wird.

Das 3. Blatt der Pflanzen wurde am 25. VI, das 4. am 28. VI sichtbar. Die rote Färbung der Blattspitzen machte sich auch hier früh bemerkbar. Kurz darauf, als am 4. VII das 5. Blatt zum Vorschein gekommen war, blieben die Pflanzen sichtlich hinter den Morphinpflanzen zurück. Nachdem aber am 8. und 9. VII das 6. Blatt bei Pflanze II resp. I hervorgetreten war, besserte sich im Laufe ca. einer Woche ihr Aussehen, und sie zeigten sich dann kräftiger als die Morphinpflanzen. Diesen Wachstumsvorsprung vor den letzteren bewahrten sich die Chininpflanzen auch in der Folge. Die Morphin- und Chininpflanzen wurden im Wachstum von den Guanidinpflanzen überholt. Die erste Rispe zeigte sich bei Pflanze I am 16. VII. Am 22. VII schoss die Rispe von Pflanze II hervor. Der 2. Halm kam bei beiden Pflanzen am 2. VIII hervor, ihm folgte am 9. VIII der 3. Sie entwickelten sich aber nur wenig weiter. Um den 11. VIII stellte sich der Beginn der Abtrocknungsvorgänge ein, die zunächst den Haupthalm betrafen. Dieselben machten aber solche Fortschritte, dass bereits um den 30. VIII Pflanze II als eingegangen angesehen werden konnte. Pflanze I gelang es noch weitere 2 Halme hervorzutreiben, doch wurde auch ihre Weiterentwicklung schnell inhibiert und die Pflanze dann zum Absterben gebracht.

Abgebildet ist Pflanze I (Pflanze VI auf Taf. II). Von den 5 Halmen dieser Pflanze gehörte zur 1. Gruppe 20,7 (R = 35 l, 2 as, 3 ar) und zur 3. Gruppe: 4,6, 4,2, 3, 1. Die Breite der Blattspreite mit der Länge 48 betrug 3, was auch für Pflanze II gilt. Der Wurzelkörper erreichte die Länge 7, hatte eine Spitze mit normaler Färbung, war sonst wenig gebräunt und zeigte sehr schwache Entwicklung der Wurzelhärchen, deren Spitzen von bräunlicher Färbung waren. Die Bestimmung der Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen wurde bei dieser Pflanze mit folgendem Resultat ausgeführt: Halm 20,7 = 0,069 resp. 0,0626 g; die übrigen Halme = 0,027 resp. 0,0245 g; sämtliche Halme = 0,096 resp. 0,0871 g; Wurzeln = 0,027 resp. 0,0242 g; ganze Pflanze = 0,123 resp. 0,1113 g; W:H=1:3,6.

Pflanze II besass 3 Halme: der 2. Gruppe gehörte 17 (Rt = 12 l) an und der 3. Gruppe: 4,6, 2,8. Der Wurzelkörper wies die Länge 10,5 auf und war ebenso beschaffen, wie bei Pflanze I. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen dieser Pflanze und ihrer Teile wurden gefunden: Halme

= 0,0895 resp. 0,0812 g; Wurzeln = 0,028 resp. 0,0251 g; ganze Pflanze = 0,1175 resp. 0,1063 g; W:H = 1:3,23.

Es können also folgende Mittelwerte aufgestellt werden:

Halmzahl = 4;

Rispenzahl = 1;

Trockensubstanzgewicht	der Halme	= 0,0841 g;
"	1 Halmes	= 0,021 „;
"	der Wurzeln	= 0,0246 „;
"	„ ganzen Pflanze	= 0,1088 „;
	W:H	= 1:3,41.

Der Vergleich der Mittelwerte der Chininpflanzen einerseits und der Morphinpflanzen andererseits zeigt den überlegeneren Entwicklungsstand der ersteren Pflanzen, wobei die Vermehrung der Pflanzenmasse nur den oberirdischen Teilen dieser Pflanzen zugute gekommen ist. Das ergibt auch das mittlere Gewicht 1 Halmes, das bei der Chininpflanze höher ist. Die Wurzeln der letzteren Pflanzen sind ähnlich denjenigen der Morphinpflanzen entwickelt.

Der Gesamtstickstoffgehalt der Trockensubstanz der Chininpflanze wurde auf 2,57% festgestellt. Die durch die Pflanzen gelieferte absolute Stickstoffmenge ist auch bei diesem Alkaloid gering, was sich zunächst durch das beim Morphin Gesagte erklärt. Ferner ist noch zu berücksichtigen, dass nach A. Tröndle<sup>1)</sup> die Salze der Alkaloide langsamer in die Zelle treten. Sie verlangsamen daher ebenfalls die Diffusion von stickstoffhaltigen Produkten in die oberirdischen Teile. Auch der ganze Stickstoff-Stoffwechsel der Pflanzen wird mithin bei ihrer Gegenwart in Mitleidenschaft gezogen. Die Wurzeln wären also in diesem Falle als reicher an Stickstoff als bei Abwesenheit von Alkaloiden vorauszusetzen. L. Lutz<sup>2)</sup> erklärte das Stickstoffdefizit bei der Versuchspflanze durch Entweichen des Stickstoffs in die Luft infolge von Zersetzungerscheinungen der organischen Pflanzenmasse, welche Annahme aber durch die Ausführungsweise der Versuche des Verfassers ausgeschlossen wird.

1) Biochem. Ztschr. 112 (1920), S. 259; nach Jahresber. f. Agrik.-Chem. 1921, S. 145.

2) Annales d. Sciences Naturelles, 8<sup>e</sup> série, Botanique, t. VII (1898), p. 1.

Dieser Versuch hat mithin das Resultat ergeben, dass der Chininstickstoff sich nicht zur Ernährung der Pflanze eignet, da das verwendete Chininsalz nach Verlauf einer gewissen Zeit das Wachstum der Pflanzen hemmt und alsbald zum Stillstehen bringt. Das salzsaure Chinin ist also ebenfalls ein Gift für die höhere Pflanze, das aber doch langsamer als das salzsaure Morphin diese seine Wirkung betätigt. Es lässt sich das Minus der Schädigung durch das Chininsalz wohl nicht durch die kleinere für die Erreichung der Norm anzuwendende Menge des Salzes allein erklären, wodurch die Konzentration der Nährlösung weniger als beim Morphinsalz erhöht wäre. Verf. hält sich zu dieser Annahme berechtigt, wenn er die Wirkung des Chinins mit derjenigen des Strychnins vergleicht. Das Chinin gehört jedenfalls zu den auf die Pflanzen toxischer wirkenden Alkaloiden, was auch in seiner chemischen Struktur eine Stütze findet.

## 12. Ernährungsversuch mit Strychnin.

Zur Verwendung kam salzsaures Strychnin. Dem nötigen Stickstoffgehalt der Nährlösung entsprechend, standen der einzelnen Pflanze 0,7238 g davon zur Verfügung. Es sei a priori erwähnt, dass das Resultat des Versuchs ein wesentlich günstigeres war, als dasjenige der bisher mitgeteilten Versuche mit Alkaloiden.

Das 3. Blatt des Haupthalmes kam bei den Pflanzen am 24. resp. 25. VI, das 4. am 28. VI zum Vorschein. Die Blätter auch dieser Pflanzen waren gelbgrün und bekamen rote Spitzen. Das 5. Blatt zeigte sich bei Pflanze I am 3. VII, bei Pflanze II am 4. VII. Das 6. Blatt erschien bei ersterer Pflanze am 7. VII, bei letzterer am 8. VII. Ein 7. Blatt trat bei Pflanze II am 14. VII hervor. Um den 6. VII waren die Pflanzen minder gut als die Nitroguanidinpflanzen entwickelt, um den 14. VII aber besser als letztere, so dass sie erst von den Urethanpflanzen, den nächstbesserentwickelten, übertroffen wurden. Eine Rispe wurde bei Pflanze I am 19. VII und der 2. Halm derselben am 22. VII sichtbar. Am 30. VII war bei Pflanze I der 3. Halm und bei Pflanze II der 2. und 3. Halm hervorgetrieben. Am 11. VIII wies Pflanze I 5 Halme auf. Am 12. VIII erschienen gleichzeitig 2 Rispen bei Pflanze II und am 16. VIII der 4. Halm derselben. Bis zum Ende des Sommers trat bei dieser Pflanze noch ein 5. Halm hervor. In der herbstlichen Wachstumsperiode bildeten beide Pflanzen noch weitere Halme.

Photographiert wurde Pflanze II (Pflanze VII auf Taf. II). Zur Zeit der Vornahme des Aberntens besass Pflanze I 8 Halme. Von den 5 Sommerhalmen war zuzuzählen der 1. Gruppe: 31,2 (R = 45 l, 1 as) und der 3. Gruppe: 29, 22, 14,5, 1,5. Die Blattspaltenbreite erreichte 3,2. Die 3 Herbsthalme hatten die

Längen: 28,7, 17,7, 3. Die Länge des Wurzelkörpers wurde zu 44 bestimmt. Derselbe war aber recht schmal, nur wenig breiter in einer Ausdehnung von ca. 16 cm. Für diese Pflanze wurden folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte festgestellt: Halm 31,2 = 0,074 resp. 0,0708 g; die übrigen Halme = 0,156 resp. 0,1416 g; sämtliche Halme = 0,230 resp. 0,2124 g; Wurzeln = 0,0585 resp. 0,0471 g; ganze Pflanze = 0,2885 resp. 0,2595 g; W:H = 1:4,51.

Pflanze II wies 7 Halme auf. Von den 5 Sommerhalmen gehörte zur 1. Gruppe: 35 (R = 86 l, 4 as, 5 ar), zur 2. Gruppe: 32,1 (Rt = 7 l) und zur 3. Gruppe: 33, 22, 5. Die Blattspreiten-dimensionen waren die gleichen wie bei Pflanze I. Die 2 Herbsthalme besaßen die Längen: 40, 2. Die Länge des Wurzelkörpers betrug 69,5. Derselbe war so wie bei Pflanze I gestaltet. Die Bestimmung der Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen ergab folgendes Resultat: Halm 35 = 0,057 resp. 0,0517 g; die übrigen Halme = 0,259 resp. 0,2351 g; sämtliche Halme = 0,316 resp. 0,2868 g; Wurzeln = 0,0747 resp. 0,0671 g; ganze Pflanze = 0,3907 resp. 0,3539 g; W:H = 1:4,27.

Demnach sind die Mittelwerte nachstehende:

Halmzahl = 7,5;

Rispenzahl = 1,5;

Trockensubstanzgewicht	des Rispenhalmes	=	0,06125 g;
"	der Halme	=	0,2496 "
"	1 Halmes	=	0,0333 "
"	der Wurzeln	=	0,0571 "
"	" ganzen Pflanze	=	0,3067 "
		W:H	= 1:4,39.

Dieser Versuch ergibt das Resultat, dass das Strychnin das Wachstum der Pflanze weniger zurückhält, als andere Alkaloide. Im Vergleich zum Chinin und besonders Morphin ist die schädigende Wirkung des Strychnins eine weit schwächere, eine Tatsache, die bezeugt, dass die Pflanze sich gegen das Strychnin wesentlich anders verhält, als das Tier und der Mensch. Es steht diese Beobachtung auch nicht allein da im Pflanzenreich. Freilich muss konstatiert werden, dass dieses Verhalten der höheren chlorophyllführenden Pflanze eigen ist. Niedere Pflanzen scheinen durch das Strychnin stärker zu leiden. Vf. glaubt sich zu diesem Schluss berechtigt, weil es ihm nie gelang Algenentwicklung zu beobachten, wenn strychn-

ninhaltige Nährlösung gleichen Gehalts, wie obige, monatelang ungeschützt vor Lichteinwirkung dastand. Doch ist im Auge zu behalten, dass in diesem Falle nur einzelne Algenfäden oder -zellen in Frage kamen, die selbstverständlich leichter als eine Algenvegetation von üppiger Entwicklung eingehen können.

Die Schädigung der Kulturpflanze, speziell der Haferpflanze, durch das Strychnin kommt vorwiegend in der kleineren Zahl der gebildeten Triebe und in dem geringeren Gewicht der Pflanze und ihrer einzelnen Teile zum Ausdruck. Der geringere Grad der Schädigung tut sich auch dadurch kund, dass die Ausbildung der Wurzeln weniger beeinträchtigt wird. Letztere zeigen freilich denselben Habitus, wie in dem Falle, wenn die Pflanze Mangel an Stickstoff leidet; sie weisen Kennzeichen des Hungeretioluments auf. Letztere Erscheinung sowie die schliessliche Produktionsgrösse bezeugen, dass das Strychnin weder vom Hafer noch auch von einer anderen Pflanze verwertet wird. Sein langsam erfolgendes Eindringen in die Zellen und Durchdringen derselben bringen aber nur geringe Wachstumshemmungen bei der Pflanze hervor.

Vergleicht man die anfängliche Entwicklung der Strychninpflanze mit derjenigen der bei Ausschluss von Stickstoff aufwachsenden, so bemerkt man, dass die erstere eine bessere Ausbildung ihres Haupthalmes erfährt, indem eine grössere Zahl Blätter gebildet wird. Das trifft auch zu für die schon besprochenen Alkaloide und für die Mehrzahl der übrigen oben behandelten organischen Stickstoffverbindungen, die schlechtere Nährresultate zur Folge haben. Es regen diese Stoffe allerdings anfänglich die Lebenstätigkeit an, darauf erfolgt jedoch je nach der Substanz eine mehr oder minder schnelle Abnahme derselben. Diese Beobachtungen sind bei Wasserkulturen zuerst vom Vf. gemacht worden.

Der Gesamtstickstoffgehalt der Strychninpflanzen wurde vom Vf. zu 2,48% der Trockensubstanz gefunden. Das Strychnin wird im allgemeinen für nicht weniger giftig als das Morphin und Chinin gehalten. Nur W. Sigmund<sup>1)</sup> hat bei der Keimung von Samen gefunden, dass Strychnin gar nicht oder nur schwach giftig ist.

---

1) Biochem. Ztschr. 62 (1914), S. 299; nach Jahresber. f. Agrik.-Chem. 1914, S. 156.

### 13. Ernährungsversuch bei Ausschluss der Stickstoffgabe.

Das Erscheinen der Blätter des Haupthalmes erfolgte an den folgenden Tagen: des 3. am 25. VI, des 4. am 28. VI, des 5. am 3. VII. Eine weitere Blattbildung von seiten des Haupthalmes unterblieb; auch waren die oberen Blätter kürzer. Am 13. VII kam der 2. Halm bei Pflanze I, am 15. VII bei Pflanze II hervor. Um diese Zeit waren die Pflanzen nur besser als die Chinolin- und Alkaloidpflanzen entwickelt. Am 16. VII schoss eine Rispe bei Pflanze I, am 19. VII bei Pflanze II hervor. Am 22. VII wurde der 3. Halm der Pflanze I, am 25. VII derjenige der Pflanze II sichtbar. Um den 5. VIII zeigte sich die 2. Rispe bei Pflanze I. Der 4. Halm wurde bei Pflanze II am 6. VIII und bei Pflanze I am 9. VIII beobachtet. Um die Mitte August konnten bei beiden Pflanzen 6 Halme und zum 10. IX 7 Halme gezählt werden.

Die Pflanzenbilder I auf den Tafeln I und II stellen Pflanze I dar. Beim Abschluss der Versuche hatte Pflanze I 11 Halme. Von den 7 Sommerhalmen derselben gehörten der 1. Gruppe an: 39,6 (R = 50 l, 1 as, 2 ar) und 30,3 (R = 35 l, 2 as, 2 ar), und der 3. Gruppe: 23,9, 23, 18, 14,3, 7,2. Die Breite der Blattspreite betrug 3 und die Länge derselben 50. Die Längen der 4 Herbsthalme waren: 30,4, 3, 1,7, 1. Die Breite der Blattspreite von Halm 30,4 erreichte 5,2 und deren Länge 173. Der Wurzelkörper hatte die Länge 49 bei der Basisstärke 8. Folgende Zahlen stellen die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen der Pflanze und ihrer Teile vor: Halm 39,6 = 0,1333 resp. 0,121 g; Rispe = 0,0188 resp. 0,0171 g; die übrigen Halme = 0,328 resp. 0,2977 g; sämtliche Halme = 0,4613 resp. 0,4187 g; Wurzeln = 0,101 resp. 0,0907 g; ganze Pflanze = 0,5623 resp. 0,5094 g; W:H = 1:4,62.

Pflanze II besass 10 Halme, darunter 7 Sommerhalme. Von den letzteren gehörte zur 1. Gruppe: 40,8 (R = 60 l, 2 as, 2 ar) und zur 3. Gruppe: 28, 24, 21, 16,5, 12,3, 6. Es wurden dieselben Blattspreitendimensionen wie bei Pflanze I konstatiert. Die 3 Herbsthalme zeigten die Längen: 29,5, 4, 2. Als Länge des Wurzelkörpers wurde bei etwas geringerer Basisstärke 53 gefunden. Die Mengen dieser Pflanze an Lufttrocken- und Trockensubstanz betragen: Halm 40,8 = 0,13 resp. 0,118 g; Rispe = 0,018 resp. 0,0163 g; die übrigen Halme = 0,308 resp. 0,2796 g; sämtliche Halme = 0,438 resp. 0,3976 g; Wurzeln = 0,098 resp. 0,088 g; ganze Pflanze = 0,536 resp. 0,4856 g; W:H = 1:4,52.

Als Mittelwerte sind hier anzuführen:

	Halmzahl = 10,5 ;	
	Rispenzahl = 1,5 ;	
Trockensubstanzgewicht	der Rispenhalme	= 0,1195 g ;
"	" Rispen	= 0,0167 " ;
"	" Halme	= 0,4081 " ;
"	1 Halmes	= 0,0389 " ;
"	der Wurzeln	= 0,0893 " ;
"	" ganzen Pflanze	= 0,4975 " ;
	W : H =	1 : 4,57.

Entsprechend dem Mangel an Stickstoff bleibt der Entwicklungsstand dieser Pflanzen weit zurück gegenüber demjenigen der Pflanzen, welchen der in Form einer organischen Stickstoffverbindung dargebotene Stickstoff mehr oder minder gut zur Ernährung dienlich war. Ausser der Abnahme der Produktion machten sich bei den Pflanzen auch äusserlich die bekannten Stickstoffmangelerscheinungen, z. B. die hellgrüne bis gelbliche Färbung der Blätter, deren Form normal, aber verkleinert war, kenntlich. Die Wurzeln der Pflanzen zeigen deutlich die Merkmale des Stickstoffhungeretiements. Der prozentuale Gesamtstickstoffgehalt wurde, auf Trockensubstanz bezogen, zu 2,08 gefunden. Die Bestimmung des Eiweissstickstoffgehalts ergab 1,61%. Mit hin beträgt letzterer in Prozenten des Gesamtstickstoffs 77,4; ein Betrag, welcher bei diesen Versuchen in keinem anderen Falle gefunden worden ist. Es wäre daher zu folgern, dass der in den Körnern enthaltene Stickstoff, als Bestandteil des internen Stoffwechsels aktivierend, geeigneter ist als irgendein anderer von aussen aufgenommener, körperfremder, organischer Stickstoff Umbildung zu Eiweiss, das zum Neuaufbau in der Pflanze dient, zu erfahren. Es kommt ja gewiss einerseits an auf die Stickstoffart, die der Pflanze zur Verfügung steht, andererseits kann aber auch die zu Gebote stehende Menge brauchbaren Stickstoffs von Bedeutung sein. Eine kleinere Menge davon dient vorwiegend zur Bildung von Eiweiss, da es eben dann daran gebricht.

## V. Zweite Versuchsserie des Jahres 1900.

(Tafel III.)

In betreff ihrer Durchführung sei nur Folgendes einleitend bemerkt.

Zu diesen Versuchen diente wiederum der vom Baltischen Samenbauverbände überlassene Ligowohafer, dessen ausgesuchte

Aussenkörner ein in den früher angegebenen Grenzen schwankendes absolutes Gewicht aufwiesen. Die Vorbehandlung der Körner wurde ebenso ausgeführt, wie es oben geschildert wurde. Das Auslegen derselben zum Keimen in erwähnter Weise erfolgte am 12. VII. Während die oben beschriebenen Massnahmen zur Verhütung des leichteren Zutritts von Mikroorganismen zu den gekeimten Körnern angewandt wurden, entwickelten sich letztere im sterilisierten destillierten Wasser ähnlich den bei der 1. Versuchsserie benutzten Pflänzchen (das 2. Laubblatt war bei den ersteren entwickelter), und es wurden von den gleichmässig entwickelten je 2 Exemplare für jeden Versuch gewählt.

