Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Bern

Band: - (1941)

Artikel: Untersuchungen über den Blattstickstoffgehalt beider Geschlechter von Melandrium album unter besonderer Berücksichtigung des Blattalters

Autor: Kocher, V.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-319404

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

V. Kocher

Untersuchungen über den Blattstickstoffgehalt beider Geschlechter von Melandrium album unter besonderer Berücksichtigung des Blattalters

(Aus dem Botanischen Institut und Garten der Universität Bern.)

Einleitung

Bei den diözischen Pflanzen sind, ebenso wie im Tierreich, zwischen den Vertretern der beiden Geschlechter Unterschiede morphologischer, physiologischer, physikalischer und chemischer Art anzutreffen. Diese Differenzen sind in der Pflanzenwelt nicht so ausgeprägt wie in der Tierwelt, wo z. B. Behaarung, Gefieder, Kamm, Bau des Beckens, Bau des Körpers etc. sofort von weitem das Geschlecht erkennen lassen. In der Tierwelt werden diese Merkmale meist erst entfaltet unter der Einwirkung der Hormone, welche in den Keimdrüsen ausgeschieden werden. Diese Merkmale sind scharf begrenzt und werden als sekundäre Geschlechtsmerkmale bezeichnet. So ausgeprägte morphologische Verschiedenheiten der Geschlechter, wie sie im Tierreich z. B. die Rädertierchen, Mollusken, Taschenkrebse u. a. m. mit dem zwerghaften Wuchs ihrer männlichen Exemplare aufweisen, finden sich in der Pflanzenwelt wohl kaum, wenn man nicht die Zwergmännchen der haploiden Geschlechtsgeneration einiger Bryophyten und Algen in Vergleich ziehen will. Trotzdem sind aber deutliche Geschlechtsunterschiede jeder Art bei den niederen, wie bei den höheren diözischen Pflanzen zu finden.

Man kann sich nun fragen, ob der Begriff „sekundäre Geschlechtsmerkmale", der für das Tierreich so treffend ist, auch ohne weiteres auf die Pflanzenwelt übertragen werden kann. Wie schon angeführt, sind diese Merkmale bei den Tieren meist erst durch Hormoneinwirkung entstanden, oder haben sich durch den

Einfluss der Keimdrüsen erst sekundär entfalten können. Wenn man bei den Pflanzen z. B. an morphologische, physiologische oder physikalische Geschlechtsmerkmale denkt, so kann von einer gewissen Analogie mit den Geschlechtsmerkmalen der Tiere bestimmt die Rede sein, da diese sekundär entstandenen Merkmale durch schon primär vorhandene, chemische Substanzen irgendwelcher Natur bedingt sein müssen. Diese Substanzen können nun, wie die Hormone bei Tieren, die Entstehung oder Entfaltung von sekundären Merkmalen verursachen. Ist aber von chemischen Geschlechtsmerkmalen die Rede, so stellt sich die Frage, ob überhaupt von Merkmalen sekundärer Art gesprochen werden darf, oder ob nicht vielmehr die meisten dieser chemischen Geschlechtsmerkmale primärer Natur sind. Wahrscheinlich ist dies auch der Fall für den verschiedenen Blattstickstoffgehalt der beiden Geschlechter von *Melandrium album*, womit sich vorliegende Arbeit zur Hauptsache beschäftigen wird. Aus diesem Grunde soll in den folgenden Ausführungen der Ausdruck „sexueller Dimorphismus", mit dem GOEBEL (1910) die Geschlechtsmerkmale aller Art zusammenfasste, Verwendung finden.

Zahlreiche Arbeiten haben hauptsächlich im letzten Jahrzehnt sehr eingehend den Geschlechtsdimorphismus höherer diözischer Pflanzen behandelt. Es wurden in ausgreifender Weise die verschiedensten morphologischen, physiologischen, physikalisch-chemischen und chemischen Merkmale untersucht. Auch existieren in der Literatur verschiedene zusammenfassende Besprechungen und Vergleiche bisheriger Untersuchungen über den sexuellen Dimorphismus.

So gibt z. B. K. GOEBEL (1910) in einer Arbeit „Ueber sexuellen Dimorphismus bei Pflanzen" eine ausführliche Liste von Beispielen sekundärer Geschlechtsmerkmale. JOYET LAVERGNE (1931) beschreibt in seinem Buch „La physico-chimie de la sexualité" in den Kapiteln III, IV und VI den morphologischen, physiologischen und physikalisch-chemischen Geschlechtsdimorphismus für die Pflanzenwelt, indem er die bisherigen Arbeiten vergleicht und bespricht. STECKHAN (1936) gibt in seinen „Variationsstatistischen und ökologischen Untersuchungen über sekundäre Geschlechtsmerkmale an diözischen Blütenpflanzen" in einer Tabelle die Resultate verschiedenster Autoren, von meist morphologischen

und morphologisch-physiologischen Untersuchungen. Auch STANFIELD stellte 1937 in einer zusammenfassenden Arbeit viele der bis dahin auf einschlägigem Gebiet gemachten Untersuchungen meist physiologischer und physikalisch-chemischer Art zusammen.

Die folgenden Angaben sollen einen kurzen Ueberblick über die Vielfältigkeit der Untersuchungen geben. Der Vollständigkeit halber müssen hier auch einige Untersuchungen über den Geschlechtsdimorphismus bei Haplonten erwähnt werden, die natürlich nicht in direkten Vergleich mit den Untersuchungen an höheren Pflanzen gezogen werden dürfen.

1. Kryptogamen.

Wohl die auffälligsten morphologischen Geschlechtsunterschiede, welche in der Pflanzenwelt vorkommen, sind diejenigen der haploiden Geschlechtsgeneration einiger Bryophyten, wo z. B. bei einigen von Marthe ERNST-SCHWARZENBACH (1939) und anderen Autoren beschriebenen Arten der Laubmoosgattung *Macromitrium* die Antheridien tragenden Pflänzchen bedeutend kleiner als die Archegonien tragenden sind. Diese Zwergmännchen leben epiphytisch auf den Blättern der weiblichen Pflanzen. Auch bei den Sporen dieser tropischen Laubmoose sind Grössen- und Farbunterschiede zwischen den Geschlechtern vorhanden.