Vom 25. bis zum 27. VII wurden zur Herstellung 1 Liters der stickstofffreien Kulturlösung 25 ccm der konzentrierteren Nährlösung verwendet. Die andere, stickstoffhaltige Kulturlösung enthielt zunächst nur ein Fünftel der nötigen Stickstoffgabe. Vom 28. VII an wurde die stickstofffreie Kulturlösung durch Verdünnung von 50 ccm Nährlösung auf 1000 ccm hergestellt und zwei Fünftel der erforderlichen Stickstoffmenge gewährt. Am 1. VIII fand die Erhöhung der Stickstoffmenge auf drei Fünftel der ganzen Gabe und die Verstärkung der stickstofffreien Kulturlösung um weitere 25 ccm statt. Am 3. VIII wurde die Stickstoffgabe auf vier Fünftel der vollen Gabe gesteigert. Vom 7. VIII an wurden dann 100 ccm der konzentrierten stickstofffreien Nährlösung auf 1000 ccm verdünnt und auch die volle Stickstoffgabe gewährt. Vom aufgeschlemmten Eisenoxydphosphat wurde anfänglich 0,5 ccm aufpipettiert und seine Menge allmählich in Rücksicht auf das Fortschreiten des Wachstums der Pflanze bis zu 3 ccm erhöht.

Die Lösungen eines Teiles der bei diesen Versuchen geprüften organischen Stickstoffverbindungen, und zwar der p-Aminobenzoesäure, o-Nitrobenzoesäure und Pikrinsäure, sowie des Nitromethans wurden vor dem Hineinsetzen der Pflanzen mit sehr schwacher Natronlauge neutralisiert. Ferner wurde der Stickstoff den Pflanzen in Form von o-Nitrophenol, Rhodanatrium, Albumin, Pepton und schwefelsaurem Pyridin geboten. Es umfasste also diese Versuchsreihe 9 Ernährungsversuche mit je 2 Pflanzen, also insgesamt 18 Pflanzen, zu denen noch weitere 2 hinzukamen, welchen eine Stickstoffgabe bei Darreichung der übrigen Nährstoffe versagt blieb und welche also als Kontrollpflanzen dienten.

Die Entwicklung der Pflanzen wurde in gleicher Weise wie bei der 1. Versuchsreihe verfolgt und vermerkt. Es ist zu bemerken, dass die Zahl der hinzukommenden Halme wegen Zeitmangels seltener als bei der 1. Versuchsreihe festgestellt wurde. Die Pflanzen der Mehrzahl dieser Versuche wurden am 1. X. photographiert und sind auf Tafel III abgebildet. Auch die Halme dieser Pflanzen werden als Sommer- und Herbsthalme unterschieden. Die Unterbrechung der Versuche konnte bis Anfang November hinausgeschoben werden. Die Pflanzen und ihre Teile wurden dann den bereits früher angegebenen Zählungen, Messungen, Wägungen und sonstiger Beurteilung, sowie auch einer teilweisen chemischen Untersuchung unterworfen. Die Angaben für jeden Versuch werden in derselben Weise, wie bei der 1. Versuchsserie, gemacht.

### 1. Ernährungsversuch mit Nitromethan.

Entsprechend der für das Wachstum der Haferpflanze geeignet befundenen Stickstoffmenge von 0,051 g wurden vom Nitromethan für jede Pflanze 0,2222 g abgewogen, von welcher Menge, wie bemerkt, anfänglich nur gewisse Teile gegeben wurden, bis sie die volle Höhe erreichte. Was die Entwicklung der Pflanzen dabei anbetrifft, sei Folgendes angeführt.

Das 3. Blatt trat bei beiden Pflanzen am 26. VII, das 4. am 30. VII, das 5. am 2. VIII und das 6. am 9. VIII hervor. Um den 5. VIII wurden die Pflanzen nur von den Pepton- und Albuminpflanzen durch bessere Entwicklung übertroffen. Am 16. VIII zeigte sich bei den Pflanzen der 2. Halm. Der 3. Halm war bei Pflanze II am 21. VIII, bei Pflanze I am 30. VIII bemerkbar. Letztere wies den 4. Halm am 10. IX, Pflanze II um einige Tage später auf. Bis Anfang November kamen bei beiden Pflanzen noch weitere 3 Halme hinzu, die sich nur wenig resp. fast gar nicht weiterentwickelten.

Auf Tafel III ist das Bild der Pflanze I mit II bezeichnet. Bei Beendigung der Versuche besass also Pflanze I 7 Halme, darunter 4 Sommerhalme mit folgenden Längen: 40,4, 37,2, 20,5, 6,5. Die Breite der Blattspreite mit der Länge 162 war 4,2. Für die 3 Herbsthalme wurden die Längen gefunden: 10,8, 1,8, 1,8. Die Länge des Wurzelkörpers erreichte 19. An der Basis war er auf einer kurzen Strecke (3 cm) zunächst schmal, und darauf verbreiterte er sich bis zur Stärke von 7,5. Diese Gestaltung des Wurzelkörpers lässt auch das Bild gut erkennen. Für diese Pflanze wurden folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte

ermittelt: Halme = 0,32 resp. 0,2905 g; Wurzeln = 0,083 resp. 0,0746 g; ganze Pflanze = 0,403 resp. 0,3651 g; W:H = 1:3,89.

Von den 7 Halmen der Pflanze II waren 3 Sommerhalme mit den Längen: 32,2, 27,7, 25. Die Blattspreitenbreite differierte nicht von derjenigen der Pflanze I. Zu den Herbsthalmen gehörten die 4 folgenden: 13,2, 1,8, 1,4, 1,2. Die Länge und Breite der Blattspreite des grünen Herbsthalmes betrug 158 resp. 5,2. Der Wurzelkörper besass die Länge 19,5 und zeigte dasselbe Aussehen, wie derjenige der Pflanze I. Von den bestimmten Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen kamen auf: Halme = 0,256 resp. 0,2324 g; Wurzeln = 0,0735 resp. 0,066 g; ganze Pflanze = 0,3295 resp. 0,2984 g; W:H = 1:3,52.

Die für die einzelnen Pflanzen gemachten Angaben ergeben folgende Mittelwerte:

Halmzahl = 7;

Trockensubstanzgewicht	der Halme	= 0,2614 g;
"	1 Halmes	= 0,0373 „;
"	der Wurzeln	= 0,0703 „;
"	„ ganzen Pflanze	= 0,3317 „;
	W:H	= 1:3,7.

Vergleicht man diese Resultate der Nitromethanpflanzen mit denjenigen, die ohne Stickstoffgabe kultivierte Pflanzen dieser Versuchsreihe ergeben haben, so kann wohl mit völliger Sicherheit behauptet werden, dass der Stickstoff des Nitromethans von der höheren grünen Pflanze verwertet wird. Doch muss hinzugefügt werden, dass der mit dieser Substanz erreichte physiologische Nähreffekt kein beträchtlicher ist. Die Grösse der Aufnahme des Nitromethanstickstoffs von seiten der Pflanze lässt sich einigermassen beurteilen nach dem in den oberirdischen Teilen derselben gefundenen Gesamtstickstoffgehalt, der 2,47% beträgt. Letzterer ist also höher als derjenige der ohne Stickstoffgabe gewachsenen Pflanze. Die Steigerung des Stickstoffgehalts ist aber gegenüber der letzteren Pflanze auch wieder keine besonders grosse, entsprechend der von der Pflanze erreichten Ausbildung. In Anbetracht der beim Nitromethan konstatierten Produktion ist es nicht zu bezweifeln, dass die Nitromethanpflanze Eiweissvermehrung aufweist, wenngleich seine Bestimmung nicht ausgeführt werden konnte.

Jedenfalls schadet das Nitromethan den höheren grünen Pflanzen nicht, was in erster Linie durch die gute Wurzelentwicklung be-

wiesen wird, und zeigt sich als Stickstoffnährstoff für sie sogar passabel verwertbar. Die verbreitete Annahme, dass Nitroverbindungen im allgemeinen von der höheren Pflanze nicht verwertet werden können, trifft jedenfalls für diese Verbindung nicht zu.

## 2. Ernährungsversuch mit Rhodannatrium.

Von dieser Verbindung erhielten die Pflanzen zur Gewährung der nötigen Stickstoffgabe 0,2953 g.

Das 3. Blatt der Pflanzen wurde am 27. VII, das 4. am 1. VIII sichtbar. Bereits am 3. VIII, bevor noch die Stickstoffgabe die volle Höhe erreicht hatte, traten Welkeerscheinungen in starkem Masse auf, und alsbald erfolgte auch das Eingehen der Pflanzen. Bis zum 10. VIII waren sie vollständig abgetrocknet.

Der Halm der Pflanze I hatte die Länge 8, der Wurzelkörper derselben die Länge 8,5. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen wurden für diese Pflanze erhalten: Halm = 0,029 resp. 0,0263 g; Wurzeln = 0,018 resp. 0,0162 g; ganze Pflanze = 0,047 resp. 0,0425 g; W:H = 1:1,62.

Die Halmlänge der Pflanze II betrug 7,2, die Wurzelkörperlänge derselben 11,5. Nachstehende Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz liessen sich für dieselbe ermitteln: Halm = 0,034 resp. 0,0309 g; Wurzeln = 0,019 resp. 0,0171 g; ganze Pflanze = 0,053 resp. 0,0480 g; W:H = 1:1,81.

Folgende Mittelwerte sind daher für die Rhodannatriumpflanze anzuführen:

Halmzahl = 1;

Trockensubstanzgewicht des Halmes	= 0,0286 g;
„ der Wurzeln	= 0,0166 „;
„ „ ganzen Pflanze	= 0,0452 „;
	W:H = 1:1,71.

Obige Resultate gestatten den Schluss zu ziehen, dass das Rhodannatrium in der gewählten Konzentration der Kulturlösung nicht als Stickstoffnährstoff für die höhere Pflanze in Betracht kommen kann, da es dann zu den organischen Stickstoffverbindungen gehört, welche die Pflanze sehr schnell abtöten. Die Wurzelmenge fällt bei der Wirkung dieses Giftes geringer aus, als bei den übrigen Versuchen dieser Serie, in der noch einige ähnlich wirkende Verbindungen zur Prüfung kamen. Die Wurzelentwicklung wird also durch diese organische Stickstoffverbindung stark gehemmt, worauf auch die schnell einsetzenden Wurzel-

veränderungen hindeuten. Bei welcher Konzentration der Kulturlösung die Giftigkeit dieses Salzes zuerst auftritt, ist nicht bekannt. Man geht wohl nicht fehl, wenn man der Verbindung bei ihrer chemischen Konstitution überhaupt jeglichen Wert als Stickstoffquelle abspricht, im Falle dass die Zersetzung dieser Verbindung verhindert wird.

Weil infolge des frühen Eingehens der Pflanzen die Erntemengen gering waren, konnte die Bestimmung des Gesamtstickstoffgehalts unterbleiben.

### 3. Ernährungsversuch mit Ortho-Nitrophenol.

Jede Versuchspflanze bekam von dieser Verbindung als volle Gabe 0,5062 g. Der Entwicklungsverlauf war bei dieser Verbindung ähnlich wie im vorhergehenden Versuch.

Das 3. Blatt zeigte sich bei den Pflanzen am 27. VII. Das 4. Blatt trat nur bei Pflanze I hervor, und zwar am 31. VII. Es stellten sich auch Welkeerscheinungen bei den Pflanzen ein. Am 1. VIII wurden die Blattspitzen gelb, am 3. VIII waren die Pflanzengipfel gelb. Als bald begann das Abtrocknen der Pflanzen und am 11. VIII konnten sie als eingegangen betrachtet werden. Die älteren Wurzelverzweigungen waren schon vor dem Eingehen der Pflanzen dunkel gefärbt.

Der Halm der Pflanze I erreichte die Länge 11,8, der Wurzelkörper derselben die Länge 15. Die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte dieser Pflanze waren folgende: Halm = 0,032 resp. 0,029 g; Wurzeln = 0,027 resp. 0,0242 g; ganze Pflanze = 0,059 resp. 0,0532 g; W:H = 1:1,2.

Bei Pflanze II zeigte sowohl der Halm als der Wurzelkörper die Länge 18. Die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen dieser Pflanze verteilten sich in folgender Weise: Halm = 0,019 resp. 0,0172 g; Wurzeln = 0,023 resp. 0,0207 g; ganze Pflanze = 0,042 resp. 0,0379 g; W:H = 1:0,83.

Diesen Daten entsprechend sind die Mittelwerte nachstehende

	Halmzahl = 1;	
Trockensubstanzgewicht des Halmes		= 0,0231 g;
„	der Wurzeln	= 0,0224 „;
„	„ ganzen Pflanze	= 0,0455 „;
		W:H = 1:1,01.

Das o-Nitrophenol hebt mithin ungemein schnell das Wachstum der Haferpflanze auf, so dass von einer eigentlichen Entwicklung der Pflanze in diesem Falle kaum die Rede sein kann. Die er-

mittelten Gewichtsmengen der Pflanzenteile lassen auch deutlich erkennen, dass sowohl die Wurzeln als auch die oberirdischen Teile durch diese Stickstoffverbindung in entsprechender Weise stark geschädigt werden, worauf auch das äusserst enge Verhältnis zwischen der Wurzel- und Halm-trockensubstanz hinweist. Die Stickstoffbestimmung konnte auch hier bei der geringen Erntemenge nicht zur Ausführung kommen. Es sei noch der Hinweis gestattet, dass im Sommer des Jahres 1901 Versuche mit 2 isomeren Verbindungen des o-Nitrophenols vorgenommen worden sind, welche bei der betreffenden Gelegenheit besprochen werden sollen.

#### 4. Ernährungsversuch mit Pikrinsäure.

Zur Befriedigung ihres Stickstoffbedürfnisses hatte die Pflanze 0,2779 g Pikrinsäure zu erhalten. Die Lösung derselben wurde vor dem Hineinsetzen der Pflanzen mit Natronlauge neutralisiert.

Die Pflanzen bekamen das 3. Blatt am 27. VII. Am 30. VII traten Welkerscheinungen bei Pflanze II auf, die in Kürze auch einging. Am 31. VII wurde bei Pflanze I das 4. Blatt sichtbar, dem am 3. VIII das 5. folgte. Diese Pflanze war besser als die Benzoesäurepflanzen entwickelt. Das 6. Blatt erschien bei Pflanze I am 11. VIII. Am 15. VIII wurde die eingegangene Pflanze II durch eine andere ersetzt, die am 20. VIII das 3. Blatt bekam. Zur selben Zeit zeigten die unteren Blätter der Pflanze I eine Abnahme des Turgordruckes und rote Spitzen. Am 30. VIII waren die 4 unteren Blätter dieser Pflanze im Abtrocknen. Das 4. Blatt wies Pflanze II am 28. VIII, das 5. am 3. IX und das 6. am 10. IX auf. Dabei zeigten ihre 3 älteren Blätter schon den Beginn von Abtrocknungserscheinungen. Das Abtrocknen der Blätter von Pflanze I war mittlerweile auch fortgegangen, und am 10. IX waren ihre sämtlichen Blätter trocken. Die Pflanze ging aber noch nicht ein, sondern erzeugte 2 neue Halme, die sich auch weiterentwickelten. Anfang Oktober trieben bei Pflanze II weitere 2 Halme hervor, die aber nur schwaches Wachstum zeigten und zusammen mit dem Haupthalm vor Ausgang des Monats abstarben. Zu den früheren Halmen der Pflanze I kamen im Oktober noch weitere 3 hinzu, die bis zu dem Ende des Monats vorgenommenen Abernten vegetierten. Die oberirdischen Teile der Pflanzen zeigten sich gelb tingiert.

Pflanze I ist auf Tafel III abgebildet und mit III bezeichnet. Von den 6 Halmen der Pflanze I ist nur 1 im Sommer entwickelt worden. Die Länge desselben war 41. Die Breite seiner Blattspreite von der Länge 165 betrug 3,5. Die 5 Herbsthalme wiesen folgende Längen auf: 31,6, 25,8, 2,9, 2,6, 1,3. Der Wurzelkörper der Pflanze hatte die Länge 66 und an der Basis die Breite 3. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen wurden für diese Pflanze und ihre Teile gefunden:

Halme	=	0,247	resp.	0,2242	g ;	1 Halm	=	0,0374	g ;
Wurzeln	=	0,085	"	0,0763	" ;				
ganze Pflanze	=	0,332	"	0,3005	" ;				
						W : H	=	1 : 2,94.	

Die jüngere Pflanze II, die zu kultivieren 2—3 Wochen später begonnen wurde, besass 3 Halme, von denen der Sommerhalm die Länge 36,4 und die 2 Herbsthalme die Längen 2,5 und 1,4 hatten. Die Länge des Wurzelkörpers war 23 und seine Basisbreite 4. Die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte der Pflanze und ihrer Teile waren nachstehende: Halme = 0,11 resp. 0,0998 g; Wurzeln = 0,047 resp. 0,0422 g; ganze Pflanze = 0,157 resp. 0,1420; W : H = 1 : 2,36.

Mittelwerte können für die Pikrinsäurepflanzen nicht aufgestellt werden, da sie ungleichaltrig waren und dazu in verschiedenen Jahreszeiten kultiviert werden mussten. Letzterer Umstand hat wohl mit dazu beigetragen, dass Pflanze II sich minder gut entwickelt hat.

Vf. hält sich auf Grund dieser Resultate für berechtigt anzunehmen, dass die Pikrinsäure nach der Neutralisation längere Zeit aufgenommen werden kann und erst nach der Aufspeicherung in gewisser Menge eine schädigende Wirkung auf die Pflanze ausübt. Dass der Pikrinsäurestickstoff Verwertung findet, lässt sich aus der relativ beträchtlichen Zunahme an Pflanzensubstanz während des Versuches schliessen und ergibt sich auch aus der Bestimmung des Stickstoffgehalts. Der Gesamtstickstoffgehalt der Pikrinsäurepflanze wurde vom Vf. zu 2,81% ermittelt. Dass der Pflanze aber bei aller Aufnahme der Pikrinsäure der Stickstoff nur ungenügend zur Verfügung steht, zeigt ihre Wurzelentwicklung, die starke Kennzeichen des Stickstoffhungeretiements an sich trägt. Offenbar ist der Pikrinsäurestickstoff der Pflanze nicht leicht zugänglich und bedarf vorher komplizierter chemischer Umgestaltung, ehe er Pflanzennährstoff wird.

Andere einwandfreie Versuche mit Pikrinsäure bei höheren grünen Pflanzen sind dem Vf. nicht zu Gesicht gekommen.

##### 5. Ernährungsversuch mit Ortho-Nitrobenzoesäure.

Einer jeden der Versuchspflanzen wurde von dieser Verbindung im ganzen 0,6081 g dargeboten. Die Lösungen dieses

Stoffs wurden vor der Anwendung mit schwacher Natronlauge neutralisiert.

Das 3. Blatt wiesen die Pflanzen am 27. VII, das 4. am 1. resp. 2. VIII auf. Schon am 1. VIII stellte sich Gelbfärbung der Blattspitzen ein, die sich um den 5. VIII in Rotfärbung wandelte. An letzterem Datum standen diese Pflanzen schlechter als die Pikrinsäure- und die ohne Stickstoffgabe gelassenen Pflanzen. Am 12. VIII zeigte Pflanze I Welken. Pflanze II bekam am 11. VIII das 5. Blatt und am 16. VIII das 6. Blatt. Dabei waren aber ihre 3 unteren Blätter auf der ganzen Fläche welk und die 2 nächsten an den Spitzen. Dem Welken folgte alsbald das Abtrocknen der Blätter, so dass am 21. VIII bereits die 4 älteren Blätter trocken waren. Um diese Zeit trat bei der Pflanze noch ein 7. Blatt hervor. Bei Pflanze I kamen keine weiteren Neubildungen zu den angeführten hinzu. Die Seitenhalmbildung unterblieb bei beiden Pflanzen. Pflanze I begann Mitte August abzutrocknen und ging Anfang September ein. Um den 10. IX folgte ihr Pflanze II.

Der Halm der Pflanze I wies die Länge 12,4 auf. Die Breite der Blattspreite mit der Länge 98<sup>\*</sup> war 1,5. Der Wurzelkörper erreichte die Länge 8,3. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen wurden ermittelt: Halm = 0,0445 resp. 0,0404 g; Wurzeln = 0,03 resp. 0,0269 g; ganze Pflanze = 0,0745 resp. 0,0673 g; W : H = 1 : 1,5.