Ueber den genotypisch bedingten Geschlechtsdimorphismus der *Laminarien* sind zahlreiche Angaben, die sich auf Geschlechtsunterschiede der Gametophyten beziehen, zu finden. So stellte MYERS (1925) fest, dass die Keimung der Zoosporen von *Postelsia palmaeformis* und *Laminaria Sinclairii* für die männlich und weiblich determinierten gleich verläuft, dass aber die weiblichen Gametophyten grössere Zellen als die männlichen entwickeln. Auch CH. C. HERBST und G. R. JOHNSTONE (1937) bestätigen diese Aussagen, indem sie bei den Gametophyten von *Pelagophycus Porra* einen sexuellen Dimorphismus beschreiben, der sich nicht nur auf die Form der Gametophyten, sondern auch auf deren Chromatophoren bezieht. Letztere sind bei den männlichen Gametophyten heller als bei den weiblichen. Für die Sporen dieser Algen wurden jedoch keine geschlechtlichen Unterschiede festgestellt.

SCHOPFER untersuchte (1933) die Sporen von (+) und (—) Mycelien von *Phycomyces Blakesleeanus* auf Grössenunterschiede.

Er fand auch gewisse Differenzen, indem auf den (+) Mycelien die grösseren und auf den (—) Mycelien die kleineren Sporen vorkamen. Eine Feststellung des Geschlechts war aber mit Hilfe der absoluten Masse der Sporen nicht mit Sicherheit möglich.

Schon vor 30 Jahren wurden durch die Untersuchungen von KORPATCHEWSKA (1910) bei Mucorineen Verschiedenheiten der Geschlechter, hauptsächlich in ihrem physiologischen Verhalten gefunden. KORPATCHEWSKA stellte fest, dass einige Kohlehydrate vom einen Geschlecht besser als vom andern absorbiert werden. So erhielt sie bei der Kultur von *Mucor hiemalis* auf maltosehaltigem Milieu mit dem (+) Geschlecht die kräftigeren Mycelien, während auf Saccarose kultiviert, sich die (—) Mycelien besser entwickelten. Dieser Chemismus, der streng an die sexuelle Affinität gebunden war, blieb durch mehrere Generationen, auf verschiedenen Nährböden kultiviert, jedem Geschlecht erhalten. KORPATCHEWSKA konnte für das (—) Geschlecht von *Mucor hiemalis,* welches sich auf Saccharose stärker entwickelte als das (+), ein Temperaturmaximum von 29 ^{0} feststellen, während das (+) Geschlecht sich bis zu 30 und 31 ^{0} weiterentwickelte.

Auch SCHOPFER (1928) studierte die Entwicklungsunterschiede von *Mucor hiemalis,* der auf Maltose kultiviert war. An Stelle der Wägung des Mycels wurden die bei der Entwicklung absorbierten Substanzen gemessen. Im allgemeinen verarmt das (+) Geschlecht schneller. Die grösste Differenz ist am 20. Tage zu sehen. Gegen das Ende der Entwicklung verringern sich die Unterschiede wieder.

Es gelang SCHOPFER durch Aenderung des Nährbodens morphologische Verschiedenheiten zwischen den Geschlechtern in Erscheinung treten zu lassen. So wird z. B. in Maltose-Agar-Kulturen bei Anwesenheit von Fett und Karotin das (+) Mycel lebhaft gelb gefärbt, während das (—) Mycel kaum gefärbt wird.

Durch Aenderungen in der Maltose- oder Asparaginkonzentration der Nährlösungen konnte SCHOPFER die Wachstumskurven der beiden Geschlechter von *Mucor hiemalis* verschieden beeinflussen. Dabei wies das (+) Geschlecht ein stärkeres Wachstum als das (—) Geschlecht auf.

SCHOPFER zeigte ferner das verschiedene Verhalten der beiden Geschlechter von *Mucor hiemalis* gegenüber dem Einfluss

von Giften. Er fand, dass Cu SO_4 eine viel lebhaftere Entwicklung für das (—) Geschlecht als für das (+) Geschlecht hervorruft. Am vierten Tage waren die Dimensionen der Kulturen ganz verschieden. Das (+) Mycelium bildete kleine Kugeln, während das (—) Mycelium voluminöse flockige Haufen bildete. Die Gewichte der (—) Mycelien waren in einigen Fällen zweimal so gross, wie diejenigen der (+) Mycelien. Unter normalen Bedingungen gezüchtet, sind die Gewichte der Kulturen beider Geschlechter gleich gross oder neigen zum umgekehrten Verhältnis. Ob Differenzen in der Permeabilität oder in der chemischen Zusammensetzung existieren, ist noch nicht bewiesen, SCHOPFER neigt aber zur Auffassung des letzteren.

Beobachtungen von KNIEP (1919) über das verschiedene physiologische Verhalten der beiden Geschlechter von *Ustilago violacea* wurden von Bauch (1922) näher untersucht. Letzterer stellte fest, dass bei der Isolation von Sporidien aus Brandsporenimpfungen mit Hilfe von Malzgelatine und dem Plattenverfahren sich nur das eine Geschlecht richtig entwickelt. Je nach der verwendeten Gelatine entwickeln sich nur die Kolonien des a-Geschlechtes, oder man erhält beide Kolonien zu gleichen Teilen, wobei aber die b-Kolonien im Wachstum stark gehemmt sind. Bei Verwendung von Malzagar mit Zusätzen von Eiweissabbauprodukten der Albuminosen- und Peptonstufen, wird die gleiche Hemmung erzielt.

In einer gemeinsamen Arbeit untersuchten SATINA und BLAKESLEE (1928) den Zuckergehalt der Mucorineen von 70 Rassen. Sie fanden, dass in 74 % der Fälle der totale und der reduzierende Zuckergehalt für das (+) Geschlecht höher sei.

JOYET LAVERGNE (1926 und 1927) unterscheidet bei *Equisetum arvense, Equisetum limosum* und *Equisetum maximum* zweierlei Sporen durch ihr verschiedenes Reduktionsvermögen gegenüber Farbstoffen. Die Sporen B haben ein schwächeres interzellulares rH als die Sporen A. Auch sind die kleineren Sporen meist vom Typus B. Der Sporentypus A verhält sich wie die Samenanlagen, der Typus B wie die Pollenkörner. Da nach Angaben von JOYET LAVERGNE der Typus A häufiger als der Typus B vorkommt, liegt hier nicht genotypische, sondern eine früh sichtbare phänotypische Geschlechtsbestimmung vor.

Eines der bekanntesten Beispiele für sekundäre Geschlechts-

BIBLIOTHEK der E. T. H.
ZÜRICH

merkmale der Haplophase sind die Mikro- und Makro-Sporen bei einigen Pteridophytengruppen. Die in Makrosporangien entstehenden Makrosporen liefern das weibliche, während die im Mikrosporangium entstehenden Mikrosporen das männliche Prothallium liefern.

2. *Phanerogamen.*

Die Angaben über Geschlechtsdimorphismus sind für die höheren diözischen Pflanzen weit zahlreicher als für die Kryptogamen. Im Rahmen dieser Arbeit kann nur eine kleine Auslese davon wiedergegeben werden.

Was die morphologischen Geschlechtsmerkmale anbelangt, so existieren schon sehr alte floristische Beobachtungen, die zum Teil trefflich den verschiedenen Habitus der beiden Geschlechter diözischer Pflanzen zu beschreiben wissen. So z. B. die Angaben von HEYER (1884) über die schlankeren männlichen Stämme von *Ginkgo biloba,* was übrigens auch von FUJII (1896) bestätigt wurde. In MEYERS Flora (1849) wird schon dasselbe für die Stämme von *Juniperus communis* gesagt. HEYER beschreibt auch schon die Unterschiede zwischen den Geschlechtern von *Cannabis sativa* und *Mercurialis annua.* Er gibt z. B. für die weiblichen Pflanzen von *Mercurialis annua* ein um 8—14 % höheres Gewicht an, als für die männlichen. MAGNIN (1889 und 1891) sieht klar die Unterschiede in den Blüten, den Verzweigungen und dem Habitus der männlichen und weiblichen Pflanzen von *Lychnis verspertina* und *Lychnis diurna.*

Bei diesen älteren Arbeiten wurden nicht immer die Sippenmerkmale erkannt und als solche von den sekundären Geschlechtsmerkmalen unterschieden. Erst die Vererbung durch zwei bis drei Generationen lässt erkennen, ob das Merkmal genetisch bedingt und streng geschlechtsgebunden ist, oder sich als Sippenmerkmal durch Rückkreuzung eventuell wieder verliert.

SPRECHER (1913) wie CORRENS (1922) gaben für *Rumex acetosa* eine bedeutend geringere Höhe der männlichen Pflanzen an, und zwar soll sie nur 82 % der Höhe der weiblichen Pflanzen ausmachen. Auch von COOK (1914) wurden die männlichen Exemplare von *Cannabis sativa* als kleiner befunden. Für *Valeriana dioica* zeigte GOEBEL (1928) sogar einen Höhenunterschied von 50 % zugunsten des Weibchens. Die Angaben von CORRENS über

Silene Roemeri und *Antenaria dioica* zeigten das analoge Verhalten dieser Pflanzen.

Was die Blattoberfläche vieler Pflanzen anbelangt, so ist meist das weibliche Geschlecht im Vorteil. HEGI gibt in seiner Flora die Blätter der weiblichen *Mercurialis perennis* Pflanzen grösser an, als diejenigen der männlichen Pflanzen. Bei *Ginkgo biloba* findet GREGUS (1929) die männlichen Blätter um 34 % kleiner als die weiblichen. Eigene Beobachtungen bestätigen dies bei *Tamus communis*, wo auch die männlichen Blätter bedeutend kleiner sind als die weiblichen.

Betreffend der Blütenstände und der Zahl der Blüten sind die männlichen Pflanzen meistens die bevorzugten. Angaben von GOEBEL (1928) bestätigen dies bei *Cannabis sativa, Mercurialis perennis* und *Humulus lupulus*. Aus HEGIs Flora wären einige Beispiele zu erwähnen, von denen hier nur *Tamus communis,* weil durch eigene Beobachtungen bestätigt, angeführt werden soll. Die männlichen Blütenstände sind bei dieser Pflanze meist länger und reichhaltiger als die weiblichen, welche zuweilen nur ein bis zwei Blüten entwickeln. An *Melandrium album* ist ein ähnliches Verhalten zu beobachten.

Es scheint, dass sich das weibliche Geschlecht im allgemeinen durch grössere Oberfläche der einzelnen Blätter und kräftigeren Wuchs der gesamten Pflanze auszeichnet, während das männliche Geschlecht normalerweise mehr Blüten bildet. Widersprechende Feststellungen sind jedenfalls nur ausnahmsweise zu finden.

Nicht so einheitlich ist das Verhalten der Geschlechter hinsichtlich der Entwicklungsgeschwindigkeit in einzelnen Entwicklungszuständen, wie Samenkeimung, Beginn und Dauer des Blütenstadiums, Absterben, oder in der haploiden Phase, zum Beispiel der Pollenkeimung. Die Entwicklungsgeschwindigkeit kann zuerst das eine, dann in einem späteren Zustand wieder das andere Geschlecht derselben Pflanze bevorzugen. Bei der einen Pflanze sind die männlichen, bei der andern die weiblichen Exemplare schneller in ihrer Entwicklung.