Der Halm der Pflanze II hatte die Länge 17,1, der Wurzelkörper derselben die Länge 6. Die entsprechenden Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte der Pflanze waren nachstehende:

$$\begin{aligned} \text{Halm} &= 0,073 \text{ resp. } 0,0663 \text{ g;} \\ \text{Wurzeln} &= 0,025 \text{ resp. } 0,0225 \text{ „;} \\ \text{ganze Pflanze} &= 0,098 \text{ resp. } 0,0888 \text{ „;} \\ \text{W : H} &= 1 : 2,95. \end{aligned}$$

Die Aufstellung von Mittelwerten unterbleibt hier, da Pflanze I einen wesentlich schlechteren Aufbau des Halmes als Pflanze II aufweist. Aber auch die Entwicklungsleistung der letzteren Pflanze überragt nicht diejenige der ohne Stickstoffgabe aufgewachsenen. Der Entwicklungsgang der Pflanzen zeigt deutlich, dass die o-Nitrobenzoesäure sich ihnen gegenüber als Gift mittlerer Stärke verhält, das bald das Wachstum hemmt und auch relativ schnell den Tod der Pflanze veranlasst. Wegen der geringen Menge des Materials musste die Stickstoffbestimmung ausfallen. Um das Resultat mit der o-Nitrobenzoesäure noch beweiskräftiger zu gestalten, ist dieser Versuch im nächsten Sommer wiederholt worden, wobei das Resultat mit demjenigen ihrer beiden isomeren Verbindungen in Vergleich gestellt wurde.

## 6. Ernährungsversuch mit Para-Aminobenzoesäure.

Zur Darreichung der für die Pflanze nötigen Stickstoffgabe waren von dieser Verbindung 0,499 g abzuwägen, die nach dem Lösen in destilliertem Wasser mit sehr verdünnter Natronlauge neutralisiert wurden.

Das 3. Blatt der Pflanzen trat am 27. VII. das 4. am 2. resp. 3. VIII hervor. Die Pflanzen verhielten sich zunächst ebenso wie die Nitrobenzoesäurepflanzen und unterschieden sich im Entwicklungsstande ebenfalls nur wenig von diesen. Am 12. VIII zeigte sich das 5. und am 16. VIII das 6. Blatt der Pflanzen. Ein 7. Blatt bekam Pflanze I am 21. VIII. Pflanze I trieb den 2. Halm am 9. IX und die Rispe am 10. IX hervor. Auch bei Pflanze II begann sich der 2. und 3. Halm zu entwickeln. Zum 1. X betrug bei beiden Pflanzen die Zahl der Halme 4. Bis zum Abschluss des Versuchs kamen bei den Pflanzen noch je 2 Halme hinzu.

Pflanze I ist als Pflanze IV auf Tafel III abgebildet. Von den 2 Sommerhalmen der Pflanze I gehörte zur 1. Gruppe: 29,8 (R = 58 l, 2 as, 3 ar) und zur 3. Gruppe: 11,7. Die Breite der Blattspreite mit der Länge 90 betrug 2,5. Die Längen der Herbsthalme waren folgende: 10,8, 6,5, 5,7, 4,4. Der Wurzelkörper hatte die Länge 12,2 und die Basisbreite 5 und zeigte sich schwach violett gefärbt. Die gefundenen Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz verteilten sich in folgender Weise: Halm 29,8 = 0,104 resp. 0,0944 g; Rispe = 0,01 resp. 0,0091 g; die übrigen Halme = 0,052 resp. 0,0472 g; sämtliche Halme = 0,156 resp. 0,1416 g; Wurzeln = 0,073 resp. 0,0656 g; ganze Pflanze = 0,229 resp. 0,2072 g; W : H = 1 : 2,16.

Pflanze II besass ebenfalls 6 Halme. Die Längen ihrer 3 rispenlosen Sommerhalme waren: 25,7, 16, 11,4. Die Blattspreitendimensionen stimmten mit denjenigen der Pflanze I nahezu überein. Den 3 Herbsthalmen kamen die Längen zu: 13,2, 4,5, 2,9. Der Wurzelkörper zeigte die Länge 8,5 und ebenfalls schwache Violettfärbung. Die Bestimmung der Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte der Pflanze ergab folgendes Resultat: Halme = 0,143 resp. 0,13 g; Wurzeln = 0,058 resp. 0,0521 g; ganze Pflanze = 0,201 resp. 0,1821 g; W : H = 1 : 2,49.

Aus diesen Einzelangaben ergeben sich folgende Mittelwerte :

Halmzahl = 6 ;  
Rispenzahl = 0,5 ;

Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,1358 g, 1Halmes = 0,0226 g;  
 „ der Wurzeln = 0,0588 „;  
 „ der ganzen Pflanze = 0,1946 „;  
 W : H = 1 : 2,32.

Die Resultate dieses Versuchs lassen den Schluss zu, dass die Aufnahme und Verwertung von p-Aminobenzoesäure stattgefunden hat. Das erweist vor allem die gegenüber dem Kontrollpflanzenmittel zu konstatierende Zunahme an Pflanzensubstanz, bedingt durch die grössere Zahl mehr oder minder entwickelter Triebe und die bessere Wurzel Ausbildung. Der Stickstoffgewinn macht sich auch kenntlich in dem hohen Gehalt der oberirdischen Teile dieser Pflanzen, der 3,17% beträgt. Die Eiweissvermehrung in den Pflanzen ist damit gleichfalls erwiesen. Die Violettfärbung des Wurzelkörpers trat spät und dazu in schwachem Masse ein und dürfte, wenn überhaupt, nur einen gering schädigenden Einfluss auf die Pflanze ausgeübt haben. Im Anfang verlief freilich die Entwicklung der Pflanzen langsamer, in ähnlicher Weise wie bei Darbietung des Stickstoffs in Form von o-Nitrobenzoesäure.

Der Versuch ist in der Vegetationszeit des Jahres 1901 wiederholt und mit den Versuchen mit isomeren Verbindungen dieser Säure in Vergleich gestellt worden.

### 7. Ernährungsversuch mit Pyridin.

Pyridin wurde den Pflanzen an Schwefelsäure gebunden geboten. Die für eine jede Pflanze nötige Stickstoffmenge enthielt 0,6448 g dieser Verbindung. Über die Entwicklungsweise der Pflanzen in diesem Falle ist Folgendes zu vermerken.

Das 3. Blatt erschien am 27. VII, das 4. am 31. VII. Bereits am 1. VIII zeigten sich auf den Blättern gelblich gefärbte Partien, die sich mehr und mehr ausbreiteten. Pflanze II bekam wohl noch am 4. VIII das 5. Blatt, doch begann bei ihr, ebenso wie bei Pflanze I, alsbald das Abtrocknen. Auch die Wurzeln bekamen frühzeitig eine bräunliche Färbung, die immer dunkler wurde. Am 14. VIII waren beide Pflanzen abgestorben und erfolgte ihre Aberntung zwecks Vornahme der Messungen, Gewichtsbestimmungen usw.

Die Länge des Halmes der Pflanze I erreichte 11, diejenige ihres Wurzelkörpers 10,5. Die ermittelten Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen zeigten folgende Verteilung: Halm = 0,032 resp. 0,029 g; Wurzeln = 0,018 resp. 0,0162 g; ganze Pflanze = 0,050 resp. 0,0452 g; W : H = 1 : 1,8.

Für den Halm und Wurzelkörper der Pflanze II wurden

folgende Längen gefunden: 14,5 resp. 10,5. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen wurden für Pflanze II gefunden: Halm = 0,0385 resp. 0,0349 g; Wurzeln = 0,027 resp. 0,0242 g; ganze Pflanze = 0,0655 resp. 0,0591 g; W:H = 1:1,44.

Als Mittelwerte haben daher zu gelten:

$$\text{Halmzahl} = 1;$$

Trockensubstanzgewicht des Halmes = 0,0319 g;

„ der Wurzeln = 0,0202 „;

„ der ganzen Pflanze = 0,0521 „;

$$\text{W:H} = 1:1,62.$$

Den Resultaten des Versuchs gemäss kann von der Geeignetheit des schwefelsauren Pyridins zur Versorgung der höheren Pflanze, speziell des Hafers, mit Stickstoff keine Rede sein, da es schnell ihr Eingehen veranlasst. Wie schwefelsaures Pyridin wird sich selbstverständlich auch salzsaures verhalten. Die Pyridinsalze schädigen mithin die höhere Pflanze nahezu ebenso, wie das o-Nitrophenol und Rhodannatrium. Die Giftwirkung des Pyridins scheint aber etwas langsamer als diejenige der letzteren zu erfolgen, worauf die Bildung auch eines 5. Blattes hinweist. Stark schädigenden Einfluss erfährt jedenfalls die Wurzeltätigkeit der Pflanzen. Stickstoffbestimmungen sind hier aus den schon angeführten Gründen nicht zur Ausführung gekommen.

Es muss hinzugefügt werden, dass das Pyridin nicht als allgemein schädigende Substanz gelten kann, denn, wie aus der Literatur bekannt, werden manche Pflanzenarten dadurch nicht geschädigt. So stellen G. Ciamician und C. Ravenna<sup>1)</sup> fest, dass Hülsenfrüchter (Bohne) durch das Pyridin in ihrem Wachstum nicht beeinträchtigt werden. Es kommt also auch beim Pyridineinfluss in Betracht, um welche Pflanzenspezies es sich dabei handelt.

### 8. Ernährungsversuch mit Albumin.

Albumin, aus Blut dargestellt, wurde der Pflanze bei voller Stickstoffgabe in der Menge von 0,3188 g gewährt.

Die Albuminpflanzen wiesen das 3. Blatt am 26. VII, das 4. am 30. VII, das 5. am 3. VIII und das 6. am 7. VIII auf. Nach ihrem äusseren Aussehen beurteilt, waren die Pflanzen um diese Zeit die bestentwickelten unter den Pflanzen dieser Versuchsreihe. Am 11. VIII war bei Pflanze II das 7. Blatt sichtbar. Den 2. Halm trieb zuerst Pflanze I, und zwar am 16. VIII, hervor. Die

1) Gazz. chim. ital. 48 (1918), I, S. 253; nach Jahresber. f. Agrik.-Chem. 1919, S. 139.

Rispe derselben zeigte sich am 19. VIII. Zugleich wurde bei Pflanze II der 2. und 3. Halm beobachtet. Am 21. VIII war Pflanze I mit 3 Halmen und Pflanze II mit 4 Halmen versehen. Am 1. IX wurde von Pflanze II eine Rispe hervorgehoben. Um den 1. X waren bei beiden Pflanzen je 6 Halme vorhanden. Bis zum Abschluss des Versuchs erfuhr die Zahl der Halme beider Pflanzen Vermehrung um je 6.

Bild V auf Taf. III stellt Pflanze I vor. Unter den 12 Halmen der Pflanze I waren 3 Sommerhalme, von welchen der 1. Gruppe angehörte: 41,6 ( $R=961$ , 3as, 4ar) und der 3. Gruppe: 46,8, 26,8. Die Breite der Blattspreite mit der Länge 186 betrug 3,5. Die 9 Herbsthalme hatten die Längen: 38, 25, 12, 6,4, 5,8, 4,5, 2,8, 2,7, 2,6. Die älteren Halme wiesen immer mehr Blätter (6 und 5) auf als diejenigen der bisher betrachteten Versuche dieser Reihe. Das gilt auch für Pflanze II. Die Länge des Wurzelkörpers war 30 und die Breite desselben 15 auf einer Strecke von 11 cm. Nachstehende Mengen an Lufttrocken- und Trockensubstanz dieser Pflanze und ihrer Teile wurden gefunden: Halm 41,6 = 0,17 resp. 0,1543 g; Rispe = 0,03 resp. 0,0272 g; die übrigen Halme = 0,7 resp. 0,6354 g; sämtliche Halme = 0,87 resp. 0,7897 g; Wurzeln = 0,231 resp. 0,2075 g; ganze Pflanze = 1,101 resp. 0,9972 g;  $W:H = 1:3,81$ .

Von den ebenfalls 12 Halmen der Pflanze II waren 4 Sommerhalme. Von den letzteren gehörte zur 1. Gruppe: 40,5 ( $R=741$ , 5as, 6ar) und zur 3. Gruppe: 46,9, 38,6, 31,1. Die Blattspreiten-dimensionen waren die gleichen wie diejenigen der Pflanze I. Die Längen der 8 Herbsthalme waren folgende: 31, 30,8, 26,6, 6, 4, 3, 2,6, 2. Der Wurzelkörper besass die Länge 30 und die Breite 15 in einer ähnlichen Erstreckung wie bei der anderen Pflanze. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte wurden ermittelt: Halm 40,5 = 0,194 resp. 0,1761 g; Rispe = 0,015 resp. 0,0136 g; die übrigen Halme = 0,82 resp. 0,7443 g; sämtliche Halme = 1,014 resp. 0,9204 g; Wurzeln = 0,245 resp. 0,2201 g; ganze Pflanze = 1,259 resp. 1,1405;  $W:H = 1:4,18$ .

Die Mittelwerte sind entsprechend den obigen Resultaten folgende:

	Halmzahl = 12;
	Rispenzahl = 1;
Trockensubstanzgewicht des Rispenhalmes	= 0,1652 g;
„	der Rispe = 0,0204 „;
„	der Halme = 0,855 „;
„	1 Halmes = 0,0713 „;



### 9. Ernährungsversuch mit Pepton.

Pepton, dessen Stickstoffgehalt vom Vf. zu 12,72%<sub>0</sub> bestimmt ward, wurde im Quantum von 0,4009 g, das der erforderlichen Stickstoffgabe entspricht, angewandt.

Bei den Peptonpflanzen trat das 3. Blatt am 26. VII, das 4. am 30. VII, das 5. am 2. VIII, das 6. am 7. VIII und das 7. am 11. VIII hervor. Um die Mitte August entwickelte Pflanze I den 2. und 3. Halm. Am 21. VIII wurde der 4. Halm der Pflanze I und das 8. Blatt, sowie der 2. und 3. Halm der Pflanze II sichtbar. Am 5. IX kam eine Rispe bei Pflanze I zum Vorschein. Am 10. IX waren bei Pflanze II 5 Halme, am 1. X 6 vorhanden. Auch Pflanze I besass um diese Zeit 6 Halme. Bis zum Abschluss des Versuchs verdoppelte sich die Zahl der Halme bei Pflanze I, während bei Pflanze II weitere 3 hinzukamen. Das Zurückbleiben der sich anfänglich gut entwickelnden Pflanze II erklärt sich daraus, dass sie beschädigt wurde, wodurch ihre Weiterentwicklung stark beeinträchtigt ward; und das kommt denn auch in den Resultaten zum Ausdruck.

Pflanze I findet sich auf Tafel III mit VI bezeichnet. Von den Anfang November vorhandenen 12 Halmen der Pflanze I waren 4 Sommerhalme, und zwar der 1. Gruppe angehörig: 45,5 (R = 92 l, 5 as, 7 ar) und der 3. Gruppe angehörig: 51, 48,9, 38,4. Die Länge und Breite der Blattspreite betragen 210 resp. 4. Die 8 Herbsthalme zeigten die Längen: 28,4, 26,3, 21,6, 20,5, 18,5, 14,9, 13,3, 8. Die Breite der Blattspreite dieser Halme betrug 9 bei der Länge 182. Auch bei diesen Pflanzen, sowohl bei Pflanze I als Pflanze II, waren die älteren Seitenhalme blattreicher. Der Wurzelkörper wies die Länge 23 und die Breite 15 auf, die sich auf 9 cm seiner Länge ausdehnte. Die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen der Pflanze und ihrer Teile entsprachen folgenden Beträgen:

Halm 45,5	=	0,2553	resp.	0,2317	g;
Rispe	=	0,027	„	0,0245	„;
die übrigen Halme	=	0,695	„	0,631	„;
sämtliche Halme	=	0,9503	„	0,8627	„;
1 Halm	=			0,0719	„;
Wurzeln	=	0,234	„	0,2102	„;
ganze Pflanze	=	1,1843	„	1,0729	„;
W : H	=	1 : 4,1.			

Pflanze II hatte aus dem oben angegebenen Grunde nur 9 in der Mehrzahl minder entwickelte Halme bilden können, von denen 5 Sommerhalme waren. Letztere waren rispenlos und hatten die Längen: 48, 29,1, 29, 9,8, 7,2. Die Blattspreitenbreite stimmte mit derjenigen der Pflanze I überein. An Herbsthalmen waren fol-

gende vorhanden: 30,2, 6,1, 4,8, 3,6. Die Länge des Wurzelkörpers betrug wohl 24, seine Breite aber nur 10 in einer Ausdehnung von 9 cm. Die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen der Pflanze verteilten sich folgendermassen: Halme = 0,534 resp. 0,4847 g; Wurzeln = 0,125 resp. 0,1123 g; ganze Pflanze = 0,659 resp. 0,5970 g; W:H = 1:4,32.

Wie letztere Daten deutlich zeigen, ist Pflanze II infolge der Beschädigung im Wachstum stark zurückgeblieben. Es ist daher für diesen Versuch die Berechnung von Mittelwerten unterblieben. Mit den Albuminpflanzen kann also nur die Peptonpflanze I verglichen werden.

Im grossen und ganzen stimmt die Grösse der Zunahme an Pflanzensubstanz und die Art der Ausbildung bei der Peptonpflanze mit denjenigen bei den Albuminpflanzen fast überein. Grössere Abweichungen lassen sich, und zwar zu Gunsten der Peptonpflanze, in betreff der Längen der älteren Halme konstatieren. Der Wurzelkörper der Peptonpflanze ist wohl kürzer geblieben, dabei aber sonst stärker und dichter normal verzweigt. Ihr Gesamtstickstoffgehalt wurde zu 3,87%, ihr Eiweissstickstoffgehalt zu 1,63% gefunden. Letzterer beträgt in Prozenten des Gesamtstickstoffs 42,12.

Aus diesen Ermittlungen lässt sich folgern, dass der Peptonstickstoff bezüglich der Ernährung des Hafers ähnlich günstig wie der Albuminstickstoff gewirkt hat. Ein ungünstigeres Resultat als beim Albumin kann eigentlich beim Pepton auch nicht vorausgesetzt werden, da es zu den leicht diffundierenden und Eiweiss bildenden Stoffen gehört. Die Resultate der Versuche des Vf.'s gestatten den Schluss, dass das Albumin kaum schwieriger als das Pepton die pflanzliche Membran passiert.

Ähnliche Resultate wie Vf. bei Pepton hat auch Reed O. Brigham<sup>1)</sup> erhalten, und zwar mit Mais, während die Versuche von H. B. Hutchinson und N. H. J. Miller<sup>2)</sup> mit Erbsen ein anderes Ergebnis brachten. Letztere entwickelten sich dabei sehr dürftig mit abnorm schwacher Wurzelbildung. So sehen wir auch hier die Pflanzenarten sich selbst dieser organischen Stickstoffverbindung gegenüber verschieden verhalten, wie das auch anderwärts hervorgehoben werden musste.

---

1) l. c.

2) l. c.

## 10. Ernährungsversuch bei Ausschluss der Stickstoffgabe.

Zur Charakteristik dieser Pflanzen sind folgende Angaben zu machen.

Das 3. Blatt zeigte sich bei diesen Pflanzen am 26. VII, das 4. am 1. resp. 2. VIII, das 5. am 6. VIII und das 6. am 10. resp. 11. VIII. Am 20. VIII trat der 1. Seitenhalm bei Pflanze I hervor. Am 23. VIII begann sich der 2. Halm von Pflanze II zu entwickeln. Am 25. VIII schob Pflanze I die Rispe hervor. Letztere schoss bei Pflanze II am 4. IX hervor, und ihr folgte am 8. IX der 3. Halm. Gegen das Ende des Monats begann das Abtrocknen der Pflanzen, das aber so langsam vonstatten ging, dass auch beim Abernten ein guter Teil des Haupthalmes noch grün war.

Pflanze I bestand also nur aus 2 im Sommer gebildeten Halmen. Von ihnen gehörte zur 1. Gruppe: 30,5 (R = 50 l, 2 as, 2 ar) und zur 3. Gruppe: 0,7. Die Blattspreite hatte die Länge 78 und die Breite 3. Der schon an der Basis ganz schmale Wurzelkörper hatte die Länge 42. Von den bestimmten Mengen der Lufttrocken- und Trockensubstanz entfielen auf: Halme = 0,0715 resp. 0,0649 g; Wurzeln = 0,0179 resp. 0,0163 g; ganze Pflanze = 0,0894 resp. 0,0812 g; W:H=1:3,98.