CORRENS (1927) fand eine schnellere Keimung der männlich differenzierten *Melandrium*samen als dies für die weiblichen der Fall ist. Nach Fisch (1887) keimen auch die männlich differenzierten Hanfsamen schneller als die weiblichen, wobei aller-

dings SPRECHER (1913) bei der Samenkeimung des Hanfs keinen Unterschied zwischen beiden Geschlechtern feststellen konnte. KERNER (1891) gab für die männlichen Pflanzen von *Cannabis sativa* und *Humulus lupulus* ein späteres Blühen an. CORRENS (1922) sagte, dass im ersten Jahre mehr als die Hälfte der weiblichen *Rumex acetosa* Pflanzen zur Blüte gelangen, während in derselben Zeit nicht ein Viertel der männlichen Exemplare so weit kommen. Hingegen fand CORRENS für die männlichen Pflanzen von *Silene Roemeri* und *Silene Otites* eine frühere Blütezeit als für die weiblichen. Schliesslich muss auch die von CORRENS (1922) gemachte Feststellung, dass die erwachsenen männlichen Exemplare von *Rumex acetosa* eine grössere Sterblichkeit aufweisen, als das bei den weiblichen der Fall ist, als geschlechtlicher Dimorphismus gewertet werden.

Alle diese deutlichen morphologischen, wie morphologisch-physiologischen Unterschiede, die im Grunde genommen auf eine möglichst weitgehende Vermehrung der Pflanze hinzielen und sich meist im kräftigeren Bau und vitaleren Wachstum des weiblichen Geschlechts ausdrücken, müssen durch physikalische und chemische Unterschiede der Geschlechter bedingt sein. Dies wurde in zahlreichen Arbeiten geprüft und bestätigt. Die beiden Geschlechter diözischer Pflanzen wurden untersucht auf Verschiedenheiten im Frischgewicht, Trockengewicht, osmotischen Druck, in der pH-Wirkung, Atmung, auf Unterschiede im Fermentgehalt, Aschengehalt, Zuckergehalt, Fettgehalt, Karotingehalt, Stickstoffgehalt etc. etc. Einige Beispiele sollen hier genügen.

So fand LAURENT (1906), der das Frischgewicht und das Trokkengewicht von einigen hundert *Mercurialis*stöcken bestimmte, die unter denselben Bedingungen gewachsen waren, dass Ende Juli die männlichen nur zirka 65 % des Frischgewichtes der weiblichen Pflanzen aufwiesen. Mitte August war das Frischgewicht der männlichen Pflanzen sogar auf nur zirka 52 % des Gewichtes der weiblichen Exemplare gesunken. Das Trockengewicht betrug zur selben Zeit für die männlichen Individuen zuerst 13,37 %, dann 15,16 % des Trockengewichtes, für die weiblichen zuerst 14,29 %, dann 16,83 %. Es ist eine deutliche Bevorzugung des weiblichen Geschlechtes besonders hinsichtlich dem totalen Frischgewicht der Pflanzen zu konstatieren. LAURENT nimmt an, dass diese sexuellen Differenzen bei *Mercurialis* ähnlich denjenigen der Hanf-

pflanzen sind, wo in der Tat die weiblichen Exemplare sich durch kräftigeres Wachstum auszeichnen und mehr Hanf liefern, der jedoch an Feingehalt der männlichen Qualität nicht ebenbürtig ist.

Der von SPRECHER (1913) an *Cannabis* und *Rumex* untersuchte osmotische Druck ist für beide Pflanzen bei den männlichen Exemplaren der stärkere. LOEHWING (1933) bestätigte das mit *Cannabis* und *Spinacia,* wo auch der männliche Presssaft einen höheren osmotischen Druck aufweist.

SATINA und BLAKESLEE (1926) untersuchten die Pressäfte der beiden Geschlechter von *Ailanthus* auf Verschiedenheiten im pH. Sie fanden einen höheren pH-Wert für das männliche Geschlecht. Ebenso TADOKORO (1930) bei Untersuchungen an Papaya. Auch von TALLEY (1930) und von HOXMEIER (1933) wurde dies an *Cannabis* bestätigt, wobei HOXMEIER auch für das männliche Geschlecht von *Spinacia* einen höheren pH-Wert fand. Die diesbezüglichen Untersuchungen von STANFIELD (1937) an den beiden Geschlechtern von *Lychnis dioica* werden später unter *Melandrium* erwähnt.

Die Atmung in bezug auf das Geschlecht wurde von BOUILLENNE R. und M. (1930) an *Mercurialis* und von BOUILLENNE und DEMARET (1933) an *Bryonia* untersucht. BLARINGHEM (1933) prüfte die Atmung der beiden Geschlechter von *Arum* und TADOKORO (1932) diejenige von *Papaya, Cannabis, Humulus* und *Spinacia.* Bei allen diesen Pflanzen fanden die Autoren für das männliche Geschlecht einen höheren Respirationskoeffizienten.

Bezüglich der Fermente wie Oxydase, Peroxydase, Oxygenase, Catalase, Tyrosinase, Maltase, Amylase, Glycogenase etc. existieren zahlreiche Untersuchungen, die sich aber zum Teil widersprechen. Auf alle Fälle ist aber in dieser Hinsicht für die niederen wie für die höheren Pflanzen fast durchwegs ein gewisser Geschlechtsdimorphinismus zu beobachten.

Was den Aschengehalt anbetrifft, so fand ihn SPRECHER (1913) für den Presssaft der weiblichen Pflanzen von *Rumex* höher, als für den Saft der männlichen Pflanzen. Auch für die weiblichen *Cannabis*wurzeln wurde der Aschengehalt durch LOEHWING (1933) höher befunden, während derselbe Autor in den Spitzen von *Cannabis* mehr Asche bei den männlichen Exemplaren fand. Bei den Spinaciapflanzen hingegen war der Aschengehalt

für Spitzen wie für Wurzeln in den männlichen Exemplaren höher. TALLEY (1930), der die Presssäfte von *Cannabis* und *Spinacia* auf ihren Aschengehalt untersuchte, gibt für beide Pflanzen auch die männlichen Exemplare als die aschenreicheren an.

Untersuchungen von LOEHWING (1933) und TALLEY (1934) stimmen überein, dass der total Zuckergehalt von *Cannabis* und *Spinacia* für das männliche Geschlecht höher ist als für das weibliche. Bei Hanf wurden von LOEHWING auch der Saft und der Wurzelsaft mit dem gleichen Erfolg geprüft. BOUILLENNE (1935) fand auch für das männliche Geschlecht von *Mercurialis* einen höheren total Zuckergehalt. Auch die reduzierenden Zucker sind nach TALLEY im männlichen Geschlecht von Hanf stärker vertreten.

Auf Unterschiede im Fettgehalt der beiden Geschlechter untersuchte TADOKORO (1932) *Cannabis, Spinacia, Papaya* und *Humulus*. Bei allen diesen vier Pflanzen fand er das weibliche Geschlecht fetthaltiger.

Was den Carotingehalt von *Cannabis, Rumex* und *Morus* anbelangt, fanden SATINA und BLAKESLEE (1926) bei allen drei Pflanzen das weibliche Geschlecht im Vorteil.

Aus allen diesen Untersuchungen ist allgemein zu entnehmen, dass sexueller Dimorphismus bei den diözischen Pflanzen sehr häufig vorkommt, und zwar ist zu bemerken, dass er um so öfter auftritt, je näher er im Zusammenhang mit der Fortpflanzung steht. Die gleichen Merkmale sind bei verschiedenen Pflanzen häufig auch an das gleiche Geschlecht gebunden, was besonders in morphologischer Hinsicht der Fall ist. Als Beispiel soll hier nur an den unterschiedlichen Bau der männlichen und weiblichen Pflanzen von *Mercurialis annua, Cannabis sativa, Rumex acetosa* und *Melandrium album* erinnert werden, der sich durch kräftigeren Wuchs, höheres Gewicht, grössere Blätter ect. zugunsten des weiblichen Geschlechtes ausdrückt. Es ist nicht erstaunlich, dass gerade das weibliche Geschlecht, das mit seiner Fruchtbildung Ernährer der nächsten Generation wird, das bevorzugte ist, und es ist anzunehmen, dass diese Unterschiede durch Speicherung von Reservestoffen vor und während der Blütezeit bedingt sind. Diese müssen sich bestimmt, wenigstens quantitativ, von denjenigen der männlichen Pflanzen unterscheiden.

Da diese Reservestoffe zum Teil aus Eiweiss und dessen Abbauprodukten bestehen, lag es auf der Hand, das einfachste Kriterium dafür, den totalen Stickstoff der Pflanze, als den einen, das Eiweiss bestimmenden Faktor auf seinen Geschlechtsdimorphismus hin zu untersuchen. Es existieren zwar schon einige solcher Arbeiten, die jedoch meist so kleine Differenzen zwischen den Geschlechtern finden, dass man sich doch kritisch fragen muss, ob sie überhaupt über die Fehlergrenzen hinausgehen. Oft wurde auch der Stickstoffgehalt in ganzen Pflanzen bestimmt, ohne dass dem Alter derselben wesentlich Beachtung geschenkt wurde. Da aber das Alter eine Stickstoffverarmung, wenigstens in den betroffenen Teilen der Pflanze, zur Folge hat (MEROP A. 1936, ENGEL H. 1928), sollte dieser wichtige Faktor nicht ausser acht gelassen werden.

TALLEY (1934) untersuchte unter anderem den Stickstoffgehalt von männlichen und weiblichen Hanfpflanzen während des Beginns der Blütezeit. Er erhielt folgende Resultate als Durchschnittswerte von je sechs Bestimmungen an zwei kurz aufeinanderfolgenden Tagen:

Tabelle 1

	2. April	5. April
Männliche Pflanzen	3,73	4,22
Weibliche Pflanzen	4,51	4,87

Die Zahlen bedeuten % total Stickstoff bezogen auf Trockengewicht. TALLEY findet also eine deutliche Differenz im Stickstoffgehalt der beiden Geschlechter, und zwar beträgt der Stickstoffgehalt der männlichen Pflanzen nur ca. $^{9}/_{10}$ des Stickstoffgehaltes der weiblichen Pflanzen.

Eine Anzahl eigene Untersuchungen über den Stickstoffgehalt der Blätter von *Bryonia dioica* und *Tamus communis* sollen in Tabelle 2 zusammengefasst werden. Es kamen nur gesunde, ausgewachsene Blätter beider Geschlechter der genannten Pflanzen, die unter den gleichen Bedingungen im Freien gewachsen waren, zur Analyse. Sie wurden zur selben Tageszeit geschnitten und für jedes Blatt das prozentuale Trockengewicht und der prozentuale Stickstoffgehalt bestimmt. Die Untersuchungen wurden Ende Mai 1937 durchgeführt, die Pflanzen standen kurz vor dem Blühen.

Tabelle 2

	% Trockengewicht		% Blattstickstoff	
	♂	♀	♂	♀
Bryonia dioica	13,2	18,2	5,08	5,06
Tamus communis	17,3	17,8	5,16	4,98

Diese Zahlen sind Durchschnittswerte aus 40 Bestimmungen. Sie zeigen kaum einen Geschlechtsdimorphismus im Blattstickstoffgehalt von *Bryonia dioica* und auch bei *Tamus communis* ist die Differenz nur gering. Auffallend ist nur der um 5 % grössere Wassergehalt der männlichen Blätter bei *Bryonia dioica.*

Untersuchungen an *Melandrium album,* deren Resultate schon als vorläufige Veröffentlichung (SCHOPFER et KOCHER 1937) bekannt gegeben wurden und auf die später zurückgekommen werden soll, zeigten frappante Unterschiede im Stickstoffgehalt der beiden Geschlechter. Diese positiv ausgefallenen Resultate gaben denn auch Veranlassung zur Weiterführung der Untersuchungen über den Stickstoffgehalt an Melandriumpflanzen, womit sich vorliegende Arbeit zur Hauptsache beschäftigen soll.