Von den 3 Halmen der Pflanze II war einzureihen in die 1. Gruppe: 29,5 (R = 49 l, 2 as, 2 ar) und in die 3. Gruppe: 8,1, 0,9. Die Breite der Blattspreite von der Länge 81 war die gleiche wie bei Pflanze I. Der wie bei letzterer erwähnt beschaffene Wurzelkörper besass die Länge 55. Gefunden wurden folgende Mengen an Lufttrocken- und Trockensubstanz: Halme = 0,071 resp. 0,0645 g; Wurzeln = 0,018 resp. 0,0161 g; ganze Pflanze = 0,089 resp. 0,0806 g; W:H = 1:4,0.

Man erhält damit folgende Mittelwerte:

Halmzahl = 2,5;

Rispenzahl = 1;

Trockensubstanzgewicht des Rispenhalmes = 0,0512 g;

„ der Halme = 0,0647 „;

„ 1 Halmes = 0,026 „;

„ der Wurzeln = 0,0162 „;

„ der ganzen Pflanze = 0,0809 „;

W:H = 1:3,99.

Photographiert wurde Pflanze II, die auf Tafel III mit I bezeichnet ist.

Wie vorauszusehen, tritt einem recht deutlich die dürftige Entwicklung dieser Pflanzen mit den bekannten Stickstoffmangelerscheinungen entgegen. Als verhältnismässig gut ist die auf die oberirdischen Teile der Pflanzen kommende Produktion anzusehen, was durch das weite Verhältnis zwischen Wurzeln und Halmen angezeigt wird. Der Wurzelkörper besitzt trotz des schwächlichen Baues eine sehr beträchtliche Länge, wie das eben bei Stickstoffmangel beobachtet wird. Die Kennzeichen des Stickstoffhungerretiolements sind also bei den Pflanzen gut ausgeprägt. Der Stickstoffmangel der Kultur findet auch in dem niedrigen prozentualen Stickstoffgehalt Ausdruck. Letzterer stellt sich im Mittel auf 2,29% der Trockensubstanz der Pflanzen.

## VI. Dritte Versuchsserie des Jahres 1900. (Tafel III.)

Diese Versuchsreihe begann um ca. 2 Wochen später als die zweite, nämlich am 15. resp. 18. VIII, weil eine der Verwendung findenden organischen Stickstoffverbindungen nicht früher in nötiger Reinheit zur Verfügung stand. Die Versuchspflanzen entstammten dem früher charakterisierten Saatgut des Ligowohafers. Von den in oben beschriebener Weise erhaltenen Pflänzchen wurde eines mit 2 Blättern als Ersatzpflanze für die beim früheren Versuch mit Pikrinsäure eingegangene genommen, und zwar am 15. VIII. In dieser Versuchsreihe kam ferner der Versuch mit Koniinstickstoff neben demjenigen mit der ohne Stickstoffverbindung gelassenen Pflanze zur Ausführung, und zwar vom 18. VIII an, wo sie in die betreffenden Lösungen gesetzt wurden. Die zu diesen Versuchen gewählten Pflänzchen waren schon etwas älter geworden, hatten bereits das 3. Blatt hervortreten lassen. Die Gewährung der stickstoffhaltigen Substanzen sowie der übrigen Nährbestandteile erfolgte in der in der Einleitung zur 2. Versuchsserie erörterten Weise, nur mit Änderung der Zeitdaten. Die 3. Versuchsreihe umfasste 4 Pflanzen, da für den Pikrinsäureversuch und den ohne Stickstoffgabe durchgeführten Versuch von den gleichmässig entwickelten Pflänzchen nur je 1 genommen wurde. Im übrigen sei auf das in den Einleitungen zur 1. und 2. Versuchsreihe Bemerkte verwiesen. Photographiert wurde nur die Koniinpflanze am 1. X. Da der Pikrinsäureversuch schon in der 2. Versuchsreihe Berücksichtigung gefunden hat, erübrigt hier nur die genauere Mitteilung der gemachten Beobachtungen

und der Resultate des Koniinversuchs und des ohne Stickstoffgabe durchgeführten Versuchs.

## 2. Ernährungsversuch mit Koniin.

Die Pflanzen bekamen das Koniin als salzsaure Verbindung, und zwar bei voller Stickstoffgabe in der Menge von 0,5956 g. Die Pflanzen zeigten, wie gleich bemerkt sei, bei der Darreichung des Stickstoffs in Form des genannten Alkaloids eine gute Entwicklung. Der Versuch begann am 18. VIII.

Das 4. Blatt erschien bei Pflanze I am 21. VIII, bei Pflanze II am 23. VIII, das 5. Blatt am 30. VIII resp. am 2. IX und das 6. Blatt am 10. resp. 13. IX. Ein 7. Blatt wies Pflanze I am 18. IX auf. Am 1. X trieb Pflanze II 2 Seitenhalme hervor. Bald darauf zeigte sich auch ein Seitenhalm bei Pflanze I. Beim Abschluss des Versuchs betrug die Gesamtzahl der Halme der Pflanze I 3 und der Pflanze II 5.

Der Haupthalm der Pflanze I hatte die Länge 52,7 und die Seitenhalme die Längen: 22,8 und 13,7. Bei ersterem betrug die Breite der Blattspreite mit der Länge 198 4,5, bei letzteren 6,2. Die Länge des Wurzelkörpers der Pflanze erreichte 43,5 und seine Breite, die sich auf ein Viertel seiner Länge erstreckte, 10. Die Ermittlung der Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen der Pflanze ergab folgende Resultate: Halme = 0,2975 resp. 0,27 g; Wurzeln = 0,16 resp. 0,1437 g; ganze Pflanze = 0,4575 resp. 0,4137 g; W : H = 1 : 1,88.

Pflanze II wies 5 Halme mit folgenden Längen auf: 37,5, 13,3, 7,4, 3,7, 2,5. Die Blattspreitendimensionen stimmten mit denjenigen der Pflanze I überein. Der Wurzelkörper hatte die Länge 40,5 und war ähnlich demjenigen der Pflanze I ausgebildet. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte wurden für diese Pflanze und ihre Teile gefunden: Halme = 0,18 resp. 0,1634 g; Wurzeln = 0,1125 resp. 0,101 g; ganze Pflanze = 0,2925 resp. 0,2644 g; W : H = 1 : 1,62.

Obigen Angaben gemäss erhält man folgende Mittelwerte :

	Halmzahl = 4;
Trockensubstanzgewicht der Halme	= 0,2167 g;
„	1 Halmes = 0,0542 „;
„	der Wurzeln = 0,1223 „;
„	der ganzen Pflanze = 0,33905 „;
	W : H = 1 : 1,75.

Dieses Resultat des Versuchs berechtigt uns zu behaupten, dass

die Koniinpflanzen eine wesentlich bessere Entwicklung als die gleichaltrige Pikrinsäurepflanze erfahren haben. Die gute Entwicklung wird auch durch das Bild der Koniinpflanze I verdeutlicht, die auf Tafel III mit VII bezeichnet ist. Die Pflanze befindet sich dort zusammen mit solchen, deren Kultur um ca. 3 Wochen früher begann, aber trotzdem übertrifft sie mehrere derselben durch eine üppigere Entwicklung. Es muss auch hervorgehoben werden, dass letztere innerhalb einer relativ kurzen Zeit des Wachstums auftrat. Pflanze II ist wohl reicher an Halmen, diese sind aber kürzer geblieben. Die üppige Entwicklung zeichnet nicht nur die oberirdischen Teile der Pflanzen aus, sondern wird sogar zu einer geradezu wundervollen bei den Wurzeln der Pflanze, die einen nicht nur in die Breite, sondern auch in die Länge ausgedehnten dichten Körper darstellen. Für die ganz beträchtliche Fähigkeit des Koniins die Pflanze mit Stickstoff zu versorgen spricht auch der in ihr gefundene Gehalt an Gesamtstickstoff. Letzterer beträgt nämlich in Prozenten der Trockensubstanz 5,03, ein Gehalt, der von solcher Höhe bisher für eine günstig wirkende organische Stickstoffverbindung noch nicht angeführt werden konnte. Empfehlenswert scheint dem Vf. den Versuch mit Koniin längere Zeit als es hier der Fall war unter günstigen Belichtungsverhältnissen auszuführen.

Von allen für die Versuche des Jahres 1900 ausgewählten Alkaloiden hat sich also allein das Koniin als sehr geeignet zur dauernden Versorgung der höheren grünen Pflanze mit Stickstoff erwiesen.

Nach Versuchen mit Koniin bei höheren Pflanzen sucht man in der Literatur fast vergeblich. W. Sigmund<sup>1)</sup> hat seine Wirkung auf Samen untersucht und führt daraufhin an, dass von Koniin und Nikotin letzteres giftiger gewirkt hat.

### 3. Ernährungsversuch bei Ausschluss der Stickstoffgabe.

Die zu diesem Versuch gewählte Pflanze wies das 4. Blatt am 23. VIII, das 5. am 1. IX und das 6. am 10. IX auf. Ende September zeigte sich ein Seitenhalm, der aber sein Wachstum bald einstellte. Das Abtrocknen der Halme erfolgte im Laufe des Oktober.

1) Biochem. Ztschr. 62 (1914), S. 299; nach Jahresber. f. Agrik.-Chem., Jhg. 57 (1914), S. 156.

Der Haupthalm besass die Länge 32,3. Die Breite seiner Blattspreite mass 2, bei einer Länge von 84. Der Seitenhalm hatte die Länge 5,2. Als Länge des schmalen Wurzelkörpers wurde 40 gefunden. Die Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz verteilten sich in folgender Weise:

Halme =	0,0753	resp.	0,0683	g ;
Wurzeln =	0,0250	"	0,0225	" ;
ganze Pflanze =	0,1003	"	0,0908	" ;
W : H =	1 : 3,04.			

Deutlich ausgeprägt waren bei der Pflanze die Stickstoffmangelerscheinungen. Der Wurzelkörper zeigte wiederum auffallend die Merkmale des Stickstoffhungerretiolements. Angemessen der schwachen Entwicklung der Pflanze ist auch ihr prozentualer Gesamtstickstoffgehalt. Er präsentierte dieselbe Grösse, die für die gleichen Pflanzen der 2. Versuchsserie gefunden wurde. Der prozentuale Gesamtstickstoffgehalt beträgt also auch in diesem Falle 2,29% der Trockensubstanz.

## VII. In der Vegetationszeit des Jahres 1901 ausgeführte Versuche.

Bei diesen Versuchen wurden meist andere organische Stickstoffverbindungen verwendet und einige schon im Jahre vorher benutzte nochmals untersucht. Bei den aromatischen Stickstoffverbindungen, die Ortho-, Meta- und Para-Verbindungen unterscheiden lassen, wurden meist 2 oder 3 isomere betreffs ihrer Brauchbarkeit für die höhere grüne Pflanze als Stickstoffquellen miteinander verglichen. Der Prüfung auf Dienlichkeit zur Verwertung ihres Stickstoffs wurden folgende organische Stoffe unterzogen: Hydrazin, Alanin, Succinamid, Succinimid, Acetonitril, o-Nitrotoluol, Trinitrotoluol, m- und p-Nitrophenol, o-Nitranilin, m- und p-Phenylendiamin, Benzamid, o-, m- und p-Nitrobenzoesäure, o-, m- und p-Aminobenzoesäure. Ausserdem wurden Kontrollpflanzen ohne Gabe von Stickstoffverbindungen kultiviert. Im ganzen wurden also 20 Versuche mit je 2 Pflanzen ausgeführt. Die stickstofffreie Nährlösung war die bereits früher angewandte. Die Konzentration der stickstofffreien Kulturlösung war anfänglich eine schwächere und erfuhr dann, wie bei den früheren Versuchsreihen angegeben ward, eine allmähliche

Steigerung, bis schliesslich 100 ccm der konzentrierten stickstoff-freien Nährlösung zu 1000 ccm verdünnt wurden. Diese Konzentration der Kulturlösung wurde während der ganzen übrigen Vegetationszeit beibehalten. Ebenso, wie früher angegeben, ging auch die Erhöhung der Stickstoff- und Eisenmengen vor sich. Was erstere anbetrifft, so wurde als Anfangsmenge wieder ein Fünftel des Gesamtquantums gewählt. Die organischen Stickstoffverbindungen, denen Säurenatur eigen war, wurden vor dem Hineinbringen der Pflanzen in ihre Lösungen mit schwacher Natronlauge neutralisiert. Stark basische Verbindungen kamen als Salze zur Verwendung. In den Lösungen mit den organischen Stickstoffverbindungen blieben die Pflanzen wieder nur wenige Stunden, nicht länger als bei den schon besprochenen Versuchen, um die organischen Verbindungen unzersetzt (wenigstens wurde hierbei keine Zersetzung durch ausserhalb der Pflanze liegende Ursachen herbeigeführt) zur Wirkung kommen zu lassen.

Begonnen werden konnten diese Versuche etwas später, als diejenigen der 2. Versuchsserie des Jahres 1900. Als Versuchspflanze diente auch bei dieser Reihe Ligowohafer des Baltischen Samenbauverbandes, dessen Aussenkörner gleichen absoluten Gewichts, wie oben angegeben, sterilisiert und am 22. VII zum Keimen ausgelegt wurden. In der erwähnten Weise wurden dann die Keimpflanzen weiterbehandelt, bis eine grössere Zahl derselben die nötige Entwicklungsstufe erreicht hatte und aus den gleichmässig entwickelten die Auswahl zu den Versuchen vorgenommen werden konnte, was am 10. VIII erfolgte. Sämtliche Pflanzen besaßen dann je 3 Blätter; die Länge ihres Halmes betrug 14—15,5 cm und die Wurzellänge fast immer 6 cm. Die Weiterentwicklung der Pflanzen wurde in den ersten Vegetationsmonaten beständig beobachtet und vermerkt, und nur im letzten Monat seltener. Die Pflanzen blieben wie bei den früheren Versuchsreihen vom Befallenwerden durch Pilze und von Insektenschädigungen verschont. Von den Versuchspflanzen, deren Entwicklung die darbotene organische Substanz nicht Einhalt tat, wurden photographische Aufnahmen gemacht; Lichtdruckbilder sind aber für diese Pflanzen nicht hergestellt worden. Die Aberntung der Pflanzen, die nicht früher eingegangen waren, erfolgte Anfang November. Darauf wurden die bei der 1. Versuchsserie des Vegetationsjahres 1900 und bei der Beschreibung der Versuchsmethode erwähnten und näher angegebenen Zählungen, Messun-

gen, Wägungen, Feuchtigkeits- und Stickstoffbestimmungen vorgenommen. Die Angaben für jeden Versuch erfolgen in der früheren Weise.

### 1. Ernährungsversuch mit Hydrazin.

Den Pflanzen wurde schwefelsaures Hydrazin gegeben, und zwar in der Menge von 0,2369 g, welche der ganzen Stickstoffgabe einer Pflanze entspricht. Die Pflanzen entwickelten sich dabei zunächst recht langsam, auch im Vergleich mit den ohne Stickstoffverbindung gebliebenen, und stellten nach einiger Zeit ihr Wachstum überhaupt ein.

Das als erstes während der Darreichung des Hydrazinsulfats hervorkommende 4. Blatt wurde bei den Pflanzen am 15. VIII sichtbar. Das 5. Blatt folgte am 22. und das 6. am 28. VIII. Letzteres trat nur bei Pflanze I hervor, während Pflanze II sehr bald nach der Bildung des 5. Blattes im Wachstum mehr zurückblieb. Am 8. IX wurde bei Pflanze I der 2. Halm bemerkbar, aber bereits am 11. IX begannen die älteren Blätter ihres Haupthalms abzutrocknen. Die letztere Erscheinung war bei Pflanze II schon früher eingetreten. Bei letzterer kam allerdings auch der 2. Halm zum Vorschein, entwickelte sich aber ebenso wie derjenige der Pflanze I nicht weiter und ging zusammen mit dem Haupthalm am 20. IX ein. Sehr bald erfolgte auch das Eingehen der Pflanze I.

Der Haupthalm der Pflanze I hatte die Länge 8,2. Die Blattspreitenbreite desselben betrug 3. Der Seitenhalm besass die Länge 1, der Wurzelkörper die Länge 16,5 und die Breite 4, die aber nach kurzem Verlaufe in einen dünnen Strang übergang. Die Bestimmung der Lufttrocken- und Trockensubstanz dieser Pflanze und ihrer Teile ergab folgende Resultate: Halme = 0,0385 resp. 0,0349 g; Wurzeln = 0,02 resp. 0,018 g; ganze Pflanze = 0,0585 resp. 0,0529 g; W : H = 1 : 1,94.

Die Länge des Haupthalms der Pflanze II betrug 7, diejenige des Seitenhalms 0,5. Der Wurzelkörper wies die Länge 10,5 und die Breite 3 auf und war sonst ebenso beschaffen wie derjenige der Pflanze I. Folgende Mengen an Lufttrocken- und Trockensubstanz wurden gefunden: Halme = 0,027 resp. 0,0245 g; Wurzeln = 0,013 resp. 0,0117 g; ganze Pflanze = 0,040 resp. 0,0362 g; W : H = 1 : 2,1.

Folgende Mittelwerte lassen sich daher für die Hydrazinpflanzen aufstellen:

$$\text{Halmzahl} = 2;$$

Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,0297 g, 1 Halmes = 0,01485 g;

„ der Wurzeln = 0,01485 g;

„ der ganzen Pflanze = 0,04455 „;

$$\text{W : H} = 1 : 2,02.$$

Schon das schwächere Wachstum und dazu das vorzeitige Eingehen der Hydrazinpflanzen lässt schliessen, dass die von ihnen produzierte Körpersubstanzmenge eine geringere als diejenige der Kontrollpflanzen sein muss, wie das denn auch untrüglich durch die Gewichtsbestimmung derselben und ihrer Teile bestätigt wird. Es besteht also kein Zweifel, dass schwefelsaures Hydrazin toxisch wirkt. Die Aufnahme desselben begünstigte der Umstand, dass die Wurzeltätigkeit durch die Verbindung relativ wenig benachteiligt wurde; das ergibt sich, wenn man die Gewichtsmenge dieser Wurzeln mit derjenigen der Kontrollpflanzenwurzeln vergleicht. Stark geschädigt sind dann aber die oberirdischen Teile der Hydrazinpflanzen, deren Lebensfunktionen durch die andauernde Aufnahme und Aufhäufung der dargereichten stark reduzierend wirkenden Substanz nach und nach Abschwächung erfuhren, was nach einiger Zeit zum vorzeitigen Absterben führte. Die starke Benachteiligung gerade der grünen Organe des Hafers wird auch durch das so enge Verhältnis der Wurzeln zu den Halmen verdeutlicht, denn die Pflanzen gehörten schon zu den älteren.

Es kommt mithin dem Hydrazinsulfat gegenüber der Pflanze die Bedeutung einer Giftsubstanz gewissen Grades zu. Den Untersuchungen von O. Loew<sup>1)</sup> zufolge verhindert Hydrazin in der Dosis von 0,2<sup>0</sup>/<sub>00</sub> die Keimung der Gerste. Für die Tiere ist es nach Loews Angaben ebenfalls stark giftig.

## 2. Ernährungsversuch mit Alanin.

Die Alaninmenge hatte 0,3242 g zu betragen. Der Alaninstickstoff hatte eine verhältnismässig schnelle und gute Entwicklung der Haferpflanzen zur Folge.

Das 4. Blatt trat am 14. VIII, das 5. am 19. VIII und das 6. am 24. VIII hervor. Der 2. und 3. Halm begannen zugleich ihre Entwicklung bei Pflanze II am 2. IX und bei Pflanze I am 4. IX. Der 4. Halm wurde bei Pflanze II am 9. X und bei Pflanze I am 15. X sichtbar. Schon vor letzterem Datum zeigten sich bei Pflanze II der 5. und 6. Halm. Die im Laufe des letzten Vegetationsmonats gebildeten Halme kamen aber wenig über die Anfangsentwicklung hinaus.

Zur Zeit des Aberntens besaßen die Halme der Pflanze I folgende Längen: 23,1, 30,1, 9,9, 1<sup>2)</sup>. Die Blattspreitenbreite des Haupthalmes betrug 3, diejenige des Seitenhalmes 7. Letzterer zeichnete

1) J. Pteraeerts, Les Matières azotées, Paris-Louvain 1906, p. 11; Ber. d. deutsch. chem. Ges. 23 (1890), S. 3203.

2) Bei den Längenangaben stehen die Halme in der Reihenfolge, in der sie hervorgetreten sind.

sich aus durch eine grössere Zahl von Blättern, nämlich 8. Die Länge des Wurzelkörpers erreichte 19,5, seine Breite 9, wobei sie sich nahezu auf seine halbe Länge ausdehnte. Die Mengen von Luft-trocken- und Trockensubstanz verteilten sich in folgender Weise: Halme = 0,214 resp. 0,1942 g; Wurzeln = 0,0675 resp. 0,061 g; ganze Pflanze = 0,2815 resp. 0,2552 g; W : H = 1 : 3,18.

Für die 6 Halme der Pflanze II wurden folgende Längen gefunden: 28,4, 27,7, 17,3, 1, 0,8, 0,6. Die Blattspreitenbreite des Haupthalmes betrug 3, diejenige des 1. Seitenhalmes 10. Während der Haupthalm 6 Blätter gebildet hatte, betrug ihre Anzahl beim 2. Halm 9. Der Wurzelkörper hatte die Länge 25,7 und die Breite 13, und zwar auf seiner ganzen oberen Hälfte. Die Luft-trockensubstanz- und Trockensubstanzmengen dieser Pflanze betragen: Halme = 0,3635 resp. 0,3299 g; Wurzeln = 0,1115 resp. 0,1001 g; ganze Pflanze = 0,4750 resp. 0,4300 g; W : H = 1 : 3,3.

Die Mittelwerte gestalten sich damit, wie folgt:

Halmzahl = 5;

Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,262 g, 1 Halmes = 0,0524 g;

„ der Wurzeln = 0,0805 g;

„ der ganzen Pflanze = 0,3426 „;

W : H = 1 : 3,24.

Die Alaninpflanzen haben also im Vergleich mit den ohne Stickstoffgabe aufgewachsenen Pflanzen eine gute Entwicklung erreicht, die sich auf alle Teile der Pflanze, darunter auch Triebe 2. Ordnung, bezieht. Die bei Gegenwart von Alanin zu beobachtende kräftige Entwicklung der Wurzeln ist dem Wachstum der ganzen Pflanze bestens zugute gekommen. Freilich differieren in betreff der Gewichtsmengen ihrer Organe die beiden Individuen untereinander. Jedenfalls beweist die mit dem Alanin erhaltene Produktionsgrösse der Pflanze, dass der Alaninstickstoff durchaus geeignet ist als Stickstoffquelle der höheren Pflanze zu dienen. Der Wert dieser Verbindung als Stickstoffnährstoff für die Pflanze spricht sich ferner darin aus, dass durch sie der Stickstoffgehalt der Pflanze stark erhöht wird. In Prozenten der Trockensubstanz beträgt dabei der Gesamtstickstoffgehalt 3,75. Die Bestimmung des Eiweissstickstoffs der Alaninpflanze konnte zwar nicht ausgeführt werden, weil dazu die geerntete Pflanzenmasse nicht ausreichend war. Diese Bestimmung ist eigentlich hier auch überflüssig, da das gute Wachstum bei diesem Stickstoffnährstoff

eine gute Assimilation desselben als Voraussetzung haben muss. Vielleicht erfolgt aber das Eindringen des Alanins ins Protoplasma schwieriger.

In betreff der Wirkung des Alanins auf die höhere Pflanze führen O. Schreiner und J. J. Skinner<sup>1)</sup> an, dass es das Wachstum von Weizen begünstigt. Auch Reed O. Brigham<sup>2)</sup> findet, dass das Alanin eine gute Stickstoffquelle für Mais ist. Dagegen konstatieren H. B. Hutchinson und N. H. J. Miller<sup>3)</sup> schlechtes Wachstum der Erbsen mit Alanin.

### 3. Ernährungsversuch mit Succinamid.

Das Succinamid wurde der Pflanze in der Menge von 0,2113 g geboten. Die Entwicklung der Pflanze ging bei der Ernährung mit Succinamidstickstoff in ganz ähnlicher Weise wie mit Alaninstickstoff vor sich.

Mit dem 4. Blatt waren die Pflanzen am 14. VIII, mit dem 5. am 19. VIII und mit dem 6. am 24. VIII versehen. Der 2. Halm begann sich bei beiden Pflanzen am 3. IX, der 3. am 5. IX zu entwickeln. Der 4. Halm trieb bei Pflanze I am 8. IX und bei Pflanze II am 10. IX hervor. In der Folge vergrösserte sich die Halmzahl noch weiter; so waren bei Pflanze II der 5. und 6. Halm am 12. X und bei Pflanze I der 5. am 15. X vorhanden. Aber die Mehrzahl der später hinzugekommenen Halme verharrte im Anfangsstadium der Entwicklung.

Bei Abschluss der Versuche waren die Längen der 10 Halme der Pflanze I folgende: 21,3, 35,5, 10,2, 6,6, 5,1, 2,5, 1,7, 1, 1, 0,8. Die Blattspaltenbreite des Haupthalmes betrug 3. Der Wurzelkörper besass die Länge 10,5 und die Breite 17; letztere erstreckte sich auf etwa ein Drittel seiner Länge. Die Bestimmung der Lufttrocken- und Trockensubstanz dieser Pflanze erfolgte mit folgendem Resultat: Halme = 0,23 resp. 0,2088 g; Wurzeln = 0,04 resp. 0,0359 g; ganze Pflanze = 0,27 resp. 0,2447 g; W:H = 1:5,82.

Pflanze II besass 8 Halme von folgenden Längen: 24,1, 25, 21,7, 5,7, 1,8, 1,8, 1,1. Die Blattspaltenbreite war die gleiche wie diejenige der Pflanze I. Bei dieser Pflanze wies der 1. Seitenhalm eine grössere Zahl von Blättern auf als der Haupthalm, nämlich 8. Die Länge des Wurzelkörpers wurde zu 11 und seine Breite zu 16, sich auf ca. 5 cm ausdehnend, gefunden. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte wurden bei

1) U. S. Dept. Agr. Bur. Soils, Bull. 88, 1912.

2) l. c.

3) l. c.

dieser Pflanze ermittelt: Halme = 0,38 resp. 0,3449 g; Wurzeln = 0,0795 resp. 0,0714 g; ganze Pflanze = 0,4595 resp. 0,4163 g; W : H = 1 : 4,83.

Als Mittelwerte für die Succinamidpflanzen können folgende gelten :

Halmzahl = 9 ;  
 Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,2768 g, 1 Halmes = 0,0308 g ;  
 „ der Wurzeln = 0,0536 „ ;  
 „ der ganzen Pflanze = 0,3305 „ ;  
 W : H = 1 : 5,32.

Vergleicht man die Mittelwerte der Succinamidpflanzen mit denjenigen der Alaninpflanzen, so sieht man, dass die ersteren zum Teil höher, zum Teil niedriger als die letzteren sind. Die Halmzahl jener ist allerdings grösser, doch überragt ihr Gesamtgewicht wenig dasjenige der Alaninpflanzen, da unter ihnen sich mehrere ganz kurz gebliebene finden. Letztere haben auch das Durchschnittsgewicht 1 Halmes der Succinamidpflanzen ziemlich erniedrigt. Ein geringeres Wurzelgewicht ist für diese Pflanzen ebenfalls konstatierbar, wodurch auch die hohe Verhältniszahl zwischen den Wurzeln und Halmen erklärlich wird. Die durch die Wurzeln ausgeübte Depression macht ihren Einfluss auch auf das Gewicht der ganzen Pflanze geltend, das auf solche Weise etwas niedriger als bei den Alaninpflanzen erhalten wird. Äusserlich unterscheidet sich der Wurzelkörper dieser Pflanzen von demjenigen der Alaninpflanzen dadurch, dass er viel kürzer geblieben ist, sich aber mehr in seitlicher Richtung ausgebreitet hat. Diese Wurzelbildung berechtigt schwerlich zum Schluss, dass das Succinamid die Wurzelentwicklung beeinträchtigt. Der Succinamidstickstoff ist für die Pflanze wohl leicht verfügbar und vermag auch gut in ihre Zellen einzudringen und dieselben zu durchdringen, daher ist eine Verlängerung der Wurzeln und Zellen für dieselbe von keinem Belang. Die Wurzelreduktion hat auch keineswegs eine minder gute Aufnahme des stickstoffhaltigen Körpers veranlasst, denn der Gesamtstickstoffgehalt der Trockensubstanz der oberirdischen Organe der Pflanze beläuft sich im Mittel auf 5,03%. Dieser Gehalt lässt auch eine gute Verwertung des dargereichten organischen Stickstoffs annehmen, was mit dem relativ hohen Gesamtgewicht der Pflanze in Einklang steht. Ein so hoher Gehalt an Gesamtstickstoff ist vom

Vf. nur noch für das Koniin, bei welchem Versuch es sich ebenfalls um eine jüngere Pflanze handelte, gefunden worden.

Andere Versuche mit Succinamid sind dem Vf. nicht bekannt.

#### 4. Ernährungsversuch mit Succinimid.

Vom Succinimid bekamen die Pflanzen im ganzen 0,3606 g. Die Entwicklung der Pflanzen erfolgte dabei anfänglich in ähnlichem Tempo wie mit Succinamid, und erst im September stellten sich Störungen im Wachstum ein, die besonders die Weiterentwicklung der Pflanze II hintangehalten haben. Aber auch das Wachstum der Pflanze I hat sich mit dieser Substanz minder gut vollzogen.

Das 4. Blatt zeigte sich bei den Pflanzen am 15. VIII, das 5. am 19. VIII, das 6. am 25. VIII und das 7. am 31. VIII. Pflanze I trieb den 2. Halm am 8. IX und den 3. Halm am 10. IX hervor. Pflanze II bildete keine weiteren Halme und liess vom letzten Drittel des Septembers an Zeichen des Absterbens erkennen. Am 6. X konnte sie als eingegangen angesehen werden.

Bei der Beendigung des Versuchs hatte Pflanze I 3 Halme von folgenden Längen: 27,6, 24,5, 8,9. Die Blattspreitenbreite des Haupthalmes war 3, diejenige des 2. Halmes 5,5. Die Länge des Wurzelkörpers wurde zu 13,8 und seine Breite zu 15, und zwar nur in einer Ausdehnung von 4 cm, ermittelt; weiterhin war die Wurzelstärke eine sehr geringe. Die Wägung der Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen ergab folgendes Resultat:

Halme =	0,172	rsp.	0,1561	g;
Wurzeln =	0,055	"	0,0494	„;
ganze Pflanze =	0,227	"	0,2055	„;
W : H =	1 : 3,16.			

Der einzige Halm der Pflanze II wies die Länge 19 auf. Die Blattspreitenbreite wich von derjenigen der Pflanze I nicht ab. In betreff des Wurzelkörpers ist zu bemerken, dass seine Länge 11,7 und seine Breite 3 ausmachte. Die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen dieser Pflanze und ihrer Teile waren nachstehende: Halme = 0,075 resp. 0,0681 g; Wurzeln = 0,027 resp. 0,0242 g; ganze Pflanze = 0,102 resp. 0,0923 g; W : H = 1 : 2,81.

Die Berechnung von Mittelwerten ist wegen zu unvollkommener Entwicklung der Pflanze II nicht erfolgt. Das mittlere Trockensubstanzgewicht 1 Halmes der Pflanze I stellt sich auf 0,0520 g, kommt also demjenigen der Alaninpflanze gleich. Dagegen

steht aber die Gesamttrockensubstanzmenge der Halme und das Trockengewicht der ganzen Succinimidpflanze recht zurück hinter denjenigen der Alanin- und Succinamidpflanzen. Da die Wurzeln sich bei Pflanze I mehr seitlich verbreitet haben, kann von einer besonderen Beeinträchtigung des Wurzelwachstums durch das Succinimid kaum die Rede sein, was auch aus der Verhältniszahl erhellt. Jedenfalls ist man berechtigt zu behaupten, dass der durch das Succinimid bewirkte Wachstumseffekt geringer als der für das Succinamid erhaltene ist. Das Succinimid kann fraglos gut ins Innere der Zelle eindringen, wird aber wohl nicht leicht assimilierbar. Auf diese Weise häuft es sich an und kann dann bei höherer Konzentration die Lebensprozesse mehr oder minder stören, wie sich das besonders bei der Entwicklung der Seitenhalme zeigt. Auch das frühe Eingehen der Pflanze II würde sich so erklären lassen. Die reichliche Aufnahme dieser Stickstoffverbindung beweist der hohe Gesamtstickstoffgehalt dieser Pflanze, der vom Vf. im Mittel zu 4,87% bestimmt ist.

Ob andere Versuche mit Succinimid vorliegen, liess sich nicht feststellen.

##### 5. Ernährungsversuch mit Acetonitril.

Von dem als Flüssigkeit existierenden Acetonitril wurden zwecks Gewährung der für die Pflanze nötigen Stickstoffgabe 0,1494 g abgewogen. In Gegenwart dieser organischen stickstoffhaltigen Substanz ging die Entwicklung der Haferpflanze insofern besser vonstatten, als sie bei beiden Versuchspflanzen übereinstimmender verlief und auch mehr Halme als von der Succinimidpflanze hervorgetrieben wurden.

Das 4. Blatt trat bei beiden Pflanzen am 14. VIII, das 5. am 20. VIII und das 6. und letzte des Haupthalmes am 25. VIII hervor. Beide Pflanzen bildeten den 1. Seitenhalm mit 7 Blättern aus. Derselbe wurde bei Pflanze I am 5. IX und bei Pflanze II am 7. IX sichtbar. Der 3. Halm wurde bei Pflanze I am 8. IX und bei Pflanze II am 10. IX beobachtet. In der späteren Vegetationsperiode entwickelten sich dann mehr oder minder noch 4 Halme bei Pflanze I und 2 bei Pflanze II. Als der Versuch zur Erntezeit unterbrochen wurde, waren die Resultate folgende.

Die 7 Halme der Pflanze I besaßen folgende Längen: 20,6, 17,8, 8,8, 7,5, 4,7, 1, 0,5. Die Blattspreitenbreite des Haupthalmes betrug 2, diejenige des 1. Seitenhalmes 7,5. Der Wurzelkörper hatte die Länge 11,5 und die Breite 10, aber nur auf einem Drittel seiner Länge. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trocken-

substanzmengen wurden für Pflanze I gefunden: Halme = 0,144 resp. 0,131 g; Wurzeln = 0,038 resp. 0,0341 g; ganze Pflanze = 0,182 resp. 0,1651 g; W : H = 1 : 3,84.

Pflanze II bestand aus 5 Halmen mit folgenden Längen: 19,1, 30,3 (mit 7 Blättern), 4,2, 1,9, 1,5. Die Blattspreitenbreiten zeigten hier dasselbe Verhalten wie bei Pflanze I. Der Wurzelkörper erreichte die Länge 15 und die Breite 8 in einer Ausdehnung von 4 cm. Ermittelt wurden folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen der Pflanze II: Halme = 0,1392 resp. 0,1263 g; Wurzeln = 0,0338 resp. 0,0304 g; ganze Pflanze = 0,1730 resp. 0,1567 g; W : H = 1 : 4,15.

Demnach ergeben sich folgende Mittelwerte für die Acetonitrilpflanzen:

Halmzahl = 6 ;

Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,1286 g, 1 Halmes = 0,0214 g;

„ der Wurzeln = 0,0322 „ ;

„ der ganzen Pflanze = 0,1609 „ ;

W : H = 1 : 4.

Auf Grund dieser Mittelwerte und des Entwicklungsverlaufes der Pflanzen lässt sich schliessen, dass dieselben bei Gegenwart von Acetonitril eine Zeitlang energisch wachsen, dass darauf aber die Wachstumsintensität nachlässt, so dass der Produktionseffekt ähnlich wie beim Succinimid nicht hoch wird, indem sowohl das Gesamtgewicht der Pflanze, als auch das Gewicht einzelner Teile derselben hinter denjenigen der übrigen bisher betrachteten Versuchspflanzen dieser Versuchsreihe (selbstverständlich ausgenommen die Hydrazinpflanzen) zurückbleiben. Behindert ist auch das Wurzelwachstum gewesen, denn der Wurzelkörper ist, wie obige Angaben zeigen, schwächer entwickelt. Das kommt auch zum Ausdruck in der betreffenden Verhältniszahl. Der ermittelte Gehalt an Gesamtstickstoff, der in Prozenten der Trockensubstanz dieser Pflanzen 4,05 beträgt, gehört in jedem Falle zu den hohen, so dass die Annahme gerechtfertigt ist, dass auch das Acetonitril von der Pflanze verhältnismässig leicht aufgenommen wird. Die Eiweissbildung aus seinem Stickstoff scheint aber doch schwieriger, ähnlich wie aus dem Succinimidstickstoff, zu erfolgen, was das verhältnismässig niedrige Trockensubstanzgewicht der Pflanzen und ihrer Teile beweist. Letzteres zeigt deutlich der Vergleich desselben mit demjenigen der Alanin- und Succinamid-

pflanzen. Das Trockensubstanzgewicht der Acetonitrilpflanze steht am nächsten dem der Succinimidpflanze.

Physiologen und Agrikulturchemiker sind der Meinung, dass die Nitrile, soweit sie nicht direkt giftig sind, mit ihrem Stickstoff die Pflanze nicht zu ernähren vermögen. Das Acetonitril hat sich nach den Versuchen des Vf.'s weder als giftig noch als unvermögend der Pflanze Stickstoff zu liefern gezeigt. Seine Entwicklungskraft ist aber keine bedeutende. Es kommt gewiss wieder auf die Pflanzenspezies an, mit denen die Versuche zur Ausführung kommen. In einigen Fällen sind zu den Versuchen mit Nitrilen Hülsenfrüchter angewandt worden. Man muss aber bekennen, dass die Frage der Wirkung der Nitrile noch zu wenig geklärt ist.

#### 6. Ernährungsversuch mit Ortho-Nitrotoluol.

Von dieser ebenfalls eine Flüssigkeit vorstellenden Stickstoffverbindung hatten die Versuchspflanzen 0,499 g zu erhalten. Diese Substanz gab ein negatives Ernährungsergebnis. Den Verlauf der Entwicklung der Pflanzen kennzeichnen folgende Daten.

Das 4. Blatt zeigte sich bei den Pflanzen am 15. VIII. Kurz vor dem Erscheinen des 5. Blattes war bei den Pflanzen eine Abnahme des Turgors konstaterbar. Das 5. Blatt trat bei Pflanze I am 21. und bei Pflanze II am 22. VIII hervor. Die Spitze dieses Blattes war bei letzterer Pflanze gelb gefärbt. Das 6. Blatt kam nur bei Pflanze I zum Vorschein, und zwar am 28. VIII. Gleich darauf stellte sich Welken ein, das schon einige Tage früher bei Pflanze II beobachtet werden konnte. Anfang September begannen die Halme beider Pflanzen abzutrocknen. Ein 2. Halm wurde nur bei Pflanze I am 4. IX sichtbar. Aber bereits vor Mitte September ging die Pflanze ein. Pflanze II eilte ihr damit sogar um einige Tage voraus.

Bei Pflanze I hatte der Haupthalm die Länge 8 und der Seitenhalm die Länge 1,3. Die Blattspreitenbreite mass 2,2. Der Wurzelkörper wies die Länge 8,5 und die Breite 3 bei sehr geringer Ausdehnung auf. Die Bestimmung der Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen ergab folgendes Resultat: Halme = 0,0485 resp. 0,044 g; Wurzeln = 0,0085 resp. 0,0076 g; ganze Pflanze = 0,0570 resp. 0,0516 g; W : H = 1 : 5,8.

Der einzige Halm der Pflanze II besass die Länge 9,9. Für die Blattspreitenbreite wurde dieselbe Grösse wie bei Pflanze I festgestellt. Der Wurzelkörper hatte die Länge 10,5 und war ebenfalls von geringer Stärke. Von den ermittelten Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen entfielen auf: Halme = 0,05

rsp. 0,0454 g; Wurzeln = 0,014 resp. 0,0126 g; ganze Pflanze = 0,064 resp. 0,0580 g; W:H = 1:3,6.

Mithin stellen sich die Mittelwerte, wie folgt:

Halmzahl = 1,5;

Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,0447 g, 1 Halmes = 0,0298 g;

„ der Wurzeln = 0,0101 „;

„ der ganzen Pflanze = 0,0548 „;

W:H = 1:4,7.

Das Resultat dieses Versuchs lässt sich dahin zusammenfassen, dass das o-Nitrotoluol nicht geeignet ist als Stickstoffquelle für die Pflanze zu dienen, ja, dass es direkt ihr Wachstum hemmt und vorzeitig sistiert. Die dabei erhaltene Menge von Pflanzensubstanz ist daher geringer als in dem Falle, wenn die Pflanze keinen Stickstoff zugeführt erhält. Die Schädigung des Wachstums kommt mehr oder minder gleich der durch das Hydrazin ausgeübten. Freilich scheint das o-Nitrotoluol mehr als das Hydrazin das Wurzelwachstum zu beeinträchtigen. Darauf weist auch die gefundene Verhältniszahl hin, die zugleich anzeigt, dass die Halmentwicklung der Pflanzen sich relativ besser gestaltet hat. Die geringen Erntemengen ermöglichten natürlich nicht die Bestimmung des Stickstoffgehalts der mit o-Nitrotoluol ernährten Pflanzen.