I. Bisherige Untersuchungen anderer Autoren über den Geschlechtsdimorphismus bei Melandrium

Einer der ersten, welcher den morphologischen Geschlechtsdimorphismus an *Melandrium* beschrieb, war wohl der Korrespondent der Königlichen, Wissenschaftlichen Akademie von Paris, CH. GIROU DE BUZAREINGUES. Dieser beschrieb (1831) in seinen „Mémoire sur les Rapports des Sexes dans le règne végétal" die Morphologie von *Melandrium* mit folgenden originellen Worten:

„La Lycnide dioique offre des particularités qui montrent clairement la prédominance de la vie extérieure chez le mâle et de la vie intérieure chez la femelle. On peut, presque toujours sans erreur, distinguer de loin les deux sexes de cette plante. Le mâle est plus petit; ses rameaux sont plus nombreux et terminés par bien plus de fleurs. Ils forment des bifurcations dichotomes par l'avortement, au-dessus du point de leur naissance, de la tige qui les produit. Lorsque cet avortement n'a pas lieu, cette tige devient, au-dessus de l'origine de ces rameaux, bien plus grêle

qu'eux. Tandis que chez la femelle non-seulement cet avortement est très rare, mais encore la tige médiane continue d'être plus forte que les rameaux et porte une plus grande capsule."

Diese Beobachtungen werden durch die neuesten Untersuchungen von SCHOPFER (1940) bestätigt. Die Forschungen über die Physiologie von *Ustilago violacea* und *Melandrium album* führten auch zum Studium der Morphologie von *Melandrium* unter dem Einfluss der Infektion. Zwischen den männlichen und weiblichen Blütenständen von *Melandrium* besteht ein deutlicher Unterschied. Die männlichen Pflanzen sind stärker verzweigt und tragen fast neunmal mehr Blüten als die weiblichen. Auch beginnt die Blühperiode bei den männlichen Pflanzen früher und dauert länger als dies bei den weiblichen Pflanzen der Fall ist. SCHOPFER konstatierte, dass durch den Antherenbrand bei den weiblichen Pflanzen neben der Ausbildung der rudimentären Antheren und der Verkümmerung des Fruchtknotens eine starke Vermehrung der Blüten einhergeht. Auch konnte eine Verschiebung der Blühperiode festgestellt werden. Die infizierten weiblichen Pflanzen kamen früher zum blühen als die nicht infizierten.

1889 beschrieb MAGNIN den geschlechtlichen Blütendimorphismus von *Lychnis vespertina* für die männlichen Blüten mit 10 Kelchnerven, 5 dorsalen und 5 commissuralen, zum Unterschied der weiblichen Blüten, die immer mit 20 Nerven, 5 dorsalen, 5 commissuralen und 10 Zwischennerven versehen sind. Das männliche Blüteninternodium beschrieb MAGNIN mit 4—7 mm Länge, das weibliche gab er als immer sehr kurz an. 1891 konstatierte MAGNIN, dass die männlichen Blütenstände von *Lychnis diurna* mehr verzweigt sind als die weiblichen. Die lateralen Zweige verlängern sich stark und überholen schnell die gipfelständige, männliche Blüte. Bei den weiblichen Exemplaren hingegen sind die lateralen Zweige weniger lang aber dicker. Sie werden zuerst langsam durch die axile Blüte überholt, diese bleibt aber nach der Samenreife zurück.

Die Angaben über die kleinere Oberfläche der Blätter, ihre spitzere Form, sowie über die kleineren Blüten und weniger starke Gesamtentwicklung der männlichen Exemplare von *Melandrium*, die von MAGNIN, JOYET LAVERGNE und anderen Autoren gemacht wurden, sind sehr vorsichtig zu verwerten, da auch das Gegenteil beobachtet werden kann. Nach den neuesten Forschun-

gen ist anzunehmen, dass es sich hier oft um Sippenmerkmale und nicht ausschliesslich um sekundäre Geschlechtsmerkmale handelt.

Die von CORRENS (1922) gemachten Feststellungen über Pollenresistenz und Pollenkeimung wurden schon erwähnt. Der Forscher fand, dass die weibchenbestimmenden Pollenschläuche schneller zu den Eizellen gelangen als die männchenbestimmenden. Ferner konnte er feststellen, dass diese aktiveren Pollen weniger resistent gegen äussere Schädigungen, wie Alkoholbehandlung, und auch empfindlicher gegen das Altern sind als die männchenbestimmenden Pollen. Es war wieder CORRENS, der (1927) bewies, dass die männlich determinierten Samen durchschnittlich wesentlich schneller keimen als die weiblich differenzierten. Eigenartig sind die älteren Beobachtungen von CORRENS (1919 und 1922), dass diese früherkeimenden männlichen Samen durchschnittlich später blühende Pflanzen ergeben, was daher rührt, dass die „Trotzer", Pflanzen, die erst im zweiten Jahre zur Blüte kommen, aus mehr männlichen Exemplaren bestehen.

1926 stellten SATINA und BLAKESLEE fest, dass die Wirkung von Oxygenase und Peroxydase in den männlichen Blättern von *Lychnis* stärker ist als in den weiblichen. Die Reduktionskraft auf Indikatoren ist nach ihren Angaben aber für das weibliche Geschlecht grösser, auch enthält dieses mehr gelbes Pigment im Chlorophyll als das männliche Geschlecht und ist vermutlich karotinoidhaltiger.

Die Reduktionskraft von *Melandrium* wurde verschiedentlich geprüft. So wandten SATINA und BLAKESLEE (1927) vergleichend die MANOILOFF'sche Reaktion und die Permanganatmethode unter anderen diözischen Pflanzen auch für *Melandrium* an. Bei beiden Methoden waren die weiblichen Pflanzen in 85 % der Untersuchungen reduktionsfähiger. Der Entwicklungszustand der Pflanzen wurde für beide Reaktionen als sehr wichtiger Faktor erkannt. Letzteres mag die Beobachtungen stützen, die SCHRATZ schon 1926 bei der Anwendung der MANOILOFF'schen Reaktion auf männliche Melandriumpflanzen machte. SCHRATZ fand, dass die älteren Blätter gegenüber den jüngeren eine „weibliche" Reaktion zeigen, was mit einer grösseren Reduktionskraft der älteren Blätter zu erklären ist. ALSTERBERG und HAKANSSON fanden 1926 bei der Anwendung der MANOILOFF'schen Reaktion mit Blättern von *Melandrium rubrum* unregelmässige Resul-

tate, was vielleicht auch stark damit zusammenhängt, dass sie dem Blattalter zu wenig Berücksichtigung schenkten.