Einwandfreie Versuche mit dem o-Nitrotoluol bei der höheren grünen Pflanze fehlten bisher.

## 7. Ernährungsversuch mit Trinitrotoluol.

Jede Versuchspflanze bekam bei der ganzen Stickstoffgabe 0,2755 g dieser Substanz. Das Entwicklungstempo der Pflanzen war bei Gegenwart von Trinitrotoluol ähnlich wie bei o-Nitrotoluol.

Das 4. Blatt war am 15. VIII sichtbar. Zugleich trat Rosafärbung der Würzelchen auf. Sie wandelte sich allmählich in Röte um, die auch beim Abschluss des Versuchs vorhanden war. Dabei entwickelten sich die Pflanzen bis zum Erscheinen des 5. Blattes schwächer als die Nitrotoluolpflanzen. Das 5. Blatt kam bei Pflanze I am 21. VIII und bei Pflanze II am 22. VIII hervor. Beide Pflanzen liessen auch ein 6. Blatt hervortreten, und zwar Pflanze I am 27. VIII und Pflanze II am 28. VIII. Um den 11. IX war das Chlorophyll aus der Spitze des jüngsten Blattes der Pflanze I geschwunden und nach einiger Zeit folgte das Abtrocknen dieses sowie der übrigen Blätter und des oberen Halmteiles. Derartige Erscheinungen wurden bei Pflanze II, die auch nahezu im Wachstum stillstand, eine Woche später beobachtet. Es kam aber bei beiden Pflanzen doch noch zum Erscheinen von Reservetrieben, die, freilich sich kaum entwickelnd, bis zur Vornahme der Aberntung frisch blieben.

Der Haupthalm der Pflanze I wies die Länge 9,6 auf und die Seitenhalme die Längen: 1,5, 1,5, 1,3. Die Blattspreitenbreite betrug 2. Als Länge des Wurzelkörpers wurde 10,8 und als Breite desselben 4 festgestellt. Wie bereits bemerkt, waren die Wurzeln von roter Färbung. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte wurden für diese Pflanze gefunden: Halme = 0,047 resp. 0,0427 g; Wurzeln = 0,011 resp. 0,0099 g; ganze Pflanze = 0,058 resp. 0,0526 g; W : H = 1 : 4,31.

Die Längen der 3 Halme der Pflanze II waren folgende: 11,4, 1,5, 0,5. Die Blattspreitenbreite war gleichen Betrages wie diejenige der Pflanze I. Die Länge des Wurzelkörpers betrug 10,3 und die Breite desselben 3,5. Die Wurzeln waren ebenfalls rot gefärbt. Die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen verteilten sich folgendermassen: Halme = 0,048 resp. 0,0436 g; Wurzeln = 0,010 resp. 0,009 g; ganze Pflanze = 0,058 resp. 0,0526 g; W : H = 1 : 4,84.

Diese Daten, die bei beiden Pflanzen fast gleich sind, ergeben folgende Mittelwerte:

Halmzahl = 3,5;  
 Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,0431 g, 1 Halmes = 0,0123 g;  
 „ der Wurzeln = 0,0094 „ ;  
 „ der ganzen Pflanze = 0,0525 „ ;  
 W : H = 1 : 4,57.

Diese Werte berechtigen zu dem Schluss, dass auch das Trinitrotoluol nicht geeignet ist die Kulturpflanze mit Stickstoff zu versorgen und dass es sie auch schädigt. Die schädigende Wirkung des Trinitrotoluols geht aber nicht so weit, wie diejenige des Nitrotoluols, denn das Wachstum wird nach einer gewissen Zeit allerdings minim, aber es wird nicht vorzeitig völlig sistiert und die Pflanze wird nicht einzugehen veranlasst. Das dabei erhaltene Pflanzengewicht fällt aber freilich klein aus und bleibt hinter demjenigen der des Stickstoffzusatzes entbehrenden Pflanze nicht wenig zurück. Wie das Nitrotoluol, so beeinträchtigt auch das Trinitrotoluol besonders die Wurzelentwicklung. Das rote Pigment der Wurzeln lässt auch ohne weiteres diesen Schluss zu.

Bisher liegt nur dieser einzige Vegetationsversuch mit Trinitrotoluol vor.

## 8. Ernährungsversuch mit Meta-Nitrophenol.

Nachdem bereits in der 2. Versuchsserie des Jahres 1900 das o-Nitrophenol als stickstoffhaltige Nährsubstanz zur Prüfung gekommen war, wurden in dieser Serie das m- und p-Nitrophenol dazu gewählt. Der für die Pflanze nötigen Stickstoffgabe entsprechen Mengen letzterer Verbindungen im Betrage von 0,5062 g. Wie das o-Nitrophenol, hat sich auch das m-Nitrophenol als das Wachstum sistierend gezeigt; freilich trat bei letzterem diese Wirkung später ein.

Nachdem am 15. VIII bei beiden Pflanzen das 4. Blatt hervorgetreten war, folgte am 20. VIII das 5. Wenige Tage später konnte das Gelbwerden und Abtrocknen der unteren Blätter der Pflanzen beobachtet werden. Während letzteres seinen Fortgang nahm, kam noch am 26. VIII das 6. Blatt hervor. Das war das letzte Zeichen eines Wachstums, und dann ging das Abtrocknen mit um so grösserer Energie vor sich. Am 31. VIII konnten die Pflanzen als abgestorben betrachtet werden. Die Wurzeln zeigten keine Missfärbung.

Der Halm der Pflanze I besass die Länge 9,6. Die Blattspaltenbreite war 2. Die Länge des Wurzelkörpers betrug 12, seine Breite 3, und zwar erstreckte sie sich auf die halbe Länge desselben. Folgende Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz wurden für die Pflanze gefunden: Halm = 0,046 resp. 0,0417 g; Wurzeln = 0,0075 resp. 0,0067 g; ganze Pflanze = 0,0535 resp. 0,0484 g; W:H = 1:6,22.

Die Halmlänge der Pflanze II betrug 8,8. Die Blattspaltenbreite war gleich derjenigen von Pflanze I. Die Länge des Wurzelkörpers wurde zu 11 bei ebenfalls geringer Breite ermittelt. Die Bestimmung der Lufttrocken- und Trockensubstanz ergab folgendes Resultat: Halm = 0,051 resp. 0,0463 g; Wurzeln = 0,012 resp. 0,0108 g; ganze Pflanze = 0,063 resp. 0,0571 g; W:H = 1:4,29.

Obige Einzeldaten ergeben folgende Mittelwerte:

Halmzahl = 1;

Trockensubstanzgewicht des Halmes = 0,044 g;

„ der Wurzeln = 0,0087 „;

„ der ganzen Pflanze = 0,0527 „;

W:H = 1:5,26.

Wie vom Vf. bereits früher das o-Nitrophenol als schädlich für die höhere grüne Pflanze befunden wurde, so zeigte sich dasselbe hier beim m-Nitrophenol. Doch konnte in letzterem Falle die Pflanze um einige Tage länger das Leben fortsetzen. Die Wurzeln der m-Nitrophenolpflanzen litten aber mehr als bei der Einwirkung

von o-Nitrophenol. Die stärkere Schädigung der Wurzeln durch das m-Nitrophenol findet auch Ausdruck im weiten Verhältnis zwischen Wurzel- und Halmmasse. Nicht in gleichem Grade wie die Wurzeln werden demnach die oberirdischen Teile der Pflanzen durch das m-Nitrophenol im Wachsen gehemmt, wie das die gefundenen Halmgewichte verdeutlichen.

### 9. Ernährungsversuch mit Para-Nitrophenol.

A priori sei bemerkt, dass die Para-Verbindung sich ebenfalls als das Wachstum der Kulturpflanze sistierend erwies.

Die Pflanzen zeigten das Erscheinen des 4. Blattes am 15. VIII und des 5. am 20. VIII. Schon früh konnte das Schwinden des Chlorophylls bei den älteren Blättern beobachtet werden, und nicht lange liess ihr Abtrocknen auf sich warten, das schnelle Fortschritte machte und auch die jüngeren Blätter ergriff, so dass die Pflanzen nahezu um dieselbe Zeit wie die Pflanzen, denen der Stickstoff in Form von m-Nitrophenol gewährt wurde, eingingen.

Der Halm der Pflanze I war von der Länge 9,1. Die Blattspaltenbreite stellte sich auf 2,5; die Blätter hatten sich also etwas besser als bei den m-Nitrophenolpflanzen entwickelt. Die Länge des Wurzelkörpers betrug 10,5; die Breite desselben war allerdings gering (3), aber die Verzweigung eine stärkere. Die Wurzelfarbe war normal. Die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen der Pflanze und ihrer Teile verteilten sich folgendermassen: Halm = 0,038 resp. 0,0345 g; Wurzeln = 0,012 resp. 0,0108 g; ganze Pflanze = 0,050 resp. 0,0453 g; W:H = 1:3,2.

Der Halm der Pflanze II hatte die Länge 8. Die Blattspalte war von derselben Breite wie bei Pflanze I. Die Länge des Wurzelkörpers wurde zu 12 gefunden. Im übrigen war er ebenso wie bei der Parallelpflanze beschaffen. Von der bestimmten Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmenge kamen auf: Halm = 0,038 resp. 0,0345 g; Wurzeln = 0,017 resp. 0,0153 g; ganze Pflanze = 0,055 resp. 0,0498 g; W:H = 1:2,26.

Obigen Befunden gemäss ergeben sich folgende Mittelwerte:

Halmzahl = 1;

Trockensubstanzgewicht des Halmes = 0,0345 g;

„ der Wurzeln = 0,013 „;

„ der ganzen Pflanze = 0,0475 „;

W:H = 1:2,73.

Dieses Resultat zeigt, dass die Wurzelentwicklung sich bei Gegenwart von p-Nitrophenol besser als mit m-Nitrophenol ge-

staltet. Doch hat sich dabei die Halmentwicklung nicht gebessert. Immerhin ist aber letztere in diesen beiden Fällen besser als bei der Darbietung von o-Nitrophenol. Diesem Versuch zufolge hat also das p-Nitrophenol die höhere Pflanze weniger geschädigt als die beiden anderen isomeren Nitrophenole. Nach Th. Bokorny<sup>1)</sup> soll es für die Algen giftiger als das o-Nitrophenol sein.

Das Endresultat der Prüfungsversuche mit den Nitrophenolen lässt sich dahin zusammenfassen, dass sie durchaus ungeeignet sind die Pflanze mit Stickstoff zu versorgen und dass sie das vorzeitige Eingehen der Pflanze (nach 18—21 Tagen) veranlassen. Auch bei den Keimungsversuchen W. Sigmunds<sup>2)</sup> erwiesen sich die Nitrophenole als giftig.

#### 10. Ernährungsversuch mit Ortho-Nitranilin.

Die der Stickstoffnorm der Pflanze entsprechende Menge dieser Substanz beträgt 0,2513 g.

Das Hervortreten der Blätter wurde bei der Darreichung dieser organischen Stickstoffverbindung an den folgenden Tagen beobachtet: des 4. am 15. VIII, des 5. am 19. VIII und des 6. am 25. VIII. Auch ein 7. Blatt bildete Pflanze I am 1. IX. Der 2. Halm wurde bei Pflanze II am 6. IX und der 3. am 8. IX sichtbar. An letzterem Tage trieb der 2. Halm bei Pflanze I hervor. Am 15. IX wurde bei dieser Pflanze der 3. Halm, und bei Pflanze II der 4. beobachtet. Der 4. Halm der Pflanze I zeigte sich am 26. IX. Die 2 jüngsten Halme beider Pflanzen blieben Reservetriebe. Das Abtrocknen der Pflanzen setzte mit dem Beginn des Oktobers ein und hatte nach 2—3 Wochen das Eingehen derselben zur Folge. Die abgestorbenen Teile der Pflanzen waren von gelber Färbung.

Die 4 Halme der Pflanze I besaßen folgende Längen: 22,5, 6, 0,7, 0,5. Die Breite der Blattspreite betrug 2,5. Die Länge des Wurzelkörpers mit der Basisbreite 3 erreichte 16,3. Folgende Mengen Lufttrocken- und Trockensubstanz wurden für die Pflanze gefunden: Halme = 0,081 resp. 0,0735 g; Wurzeln = 0,0145 resp. 0,013 g; ganze Pflanze = 0,0955 resp. 0,0865 g; W:H = 1:5,65.

Pflanze II hatte ebenfalls 4 Halme mit den Längen: 21, 4,5, 1, 0,5. Die Blattspreitenbreite war die gleiche wie bei Pflanze I. Der Wurzelkörper wies die Länge 16,5 und eine der Pflanze I ähnliche Breite auf. Die Bestimmung der Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte ergab folgendes Resultat: Halme = 0,0845 resp. 0,0767 g; Wurzeln = 0,0155 resp. 0,0139 g; ganze Pflanze = 0,1000 resp. 0,0906 g; W:H = 1:5,52.

1) Jahresber. f. Agrik.-Chem. Jahrg. 39 (1896), S. 269.

2) l. c.

Die Mittelwerte sind daher nachstehende:

	Halmzahl = 4;
Trockensubstanzgewicht der Halme	= 0,0751g, 1 Halme = 0,0188g;
„	der Wurzeln = 0,01345 „;
„	der ganzen Pflanze = 0,08855 „;
	W : H = 1 : 5,58.

Diese Resultate sind dahin zu interpretieren, dass der o-Nitranilinstickstoff der höheren grünen Pflanze nicht zur Ernährung zu dienen vermag, in welcher Hinsicht zwischen den verschiedenen Pflanzenspezies wohl kaum wesentliche Unterschiede bestehen werden. Indifferenz in ihrem Verhalten dieser Versuchspflanze gegenüber kann der in Frage stehenden stickstoffhaltigen Substanz auch nicht zugesprochen werden, da sie, freilich später, Schädigung der Pflanzen bewirkt. Die Schädigung zeigt sich vor allem darin, dass das Pflanzenwachstum gehemmt wird und die Pflanzen schon vor Abschluss der Versuche absterben. Unter den Pflanzenorganen macht sich die Schädigung besonders bei den Wurzeln bemerklich, die zugleich Kennzeichen des Stickstoffhungetiolements aufweisen.

Versuche betreffend die Frage der Verwertung des Nitranilinstickstoffs von seiten der höheren grünen Pflanze fehlten bisher.

#### 11. Ernährungsversuch mit Meta-Phenylendiamin.

Angewandt wurde salzsaures m-Phenylendiamin. Jede Pflanze bekam davon als Maximaldosis 0,3294 g. Der Entwicklungsgang der Pflanzen war dabei folgender.

Das 4. Blatt der Pflanzen zeigte sich am 15. VIII, das 5. am 19. VIII und das 6. am 25. VIII. Einige Tage nach dem Beginn der Darreichung der stickstoffhaltigen Lösung trat eine Verfärbung der Wurzeln auf, die sich mit der Zeit in der Intensität steigerte, so dass sie bei dem Abbrechen des Versuchs vollständig schwarz gefärbt waren. Am 7. IX wurde bei beiden Pflanzen der 2. Halm beobachtet. Ein 3. Halm kam nur bei Pflanze II um den 10. IX zum Vorschein. Von diesem Zeitpunkt an wuchsen die Pflanzen nur schwach, und nach ungefähr 1 Monat begann ihr Abtrocknen, das aber bis zum Abschluss der Versuche noch nicht das Absterben der Pflanzen herbeigeführt hatte.

Die Längen der 2 Halme der Pflanze I waren 19 und 7,5. Die Blattspaltenbreite mass 2. Der Wurzelkörper hatte die Länge 10 und war in der oberen Hälfte mehr verzweigt; seine Basisbreite betrug 3. Er war auch, wie hervorgehoben, von schwarzer Farbe. Dunkle Färbung zeigte auch die Halmbasis der Pflanze. Die Luft-

trockensubstanz- und Trockensubstanzmengen verteilten sich folgendermassen: Halme = 0,0831 resp. 0,0754 g; Wurzeln = 0,0098 resp. 0,0088 g; ganze Pflanze = 0,0929 resp. 0,0842 g; W:H = 1:8,57.

Die 3 Halme der Pflanze II zeigten die Längen: 18,6, 4,3, 1. Die Blattspaltenbreite wurde zu 2 gefunden. Die Länge des Wurzelkörpers betrug 11,5; im übrigen war derselbe ebenso wie bei Pflanze I beschaffen. Die Halmbasis auch dieser Pflanze war dunkel gefärbt. Folgende Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz ergaben sich bei dieser Pflanze: Halme = 0,081 resp. 0,0735 g; Wurzeln = 0,016 resp. 0,0144 g; ganze Pflanze = 0,097 resp. 0,0879 g; W:H = 1:5,1.

Es gelten daher für diese Pflanzen folgende Mittelwerte:

Halmzahl = 2,5;

Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,0744 g, 1 Halmes = 0,0298 g;

„ der Wurzeln = 0,0116 „;

„ der ganzen Pflanze = 0,0860 „;

W:H = 1:6,83.

Das Versuchsergebnis berechtigt zu dem Urteil, dass das m-Phenylendiamin ebenfalls zu den Substanzen, welche die Pflanze mit ihrem Stickstoff nicht ernähren können, gehört. Eine Benachteiligung der Pflanze durch diese Substanz lässt sich insofern konstatieren, als sich das Wurzelwachstum merklich behindert zeigt. Ein derartiger Einfluss war vorauszusehen in Anbetracht der Verfärbung der Wurzeln, die bereits früh auftrat. Einen sehr deutlichen Hinweis auf die Wurzelschädigung gibt auch das gefundene überaus weite Verhältnis zwischen Wurzel und Halm. Ganz hervorragend in dieser Hinsicht ist die für Pflanze I erhaltene Verhältnissgrösse. Eine besondere Rückwirkung der Wurzelbenachteiligung auf das Wachstum der oberirdischen Pflanzenteile lässt sich nicht feststellen. In dieser Beziehung hat sich das m-Phenylendiamin, kann man sagen, indifferent verhalten.

## 12. Ernährungsversuch mit Para-Phenylendiamin.

Das p-Phenylendiamin kam ebenfalls als salzsaure Verbindung zur Anwendung, und zwar, wie gleich bemerkt sei, mit negativem Erfolge. Der Wachstumsverlauf war ähnlich dem bei m-Phenylendiamin beobachteten.

Das 4. Blatt war bei den Pflanzen am 15. VIII, das 5. am 19. VIII und das 6. am 26. VIII sichtbar. Einige Tage nach dem Versuchsbeginn machte sich die Verfärbung der Wurzeln kenntlich, die allmählich immer intensiver wurde. Der 2. Halm wurde von beiden Pflanzen am 8. IX und der 3. am 10. IX hervorgetrieben. Der 4. Halm kam in der Folge bei Pflanze I hervor, entwickelte sich aber ebenso wie der 3. nicht weiter. Also veranlasst auch das p-Phenylendiamin eine ähnliche Wachstumshemmung und -sistierung, wie das m-Phenylendiamin. Das Abtrocknen der Pflanzen erfolgte in Gegenwart dieser Verbindung sogar schneller. Bereits um die Mitte Oktober waren beide Pflanzen abgestorben.

Die Längen der 4 Halme der Pflanze I betragen: 16, 4,4, 0,9, 0,5. Die Blattspreitenbreite war 2. Die Länge des Wurzelkörpers wurde zu 9,8 gefunden. Derselbe war verzweigter an seiner Basis (Breite = 3) und von schwarzer Färbung. Folgende Mengen an Lufttrocken- und Trockensubstanz wurden bei der Bestimmung gefunden: Halme = 0,0525 resp. 0,0476 g; Wurzeln = 0,0105 resp. 0,0094 g; ganze Pflanze = 0,0630 resp. 0,0570 g; W : H = 1 : 5,06.

Pflanze II besass 3 Halme mit den Längen: 16,2, 2,2, 0,8. Die Blattspreitenbreite war die gleiche wie bei Pflanze I. Der Wurzelkörper wies die Länge 9,5 auf und war sonst ebenso beschaffen wie derjenige der Pflanze I. Die Wägung ergab folgende Mengen an Lufttrocken- und Trockensubstanz für diese Pflanze: Halme = 0,063 resp. 0,0572 g; Wurzeln = 0,0125 resp. 0,0112 g; ganze Pflanze = 0,0755 resp. 0,0684 g; W : H = 1 : 5,11.