Untersuchungen von STANFIELD (1937 a), die sich mit der Wasserstoffionen-Konzentration in beiden Geschlechtern von *Lychnis dioica* befassten, zeigten, dass der Pressaft der männlichen Pflanzen während dem Blütenstadium immer etwas saurer als der weibliche Pressaft ist. Vor und nach der Blüte sind keine Unterschiede bezüglich pH der Geschlechter zu bemerken.

Für die schon kurz erwähnten Untersuchungen von STANFIELD (1937 b) über den totalen Stickstoffgehalt in beiden Geschlechtern von *Lychnis dioica* sollen in Tabelle 3 die Resultate bekannt gegeben werden. Die Untersuchungen erstreckten sich auf vier Entwicklungszustände. Zur Analyse verwendete STANFIELD die Spitzen der Pflanzen mit Ausnahme der Knospen und Blüten. Das Geschlecht wurde nach den Untersuchungen bestimmt, die Rosetten wurden zum Blühen forciert.

Tabelle 3

Alter in Wochen	10		13		16		20	
Entwicklungszustand	Rosette		1. Blüten		blühend		lebh. blühend	
Geschlecht	m	f	m	f	m	f	m	f
% N bezog. auf Tr. Gew.	3,96	3,83	3,27	3,11	2,5	2,43	3,03	2,65

Aus diesen Resultaten ist ersichtlich, dass der prozentuale Stickstoffgehalt der weiblichen Pflanzen nur etwa 94 % des Stickstoffgehaltes der männlichen Pflanzen ausmacht.

Zu gleicher Zeit bestimmte STANFIELD auch Trockengewicht, Frischgewicht, Phosphor, total Zucker, Polysaccharide, pH, Oxydase, C/N und die Asche von *Lychnis dioica*. Zusammenfassend kam er zu folgenden Resultaten: Die weiblichen Pflanzen haben im Rosetten- und im Blühstadium ein grösseres prozentuales Trokkengewicht. Ihr Frischgewicht, ihr pH-Wert und ihre Oxydasewirkung sind nur im Blühstadium höher als bei den männlichen Pflanzen. Letztere enthalten aber mehr Asche, Phosphor, Stickstoff und total Zucker im Rosetten- und im Blühstadium. Für den Koeffizient C/N und den prozentualen Gehalt an Polysacchariden ist keine Neigung zugunsten irgendeines Geschlechtes zu ersehen. Die Werte sind je nach dem Entwicklungsstadium einmal für das weibliche, dann wieder für das männliche Geschlecht höher.

Die Untersuchungen von STANFIELD erstreckten sich ferner

auf die Knospen von *Melandrium*. Er fand, dass die männlichen ein höheres Trockengewicht, einen höheren Aschengehalt und eine grössere Oxydasewirkung besitzen. Die weiblichen Knospen dagegen haben mehr total Zucker, Stickstoff und Polysaccharide. Phosphor, pH und C/N sind jedoch für die Knospen beider Geschlechter gleich.

Auf die Diskussion dieser Arbeit und den Vergleich mit den nun folgenden, eigenen Unteruschungen soll später bei der Besprechung der Resultate eingegangen werden.

II. Methode

1. Material und Einteilung desselben.

Die verwendeten Pflanzen bestanden aus nur gesundem, kräftigem Material, das unter möglichst gleichartigen Bedingungen in Gewächshäusern gezogen war. Die Pflanzen blüten zum erstenmal. Die Analysen stammen zur Hauptsache aus dem Sommer 1938. Nur diejenigen der Keimpflanzen wurden im Sommer 1940 ausgeführt. Von Pflanzen mit Verzweigungen oder mehreren Trieben gelangten nur immer der Haupttrieb, bzw. der Zentraltrieb zur Untersuchung. Zur Stickstoffanalyse wurden nur gesunde, grüne Blätter, die noch keine Spur von Welke zeigten, verwendet. Sie wurden mit der Nummer des darunterliegenden Internodiums bezeichnet, und zwar in der Reihenfolge von der Basis bis zur Spitze. Bei der Keimpflanze wurden der Kleinheit wegen nur drei Blätter zur Analyse verwendet und deren durchschnittlicher Stickstoffgehalt bestimmt. An den Keimpflanzen blieben dann noch ein Blatt und der Spross, was für das Weiterwachsen der Pflänzchen ausreichte. Sie wurden als Keimlinge in Töpfe pikiert und blieben dort bis während der Blütezeit ihr Geschlecht bestimmt werden konnte. Ueber sämtliche Pflanzen wurde genaueste Statistik geführt. Alle nur einigermassen zur Charakterisierung und Einteilung der zur Analyse gelangenden Pflanzen wichtig scheinenden Eigenschaften und Merkmale wurden notiert, und wenn nötig, bildlich festgehalten. Das waren z. B.: Alter nach der Keimung, Höhe der Pflanze, Zahl der Internodien, Verzweigungen, deren Grösse, Zahl der Knospen, Blüten, Früchte, besondere Merkmale, Zustand der Blätter, ihre Oberfläche usw. Von allen Exemplaren, mit Ausnahme der Keimpflanzen, wurden, wo es die Umstände erlaubten, normalerweise 8 bis 12 Blätter untersucht.