Aus den obigen Angaben erhält man folgende Mittelwerte:

Halmzahl = 3,5;

Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,0524 g, 1 Halme = 0,0150 g;

„ der Wurzeln = 0,0103 „;

„ der ganzen Pflanze = 0,0627 „;

W : H = 1 : 5,08.

Die mit p-Phenylendiamin erhaltenen Produktionsmengen der Pflanzen sind also geringer als diejenigen der m-Phenylendiaminpflanzen, was wohl dem Umstande zuzuschreiben ist, dass das Wachstum und die Lebensfunktionen der betreffenden Pflanzen früher sistiert wurden. Auch die Wurzelschädigung ist noch gesteigert gegenüber den mit m-Phenylendiamin gewachsenen Pflanzen. Trotzdem es sich in diesem Falle um eine Para-Verbindung handelt, gehört sie doch zu denjenigen Substanzen, deren Stickstoff nicht Verwertung finden kann, und die dazu noch die Pflanze schädigen.

Versuche mit Phenylendiaminen sind in der Literatur nicht anzutreffen. Von Reed O. Brigham <sup>1)</sup> ist das Diphenylamin mit dem Resultat geprüft worden, dass Maiskeimpflanzen, auf Agar mit dieser Substanz gebracht, unter Wurzelbräunung innerhalb 24 Stunden getötet wurden.

### 13. Ernährungsversuch mit Benzamid.

Von dieser Verbindung erhielt jede Pflanze 0,4414 g. Der Entwicklungsgang war dabei folgender.

Was zunächst das Erscheinen der Blätter anbetrifft, so findet sich hier nahezu dieselbe Regelmässigkeit wieder, die von den früher besprochenen Verbindungen aus dieser Versuchsserie her bekannt ist: am 15. VIII zeigte sich das 4. Blatt, am 20. VIII das 5. und am 25. VIII das 6. Der 2. Halm war bei beiden Pflanzen am 4. IX sichtbar. Der 3. Halm trat nur bei Pflanze I am 8. IX hervor. Die Seitenhalme wuchsen entweder gar nicht oder äusserst schwach. Als bald starben dann auch die Pflanzen ab, als erste Pflanze I und bald darauf, am 20. IX, Pflanze II.

Pflanze I wies 3 Halme von den Längen: 20,5, 1, 0,8 auf. Die Blattspreite hatte die Breite 3. Der relativ gut entwickelte Wurzelkörper besass die Länge 11 und die Breite 3. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte wurden für diese Pflanze gefunden: Halme = 0,059 resp. 0,0535 g; Wurzeln = 0,015 resp. 0,0135 g; ganze Pflanze = 0,074 resp. 0,0670 g; W : H = 1 : 3,96.

Die 2 Halme der Pflanze II besaßen die Längen 23 und 4,7. Die Blattspreite war ungefähr so breit wie diejenige der Pflanze I. Der Wurzelkörper dieser Pflanze war gestreckter entwickelt, erinnernd an denjenigen bei Stickstoffhungeretiolement; seine Länge betrug 19,5. Von den Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen entfielen auf: Halme = 0,0714 resp. 0,0648 g; Wurzeln = 0,02 resp. 0,018 g; ganze Pflanze = 0,0914 resp. 0,0828 g; W : H = 1 : 3,6.

Demnach sind die Mittelwerte nachstehende:

Halmzahl = 2,5 ;  
 Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,0591 g, 1 Halmes = 0,02364 g;  
 „ der Wurzeln = 0,0157 „ ;  
 „ der ganzen Pflanze = 0,0749 „ ;  
 W : H = 1 : 3,78.

1) l. c.

Die Resultate des Versuchs besagen unzweideutig, dass das Benzamid unzersetzt nicht geeignet ist der höheren Pflanze als Stickstoffquelle zu dienen. Der Stickstoff dieser Verbindung hat nach der Meinung des Verfassers kaum Assimilation erfahren. Leider ist wegen des geringen Erntequantums der in der gebildeten Pflanzensubstanz enthaltene Stickstoff nicht bestimmt worden. Jedenfalls muss das Benzamid auch zu den die höhere grüne Pflanze schädigenden Substanzen gezählt werden, obgleich hierbei auch die Pflanzenspezies eine Rolle spielen dürfte. Die Wurzelentwicklung des Hafers ist dabei bis zur Sistierung der Lebensfähigkeit desselben relativ wenig beeinträchtigt worden, wie das auch durch ihre im Mittel erhaltene Trockensubstanzmenge angezeigt wird. Stärker prägt sich die Schädigung bei den im Luftmedium gebildeten Pflanzenteilen aus. Ein Vergleich ihrer Menge mit derjenigen der Pflanzen, denen der Stickstoff im Versuch vorenthalten wurde, begründet diese Tatsache am sichersten. Der Pflanze war es natürlich nur so lange normal zu wachsen möglich, als die in den Zellen aufgespeicherte Substanz noch nicht die Lebensfunktionen hemmte und sistierte. Der letztere Moment trat nach einer kurzen Übergangsperiode, der Hemmungsperiode, verhältnismässig wenig vermittelt auf.

In den letzten Jahrzehnten sind Versuche mit Benzamid von R. O. Brigham<sup>1)</sup> ausgeführt worden. Bei seinen Versuchen mit 2 Maissorten war das Benzamid in solchem Masse schädlich, dass die Pflanzen nach 3—20 Tagen abstarben.

#### 14. Ernährungsversuch mit Ortho-Nitrobenzoesäure.

Wie bereits erwähnt wurde, sind ferner Versuche mit den drei isomeren Nitrobenzoesäuren ausgeführt worden. Von den Nitrobenzoesäuren wurde 0,6081 g abgewogen, wenn die Pflanze die Maximaldosis an Stickstoff zu erhalten hatte. Vor dem Hineinsetzen der Pflanzen in die Lösungen dieser Säuren wurden sie stets mit schwacher Natronlauge neutralisiert. Zunächst sei das Verhalten der Pflanze in Gegenwart der o-Nitrobenzoesäure berücksichtigt.

Das 4. Blatt dieser Pflanzen kam am 15. VIII, das 5. am 20. VIII und das 6. am 28. VIII hervor. Letzteres Blatt trat also später hervor, als es bei den meisten Pflanzen dieser Versuchsserie der Fall war. In dieser Beziehung, war

1) l. c.

zu konstatieren Übereinstimmung des Verhaltens der Pflanzen mit demjenigen der o-Nitrotoluol und Trinitrotoluol zwecks Versorgung mit Stickstoff erhaltenden Pflanzen. Was das Auftreten von Seitenhalmen betrifft, so konnte der 2. Halm am 4. IX und der 3. am 5. IX beobachtet werden. Eine Woche später begann aber das Abtrocknen der oberirdischen Organe. Pflanze I trieb allerdings noch einen 4. Halm am 18. IX hervor, aber der Abtrocknungsprozess ging dabei weiter, und zwar in gesteigertem Tempo, so dass kurz nach dem Beginn des letzten Drittels des Septembers die Pflanzen abgestorben waren.

Die Längen der 4 Halme der Pflanze I waren folgende: 22, 8, 3, 1. Die Breite der Blattspreite mass 2,5. Die Messung des Wurzelkörpers, der an der Basis verzweigter (Breite = 3) war, ergab die Länge 9. Die Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz der Pflanze verteilten sich, wie folgt: Halme = 0,066 resp. 0,0599 g; Wurzeln = 0,0145 resp. 0,013 g; ganze Pflanze = 0,0805 resp. 0,0729 g; W:H = 1 : 4,61.

Die 3 Halme der Pflanze II hatten die Längen: 22,8, 10,2, 2. Die Blattspreitenbreite differierte nicht von derjenigen der Pflanze I. Die Länge des Wurzelkörpers erreichte 16,8. Von der bestimmten Lufttrocken- und Trockensubstanz kamen auf: Halme = 0,077 resp. 0,0699 g; Wurzeln = 0,013 resp. 0,0117 g; ganze Pflanze = 0,090 resp. 0,0816 g; W:H = 1 : 6.

Folgende Mittelwerte können daher berechnet werden:

$$\text{Halmzahl} = 3,5;$$

$$\text{Trockensubstanzgewicht der Halme} = 0,0649 \text{ g, 1 Halme} = 0,0185 \text{ g};$$

$$\text{„ der Wurzeln} = 0,01235 \text{ „};$$

$$\text{„ der ganzen Pflanze} = 0,07725 \text{ „};$$

$$\text{W : H} = 1 : 5,3.$$

Die Mittelwerte und Ermittlungen für die Einzelpflanzen und ihre Teile, die für diesen Versuch Geltung haben, lassen keinen Zweifel daran aufkommen, dass der Stickstoff der o-Nitrobenzoesäure, in Form eines Salzes der Pflanze dargeboten, von letzterer nicht genutzt werden kann. Es geht ferner aus den Resultaten hervor, dass dieselbe eine Schädigung der Pflanzenteile veranlasst. In betreff der Wurzeln wird das auch durch das weite Verhältnis der Wurzeln zu den Halmen klar. Beim früheren Versuch trat die Benachteiligung der Wurzeln durch diese Säure nicht eklatant hervor. Die Schädigung der Pflanzen ging bei beiden Versuchen auch recht bald so weit, dass vorzeitiges Absterben eintrat. Die bei der Einwirkung dieser Säure beobachtete Schädigung der Pflanzen erklärt sich daraus, dass dieselbe, nachdem sie in gewisser Menge absorbiert und aufgespeichert worden war, zunächst Störungen

und schliesslich Stillstehen der Lebensfunktionen herbeiführte. Eine Umwandlung dieser Säure im Organismus der Pflanze stösst jedenfalls auf Schwierigkeiten. Abgesehen von der Halmzahl und in gewissem Masse von der Wurzelbildung sind die Resultate dieses Versuchs und des früheren immerhin mehr oder minder übereinstimmend ausgefallen.

Neuere Versuche mit Nitrobenzoesäuren an höheren Pflanzen fehlen. W. Knop und W. Wolf<sup>1)</sup> fanden ihrerzeit, dass bei Gramineen in Wasserkultur Nitrobenzoesäure indifferent war.

#### 15. Ernährungsversuch mit Meta-Nitrobenzoesäure.

Wie bemerkt, wurden die Lösungen dieser Säure gleichfalls nur neutralisiert zur Kultur benutzt. Die Entwicklungsweise der Pflanzen war dabei allerdings ähnlich wie bei Gegenwart von o-Nitrobenzoesäure, aber der schliessliche Wachstumseffekt erreichte eine geringere Höhe.

Das Erscheinen des 4. Blattes bei beiden Pflanzen konnte am 15. VIII registriert werden. Das 5. Blatt zeigte sich bei Pflanze II am 20. VIII, bei Pflanze I am 22. VIII. Überhaupt wich das Verhalten der letzteren Pflanze von dem der Pflanze II ab. Bald nach dem Hervorkommen des 5. Blattes stellte nämlich Pflanze I das Wachstum ein, und zugleich begann das Vergilben zunächst von Teilen ihrer Blätter und schliesslich von ganzen Blättern. Gegen Mitte September konnte die Pflanze als abgestorben betrachtet werden. Dagegen entwickelte sich Pflanze II noch weiter. Am 28. VIII kam ihr 6. Blatt zum Vorschein. Anfang September begannen ihre 2 ältesten Blätter abzutrocknen. Sie trieb dann noch den 2. Halm hervor. Beim Haupthalm setzte sich aber der Abtrocknungsprozess weiter fort, der schliesslich auch auf den neuen Halm übergriff. Um den 20. X war Pflanze II völlig trocken.

Pflanze I resp. deren einziger Halm hatte die Höhe 9 erreicht. Die Breite der Blattspreite war 2,5. Die Länge des Wurzelkörpers betrug 12, die obere Breite desselben 3. Die Bestimmung der Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte ergab folgende Resultate: Halm = 0,047 resp. 0,0427 g; Wurzeln = 0,013 resp. 0,0117 g; ganze Pflanze = 0,060 resp. 0,0544 g; W : H = 1 : 3,65.

Die Längen der 2 Halme der Pflanze II betragen: 13 und 5,5. Die Blattspreitenbreite war 2. Der Wurzelkörper hatte die Länge 15,2 und die Basisbreite 3. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen wurden für die Pflanze und ihre Teile gefunden: Halme = 0,0443 resp. 0,04 g; Wurzeln = 0,0112 resp. 0,01 g; ganze Pflanze = 0,0555 resp. 0,05 g; W : H = 1 : 4.

1) Landw. Versuchsstat. 7 (1865), S. 463.

Die Mittelwerte für diese Versuchspflanzen sind nachstehende :

Halmzahl = 1,5 ;

Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,04135 g, 1 Halmes = 0,0278g;

„ der Wurzeln = 0,01085 „ ;

„ der ganzen Pflanze = 0,05220 „ ;

W : H = 1 : 3,82.

Auf Grund dieser Befunde lässt sich der sichere Schluss ziehen, dass auch die neutralisierte m-Nitrobenzoesäure als Stickstofflieferantin für die höhere Pflanze nicht in Betracht kommt und dass sie, in gewisser Menge aufgenommen, das Wachstum der Pflanzen aufhebt. Die Wurzelentwicklung ist durch die m-Nitrobenzoesäure in ähnlicher Weise wie durch die o-Nitrobenzoesäure beeinträchtigt worden, aber auch die oberirdischen Teile der Pflanzen haben durch sie stark gelitten. Letzteres wird ebenfalls durch die Kürze der Haupthalme erwiesen, was auch durch die um ca. 30 Tage längere Vegetationszeit der Pflanze II nur wenig gebessert werden konnte.

Der Versuch lässt also mit Evidenz erkennen, dass die Meta-Verbindung als Stickstoffnährstoff keineswegs besser wirkt und auch nicht minder stark schädigt als die Ortho-Verbindung. Im Gegenteil, es scheint die Schädigung von seiten der Meta-Verbindung sogar bedeutender auszufallen. Wesentlich anders muss das Urteil in betreff des Einflusses der p-Nitrobenzoesäure auf die Pflanze lauten.

#### 16. Ernährungsversuch mit Para-Nitrobenzoesäure.

Auch p-Nitrobenzoesäure wurde den Pflanzen stets als Natriumsalz geboten. Der Entwicklungsgang der Pflanzen war dabei folgender.

Das 4. Blatt wurde bei beiden Pflanzen am 15. VIII und das 5. bei Pflanze II am 23. und bei Pflanze I am 24. VIII vorgefunden. Fortan war die Entwicklung der beiden Pflanzen eine ungleichmässige, was durch eine Beschädigung der Pflanze I veranlasst ward. Bei Pflanze II kam das 6. Blatt zur Ausbildung. Pflanze I trieb wohl am 31. VIII einen Seitenhalm hervor, aber am 2. IX begann das Abtrocknen des Haupthalmes. Die Pflanze trocknete schnell ab, denn schon vor Ablauf der ersten Dekade des Septembers war sie eingegangen. Pflanze II wies den 2. Halm am 5. IX auf. Am 10. IX trieb sie den 3. Halm hervor, dem dann bis zur Unterbrechung der Versuche noch ein 4. und 5. Halm folgten.

Um zu zeigen, dass Pflanze I bis zur Beschädigung normal wuchs, seien auch für sie die betreffenden Angaben gemacht. Ihren 2 Halmen kamen zu die Längen 5,9 und 2,3. Die Wurzel-

länge war ebenfalls gering, 6,5. Von der Lufttrocken- und Trockensubstanz entfielen auf: Halme = 0,028 resp. 0,0254 g; Wurzeln = 0,007 resp. 0,0063 g; ganze Pflanze = 0,035 resp. 0,0317 g; W : H = 1 : 4,03.

Die 5 Halme der Pflanze II wiesen folgende Längen auf: 18,8, 17, 11,7, 6, 2,3. Die Breite der Blattspreite mass 2,5. Die Länge des Wurzelkörpers betrug 12 und seine Basisbreite 7. Die Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz verteilten sich bei dieser Pflanze in folgender Weise:

Halme =	0,1145	resp.	0,1039	g ;
Wurzeln =	0,032	„	0,0287	„ ;
ganze Pflanze =	0,1465	„	0,1326	„ ;
W : H = 1 : 3,62.				

Das Trockensubstanzgewicht 1 Halmes der Pflanze war 0,02078 g.

Wenn auch die Anführung von Mittelwerten unterbleiben muss, da der Versuch nur mit einer Pflanze zu Ende geführt werden konnte, so lässt doch das massgebende Resultat dieses Versuchs nicht daran zweifeln, dass die p-Nitrobenzoesäure neutralisiert auch bei längerer Darreichung das Wachstum der Haferpflanze nicht schädigt und dass sie teilweise assimiliert wird. Dass der Stickstoff dieser Verbindung zum Aufbau der Pflanze gedient hat, hätte die Bestimmung des Stickstoffgehalts der Pflanze bewiesen. Das obige Resultat, durchaus positiver Art, steht nach des Verfassers Erfahrung nicht allein da, sondern tritt auch bei manchen anderen Para-Verbindungen auf, von welchen wir schon die p-Aminobenzoensäure als markant in dieser Hinsicht wirkend kennen gelernt haben. Die Wachstumsleistung, die durch die p-Nitrobenzoensäure hervorgebracht werden kann, nähert sich der durch das Acetonitril erreichten, wenn man sich einen Vergleich der Leistung dieser Säure mit denjenigen der in dieser Versuchsreihe geprüften organischen Stickstoffverbindungen gestatten will.

Wie Hafer werden wohl auch andere Pflanzenarten durch diese Verbindung in ähnlicher Weise im Wachstum beeinflusst werden

#### 17. Ernährungsversuch mit Ortho-Aminobenzoensäure.

Die den Pflanzen nötige Stickstoffmenge ist, wie gelegentlich eines früheren Versuchs mitgeteilt, in 0,499 g dieser Verbindung und auch der isomeren enthalten. Die Lösung derselben

wurde vor der Anwendung stets mit ganz schwacher Natronlauge neutralisiert. Was den Wachstumsverlauf der Haferpflanzen betrifft, sei hier Folgendes angeführt.

Beide Pflanzen wiesen das 4. Blatt am 15. VIII, das 5. am 20. VIII und das 6. am 27. VIII auf. Schon von Anfang an begannen die Wurzeln eine Verfärbung zu zeigen: sie nahmen eine rötliche Färbung an, die von Tag zu Tag dunkler wurde. Am 23. VIII waren die Wurzeln schon recht dunkel gefärbt. In der Folge, um den 10. IX, trat bei Pflanze II eine Neubildung von Wurzeln auf. Mitunter war bei den Pflanzen die Abnahme des Turgors auffällig, und zwar trat diese Erscheinung schon 8 Tage nach dem Beginn des Versuchs auf. Am 5. IX kam bei beiden Pflanzen der 2. Halm hervor. Der 3. Halm wurde zuerst bei Pflanze II am 13. IX sichtbar. Ausser diesem Halm bildeten beide Pflanzen noch weitere 2, die aber ebenso wie der dritte im Knospenzustande blieben. Die Blätter des Haupthalmes der Pflanzen trockneten im Oktober ab.

Beim Versuchsabschluss waren die Längen der 5 Halme der Pflanze I folgende: 16, 12,9, 1, 1, 1. Die Blattspaltenbreite wurde zu 2 gefunden. Die Länge des dunkelfarbigem Wurzelkörpers war 13,5 und seine Basisbreite 6. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen wurden für diese Pflanze festgestellt: Halme = 0,086 resp. 0,0781 g; Wurzeln = 0,020 resp. 0,0180 g; ganze Pflanze = 0,106 resp. 0,0961 g; W : H = 1 : 4,34.

Die 5 Halme der Pflanze II besaßen folgende Längen: 16,3, 8,8, 1,2, 0,8, 0,8 Die Blattspaltenbreite war dieselbe wie bei Pflanze I. Die Länge des Wurzelkörpers wurde zu 13,5, seine Breite zu 8 bestimmt. Die Wurzeln waren mit Ausnahme der Adventivwurzeln dunkel gefärbt. Die Bestimmung der Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz erfolgte mit folgendem Resultat: Halme = 0,084 resp. 0,0762 g; Wurzeln = 0,023 resp. 0,0207 g; ganze Pflanze = 0,107 resp. 0,0969 g; W : H = 1 : 3,68.

Dementsprechend werden folgende Mittelwerte erhalten :

$$\text{Halmzahl} = 5;$$

$$\text{Trockensubstanzgewicht der Halme} = 0,0771 \text{ g, } 1 \text{ Halme} = 0,01542 \text{ g;}$$

$$\text{„ der Wurzeln} = 0,0193 \text{ „ ;}$$

$$\text{„ der ganzen Pflanze} = 0,0965 \text{ „ ;}$$

$$\text{W : H} = 1 : 4.01.$$

In Anbetracht der bei diesem Versuch erhaltenen Resultate lässt sich eine besondere Schädigung durch o-Aminobenzoesäure, wenn sie neutralisiert dargeboten wird, nicht ohne weiteres behaupten, es sei denn, dass man die Dunkelfärbung der Wurzeln als eine solche ansieht. Obgleich sie früh auftrat, hat sie aber doch nicht das Wurzelgewicht herabzusetzen vermocht. Mit

mehr Berechtigung ist sogar eine gewisse Förderung des Wachstums der Pflanzen durch diese Säure anzunehmen, da ja das Halm- und Pflanzengewicht und der Stickstoffgehalt dieser Pflanzen sich höher zeigen als diejenigen der ohne Stickstoffzusatz aufgewachsenen. Den Gesamtstickstoffgehalt der Pflanzen stellte Vf. nämlich zu 2,96% fest.

#### 18. Ernährungsversuch mit Meta-Aminobenzoesäure.

Nicht weniger als bei der Nitrobenzoesäure musste bei der Aminobenzoesäure die vergleichende Prüfung der beiden anderen isomeren Verbindungen mit der Ortho-Verbindung interessieren. Was die m-Aminobenzoesäure betrifft, so kam sie ebenfalls neutralisiert zur Anwendung. Die Entwicklung der Pflanzen war mit ihr folgende.

Das 4. Blatt wurde bei den Pflanzen am 15. VIII, das 5. am 20. VIII und das 6. am 27. VIII sichtbar. Schon wenige Tage nach dem Beginn des Versuchs trat rötliche Färbung der Wurzeln auf, die sich später in eine violette wandelte; am 23. VIII waren die Wurzeln schwach violett gefärbt. Am 5. IX trieb Pflanze I den 2. Halm, Pflanze II den 2. und 3. Halm hervor. Am 14. IX bekam letzteren auch Pflanze I. In der Folge zeigte sich bei Pflanze II die 4. Halmknospe. Nach dem Auftreten von Turgorabnahme begann Ende September das Abtrocknen der Blätter des Haupthalmes der Pflanzen. Anfang November waren die Pflanzen noch am Leben, die Wurzeln waren aber ganz dunkel gefärbt.

Die 3 Halme der Pflanze I wiesen folgende Längen auf: 28, 14,5, 1. Die Blattspreitenbreite betrug 3. Der Wurzelkörper hatte die Länge 20,2 und die Basisbreite 5. Die Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz der Pflanze und ihrer Teile betragen: Halme = 0,1105 resp. 0,1003 g; Wurzeln = 0,025 resp. 0,0229 g; ganze Pflanze = 0,1355 resp. 0,1232 g; W:H = 1:4,38.

Pflanze II hatte 4 Halme von folgenden Längen: 23,3, 12,8, 0,5, 0,5. Die Blattspreitenbreite war ebenfalls 3. Für den Wurzelkörper wurde die Länge 12,8 und die Breite 4 gefunden. Die Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz waren folgendermassen verteilt: Halme = 0,077 resp. 0,0699 g; Wurzeln = 0,017 resp. 0,0153 g; ganze Pflanze = 0,094 resp. 0,0852 g; W:H = 1:4,57.

Aus diesen Einzelangaben ergeben sich die Mittelwerte, wie folgt:

Halmzahl = 3,5 ;

Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,0851 g, 1 Halme = 0,0243 g;

„ der Wurzeln = 0,0191 „ ;

„ der ganzen Pflanze = 0,1042 „ ;

W : H = 1 : 4,48.

Der Stickstoff der m-Aminobenzoesäure hat also trotz kurzer Vegetationsdauer einen leidlichen Nähreffekt zu veranlassen vermocht. Die Pflanzen sind jedenfalls üppiger als die o-Aminobenzoesäurepflanzen entwickelt, was durch das höhere Halmgewicht und die Zunahme der Grösse der Blattspreitenbreite sowie überhaupt der Blattdimensionen bewiesen wird. Hand in Hand mit der kräftigeren Entwicklung der Pflanzen geht die Stickstoffaufnahme; der Gehalt an Gesamtstickstoff erreicht bei der Darbietung von m-aminobenzoesaurem Natrium 3,18% der Trockensubstanz der Pflanze. Damit wird die Annahme begründet, dass aus der m-Aminobenzoesäure mehr und vielleicht auch besser verwertbarer Stickstoff der Pflanze zur Verfügung steht, so dass sie eine bessere Ausbildung erfahren kann.

Einen noch besseren Erfolg ergibt der Stickstoff der p-Aminobenzoesäure.

#### 19. Ernährungsversuch mit Para-Aminobenzoesäure.

Dieselbe wurde ebenfalls in Form des Natriumsalzes angewandt.

Das 4. Blatt der Pflanzen trat am 15. VIII und das 5. derselben am 20. VIII hervor. Das 6. Blatt bekam Pflanze II am 26. VIII und Pflanze I am 27. VIII. Pflanze I zeigte schon bald eine Schwächung der Turgeszenz, noch mehr aber in der späteren Wachstumszeit. Auch bei Gegenwart dieser Säure wurden die Wurzeln rötlich, aber auch ihre spätere violette Färbung gewann nur sehr allmählich an Intensität. Man konnte lange Zeit eigentlich nur von Missfarbigkeit der Wurzeln sprechen. Der 2. und 3. Halm fanden sich bei Pflanze II am 4. IX vor. Bei Pflanze I erschien der 2. Halm am 6. IX und der 3. am 8. IX. In der noch verbliebenen Vegetationszeit bildeten sich bei Pflanze I weitere 2 und bei Pflanze II weitere 3 Halme. Das Abtrocknen der Blätter des Haupthalmes der Pflanzen begann im Oktober. Die Pflanzen waren im November noch zum Teil grün.

Zur Zeit der Aberntung besass Pflanze I 5 Halme mit den Längen: 19,6, 17,3, 7,5, 2,9, 1. Die Blattspreitenbreite war 3. Die Seitenhalme waren fast vollständig grün und hatten Blattspreiten von grösserer Breite (5,5—8,5). Auch hatte der älteste

Seitenhalm 7 Blätter gebildet, während derjenige der isomeren Säuren nur 6 und 5 zählte. Das soeben zu den gewöhnlichen Angaben Hinzugefügte gilt auch für Pflanze II. Die Länge des Wurzelkörpers der Pflanze I betrug 18 und seine Breite 5. Von den Mengen an Lufttrocken- und Trockensubstanz kamen auf: Halme = 0,1 resp. 0,091 g; Wurzeln = 0,037 resp. 0,0332 g; ganze Pflanze = 0,137 resp. 0,1242 g; W : H = 1 : 2,74.

Die Längen der 6 Halme der Pflanze II waren folgende: 23, 25,1, 9,2, 7, 3,8, 0,8<sup>1)</sup>. Die Blattspreitenbreite war von derjenigen der Pflanze I nicht verschieden. Als Wurzellänge wurde 24,3 und als Wurzelbreite 9 gefunden. Die Bestimmung der Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen der Pflanze ergab folgende Resultate: Halme = 0,1976 resp. 0,1794 g; Wurzeln = 0,0564 resp. 0,0507 g; ganze Pflanze = 0,2540 resp. 0,2301 g; W : H = 1 : 3,54.

Obgleich die Entwicklung der Pflanze I minder gut verlief, sollen in diesem Falle, wo es sich bei beiden Pflanzen um eine deutliche Förderung des Wachstums, freilich verschiedenen Grades, handelt, doch die Mittelwerte angeführt werden. Als solche haben folgende zu gelten:

$$\text{Halmzahl} = 5,5;$$

$$\text{Trockensubstanzgewicht der Halme} = 0,1352 \text{ g, } 1 \text{ Halme} = 0,0246 \text{ g;}$$

$$\text{„ der Wurzeln} = 0,0419 \text{ „;}$$

$$\text{„ der ganzen Pflanze} = 0,1771 \text{ „;}$$

$$\text{W : H} = 1 : 3,14.$$

Der Versuch ergibt, dass die p-Aminobenzoesäure die beste Stickstofflieferantin unter den 3 isomeren Aminobenzoesäuren ist. Man kann die bessere Wirkung der Para-Verbindung als recht auffällig bezeichnen. Die Pflanzen zeigen sich bei ihrer Gegenwart in jeder Hinsicht besser als die Acetonitrilpflanzen entwickelt und nähern sich in ihrem Entwicklungsstande den Succinimidpflanzen, die weniger Halme aufweisen. Trotz kürzerer Vegetationszeit wären die Pflanzen dieses Versuchs in Hinsicht der Entwicklung nicht hinter denjenigen der 2. Versuchsserie des vorhergegangenen Jahres 1900 zurückgeblieben, wenn nicht die Teile der Pflanze I schwächere Ausbildung erfahren hätten. Das Mittel des Trockensubstanzgewichts dieser Pflanzen steht aber dem Mittel des Trockengewichts jener recht nahe. Der Schluss auf bessere Nährwirkung des p-aminobenzoesäuren

1) Cf. Anmerkung 2 auf Seite 77.

Natriums lässt sich auch machen, wenn der Stickstoffgehalt der aufgezogenen Pflanzen Berücksichtigung findet. Der Stickstoffgehalt der Pflanzen wurde bei diesem Versuch zu 3,34% gefunden, stellt sich mithin wieder höher als derjenige der m-Aminobenzoesäurepflanzen. Doch ist anzunehmen, dass der Stickstoff dieser Para-Verbindung der Pflanze nicht so leicht zugänglich ist wie derjenige mancher anderen in dieser Versuchsreihe geprüften organischen Stickstoffverbindung.

Versuche mit p-Aminobenzoesäure bei Lupinenkeimpflanzen haben die Turiner Professoren A. Benedicenti u. G. B. De Toni<sup>1)</sup> veröffentlicht. Diese Forscher fanden, dass mineralischer Stickstoff ( $\text{KNO}_3$ ) und organischer Stickstoff (p-Aminobenzoesäure) die genannte jugendliche Pflanze fast gleich gut zu ernähren vermögen.

Es mag nochmals den Resultaten der Versuche des Verfassers zufolge hervorgehoben werden, dass, während der Stickstoff der o-Aminobenzoesäure das Wachstum der Pflanzen verhältnismässig wenig zu fördern vermag, sich dies mit mehr Berechtigung von dem Stickstoff der m-Aminobenzoesäure und ganz besonders von demjenigen der p-Aminobenzoesäure behaupten lässt.

Verfasser möchte auch nicht unerwähnt lassen, dass durch seine Versuche mit aromatischen isomeren Stickstoffverbindungen, Nitrokörpern, Nitrilen und mehreren anderen organischen Stickstoffverbindungen die Kenntnisse der Abhängigkeit der Wirkung der organischen Stickstoffverbindungen auf die Pflanze von ihrer chemischen Konstitution und Struktur erweitert werden. Derartige Kenntnisse haben besonders Th. Bokorny<sup>2)</sup> (mit Algen) und G. Ciamician und C. Ravenna<sup>3)</sup> (mit höheren Pflanzen) vermittelt.

1) Sul comportamento dei semi di lupino germoglianti in soluzioni contenenti acido paraossi- e paraamidobenzoico. Ricerche preliminari di A. Benedicenti, prof. di farmacologia e G. B. De Toni, prof. di botanica. Estratto dal volume VII, anno LXIV, fascicolo 3. Giornale della R. Accademia di Medicina di Torino. 1901. Torino. Vom Herrn Kollegen Prof. Dr. G. B. De Toni freundlichst zur Durchsicht gesendet.

2) Biochem. Ztschr. 71 (1915), S. 321; nach Jahresber. f. Agrik.-Chem. 1915, S. 359 usw.

3) Gazz. chim. ital. 1919, S. 83 (Jahresber. f. Agrik.-Chem. 1920); Gazz. chim. ital. 1920, S. 13 (Jahresber. f. Agrik.-Chem. 1921, S. 137); Gazz. chim. ital. 1921, I, S. 200 (Jahresber. f. Agrik.-Chem. 1921, S. 138 und Ztrbl. f. Agrik.-Chem. 1922, S. 238); Ztrbl. f. Agrik.-Chem. 1926, S. 43.

## 20. Ernährungsversuch bei Ausschluss der Stickstoffgabe.

Die Entwicklung der Pflanzen nahm unter dieser Bedingung folgenden Verlauf.

Bei beiden Pflanzen erschien das 4. Blatt am 15. VIII, das 5. am 19. VIII und das 6. am 27. VIII. Der 2. Halm zeigte sich bei Pflanze II am 2. IX und bei Pflanze I am 5. IX. Bei letzterer trieb zugleich auch der 3. Halm hervor. Den 3. Halm wies Pflanze II am 10. IX auf. Im letzten Drittel des Septembers begann das Abtrocknen der Blätter des Haupthalmes, und zwar zuerst bei Pflanze II. Letztere bildete wohl noch weitere 2 Halme, die aber ebenso wie der 3. wenig über das Knospstadium hinauskamen.

Bei der Unterbrechung der Versuche wiesen die 3 Halme der Pflanze I folgende Längen auf: 17,8, 9,5, 6,8. Die Blattspreitenbreite betrug 2. Die Blattdimensionen waren überhaupt bei beiden Pflanzen recht reduziert. Der Wurzelkörper besass die Länge 32 und die Basisbreite 3. Die Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz verteilten sich in folgender Weise: Halme = 0,055 resp. 0,0499 g; Wurzeln = 0,015 resp. 0,0135 g; ganze Pflanze = 0,070 resp. 0,0634 g; W : H = 1 : 3,7.

Die 5 Halme der Pflanze II hatten folgende Längen: 24,5, 12,2, 1, 0,8, 0,8. Die Blattspreitenbreite war die gleiche und die Blattbeschaffenheit sonst ebenso wie bei Pflanze I. Die Länge des Wurzelkörpers erreichte 21,6 bei der Basisbreite 4. Folgende Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz wurden für diese Pflanze ermittelt: Halme = 0,0935 resp. 0,0849 g; Wurzeln = 0,0235 resp. 0,0211 g; ganze Pflanze = 0,1170 resp. 0,1060 g; W : H = 1 : 4,02.

Auf Grund dieser Angaben können nachstehende Mittelwerte aufgestellt werden:

Halmzahl = 4;
Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,0674 g, 1 Halme = 0,0169 g;
"    der Wurzeln = 0,0173 " ;
"    der ganzen Pflanze = 0,0847 " ;
W : H = 1 : 3,86.

Das Resultat des Versuchs spiegelt gut wider, wie sich die Pflanze beim Darben an Stickstoff entwickelt. Hier kommt nur der grosse Mangel an Stickstoff zum Ausdruck sowohl in den angeführten Resultaten als auch in den sog. Stickstoffmangelscheinungen, die die verschiedenen Organe dieser Pflanzen

charakterisieren. Zu den bekannteren derartigen Erscheinungen gehören diejenigen, welche die Luftorgane betreffen. Aber auch die Wurzeln erfahren Umgestaltung zu solchen Gebilden, welche bei dem in dieser Arbeit schon besprochenen sog. Stickstoffhungeretiolement beobachtet werden. Ausser dem Stickstoffmangel sind alle sonst schädigenden Einflüsse, welche bei mehreren Versuchen auch in dieser Versuchsreihe gerade die wirkenden Faktoren waren, ausgeschlossen gewesen. Eine üppigere Entwicklung der Pflanzen konnte bei Nichtzufuhr von Stickstoff nicht erzielt werden, und die älteren Teile der Pflanzen mussten alsbald dem Absterben anheimfallen.

In voller Übereinstimmung mit den erhaltenen Resultaten und den genannten Erscheinungen steht der beobachtete niedrige Stickstoffgehalt der Pflanzensubstanz. Der prozentuale Gehalt der Trockensubstanz der Pflanzen an Gesamtstickstoff wurde im Mittel zu 2,58 gefunden. Dieser Gehalt kennzeichnet also die Haferpflanzen, welche während der Vegetationszeit sich entwickeln mussten auf Kosten des Stickstoffs, der in den Körnern, aus denen sie hervorgingen, enthalten war.

Diese Pflanzen spielen somit die Rolle von Kontrollpflanzen der Vegetationszeit 1901, und ihre Pflanzensubstanzmengen sowohl als auch ihr Stickstoffgehalt wurden oben zum Vergleich mit den Pflanzen der anderen Versuche dieser Versuchsreihe herangezogen.

## Inhaltsverzeichnis.

	Seite.
I. Einleitendes . . . . .	5
II. Beschreibung der Versuchsmethode und der Ausführung der Versuche im allgemeinen . . . . .	9
III. In der Vegetationszeit des Jahres 1900 ausgeführte Versuche. (Tafeln I—III.) . . . . .	18
IV. Erste Versuchsserie des Jahres 1900. (Tafeln I und II.) . . . . .	18
1. Ernährungsversuch mit Formamid. <i>Pflanze II der Tafel I</i> . . . . .	22
2.         "         "     Acetamid. <i>Pflanze III der Tafel I</i> . . . . .	25
3.         "         "     Glykokoll. <i>Pflanze V der Tafel I</i> . . . . .	28
4.         "         "     Asparaginsäure. <i>Pflanze VI der Tafel I</i> . . . . .	31
5.         "         "     Hippursäure. <i>Pflanze IV der Tafel I</i> . . . . .	34
6.         "         "     Urethan. <i>Pflanze II der Tafel II</i> . . . . .	36
7.         "         "     Guanidin. <i>Pflanze III der Tafel II</i> . . . . .	39
8.         "         "     Nitroguanidin. <i>Pflanze IV der Tafel II</i> . . . . .	42
9.         "         "     Chinolin . . . . .	44
10.        "        "     Morphin. <i>Pflanze V der Tafel II</i> . . . . .	45
11.        "        "     Chinin. <i>Pflanze VI der Tafel II</i> . . . . .	48
12.        "        "     Strychnin. <i>Pflanze VII der Tafel II</i> . . . . .	50
13.        "        "     bei Ausschluss der Stickstoffgabe. <i>Pflanze I der Tafeln I u. II</i> . . . . .	53
V. Zweite Versuchsserie des Jahres 1900. (Tafel III.) . . . . .	54
1. Ernährungsversuch mit Nitromethan. <i>Pflanze II der Tafel III</i> . . . . .	56
2.         "         "     Rhodannatrium . . . . .	58
3.         "         "     Ortho-Nitrophenol . . . . .	59
4.         "         "     Pikrinsäure. <i>Pflanze III der Tafel III</i> . . . . .	60
5.         "         "     Ortho-Nitrobenzoesäure . . . . .	61
6.         "         "     Para-Aminobenzoessäure. <i>Pflanze IV der Tafel III</i> . . . . .	63
7.         "         "     Pyridin . . . . .	64
8.         "         "     Albumin. <i>Pflanze V der Tafel III</i> . . . . .	65
9.         "         "     Pepton. <i>Pflanze VI der Tafel III</i> . . . . .	68
10.        "        "     bei Ausschluss der Stickstoffgabe. <i>Pflanze I der Tafel III</i> . . . . .	70
VI. Dritte Versuchsserie des Jahres 1900. (Tafel III.) . . . . .	71
2. Ernährungsversuch mit Koniin. <i>Pflanze VII der Tafel III</i> . . . . .	72
3.         "         "     bei Ausschluss der Stickstoffgabe . . . . .	73
VII. In der Vegetationszeit des Jahres 1901 ausgeführte Versuche . . . . .	74
1. Ernährungsversuch mit Hydrazin . . . . .	76

		Seite.
2.	Ernährungsversuch mit Alanin . . . . .	77
3.	„ „ Succinamid . . . . .	79
4.	„ „ Succinimid . . . . .	81
5.	„ „ Acetonitril . . . . .	82
6.	„ „ Ortho-Nitrotoluol . . . . .	84
7.	„ „ Trinitrotoluol . . . . .	85
8.	„ „ Meta-Nitrophenol . . . . .	87
9.	„ „ Para-Nitrophenol . . . . .	88
10.	„ „ Ortho-Nitranilin . . . . .	89
11.	„ „ Meta-Phenylendiamin . . . . .	90
12.	„ „ Para-Phenylendiamin . . . . .	91
13.	„ „ Benzamid . . . . .	93
14.	„ „ Ortho-Nitrobenzoesäure . . . . .	94
15.	„ „ Meta-Nitrobenzoesäure . . . . .	96
16.	„ „ Para-Nitrobenzoesäure . . . . .	97
17.	„ „ Ortho-Aminobenzoesäure . . . . .	98
18.	„ „ Meta-Aminobenzoesäure . . . . .	100
19.	„ „ Para-Aminobenzoesäure . . . . .	101
20.	„ bei Ausschluss der Stickstoffgabe . . . . .	104