Die Versuche zeigten, wie schon in einer vorläufigen Veröffentlichung (SCHOPFER et KOCHER 1937) bekanntgegeben wurde, dass die Unterschiede im Stickstoffgehalt der Blätter nicht nur geschlechtsbedingt sind, sondern vor allem vom Alter der Pflanzen abhängen, sowie von der Stellung der Blätter am Stengel, d. h. vom Alter der Blätter. Dieses wurde auch durch Versuche mit einigen anderen Pflanzen bestätigt, welche nachstehend kurz erwähnt werden sollen:

Gesunde, grüne Zweige der betreffenden Pflanzen wurden geschnitten, und die zur Analyse verwendeten Blätter von der Basis bis zur Spitze fortlaufend numeriert. Die niedrigsten Nummern entsprechen also den ältesten Blättern, die höchsten den jüngsten. Die Resultate sind in folgender Tabelle mit den gleichzeitig bestimmten prozentualen Trockengewichtsmengen wiedergegeben.

Tabelle 4

Blattnummern	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Erytroxylon Coca									
% Tr. Gew.	34,3	30,9	28,3	29,3	28,5	27,8	29,5	24,6	22,2
% Stickstoff	2,92	3,30	3,27	3,00	3,06	3,08	2,71	3,65	4,17
2. Jasminum Samboe									
% Tr. Gew.	33,2	31,3	33,3	31,5	30,5	31,3	31,2	30,4	
% Stickstoff	1,69	1,66	1,61	—	1,48	1,58	1,23	0,20	
3. Iresine									
% Tr. Gew.	14,0	14,2	14,9	15,8	17,1	14,8	16,3	15,2	16,6
% Stickstoff	—	1,98	2,25	2,32	2,35	2,45	3,32	3,63	5,23
4. Tradescantia									
% Tr. Gew.	3,7	3,6	3,9	4,5	4,3	4,0	4,6		
% Stickstoff	1.86	1,81	1,90	1,89	2.08	2,57	3,70		
5. Coleus									
% Tr. Gew.	6,1	6,4	4,8	9,3					
% Stickstoff	2,03	3,05	3,71	4,67					
6. Columnea gloriosa									
% Tr. Gew.	5,2	7,0	5,7	5,2	5,6	5,8	7,0	9,6	
% Stickstoff	0,56	1,55	1,57	1,52	—	2,26	2,44	2,52	
7. Veronica catarractae									
% Tr. Gew.	29,2	27,6	28,4	28,0	26,4	25,8	32,9		
% Stickstoff	0,36	0,71	0,75	0,85	0,30	1,04	2,01		

Wie aus dieser Tabelle hervorgeht, ist für alle untersuchten Pflanzen eine deutliche Abhängigkeit des prozentualen Blattstickstoffgehaltes vom Alter der Blätter vorhanden. Mit Ausnahme von *Jasminum samboe* nimmt der Stickstoffgehalt überall mit zunehmendem Alter der Blätter ab. Die jüngsten Blätter an den Zweigspitzen enthalten am meisten Stickstoff, die Unterschiede von den ältesten bis zu den jüngsten Blättern betragen teilweise mehr als 100 %. *Jasminum samboe* zeigt ein umgekehrtes Verhalten.

Die erwähnten vorläufigen Veröffentlichungen mit *Melandrium* (SCHOPFER und KOCHER) wurden damals nach dem Gesichtspunkt der Allometrie ausgewertet. Die Allometrie verfolgt den Zweck, das Wachstum eines Organes in bezug auf den gesamten Organismus während der ganzen Entwicklungsperiode graphisch darzustellen.[1]) Dies geschieht nach folgender Formel:

$$y = K \cdot x^{a}$$

Die Neigung der Geraden gibt an, ob das bestimmte Organ verhältnismässig langsamer oder schneller als der gesamte Organismus gewachsen ist, mit andern Worten, ob das relative Wachstum des Organs harmonisch war oder nicht. Ferner ist die Gestrecktheit der Geraden ein Kriterium für ein ungestörtes Wachstum. Jede Abweichung dieser Geraden kann Ausdruck einer weitgehenden Stoffwechselstörung bedeuten.

Diese Methode, das Wachstum darzustellen, ist auf morphologischem Gebiet sehr erfolgreich und führte zu interessanten Resultaten (siehe NEEDHAM).[2]) Es wurde z. B. das Wachstum des Stengels im Bezug zum Wurzelwachstum, oder das Wachstum des Blattstengels zum Wachstum des gesamten Blattes allometrisch dargestellt (siehe HUXLEY, S. 13 und 14).

Man hat sich gefragt, ob es nicht möglich wäre, den Begriff der Allometrie auch auf dem Gebiete der Biochemie anzuwenden. MEUNIER[3]): „Entre certaines époques du développement de différents animaux, les changements de leur composition chi-

---

[1]) J. A. Huxley, Problems of relative growth, London 1932. — G. Teissier, Dysharmonies et discontinuités dans la croissance, Paris, Actualités scient. et industr. no 95, 1934.

[2]) A. E. Needham, Relative growth in the individual, Nature London, 1941, **148**, 52.

[3]) P. Meunier, Premiers exemples d'allométrie chimique dans la croissance des végétaux. Bull. Soc. chim. biol. 1936, **18**, 636.

mique sont progressifs et l'on peut pratiquement représenter par une relation simple, précise, toujours de même forme, la masse totale d'un constituant en fonction du poids total de l'organisme." Dabei wurde der Ausdruck „chemische Allometrie" vorgeschlagen (HUXLEY und TEISSIER, C. r. Soc. biol. Paris, 1936, 121, 934).

Auf botanischem Gebiet wurde auf diese Weise die Zunahme des Wassergehaltes der Blätter in bezug zum Gewicht derselben graphisch dargestellt (MEUNIER, S. 639). Ein ähnlicher Versuch wurde mit Gerste durchgeführt (MEUNIER, S. 640). Ebenso wurde versucht, die Entwicklung des Stickstoffs, des Phosphors und der mineralischen Substanzen auf allometrische Art graphisch darzustellen. Die erzielten Resultate rechtfertigen denn auch bis zu einem gewissen Grade die „chemische Allometrie".

Natürlich kann man nicht die Entwicklung eines Bestandteiles von einem einzigen Organ, das bei der Analyse zerstört wird, verfolgen, wohl aber bei einer Serie homologer Organe. Die sichersten Resultate werden beim Studium der Entwicklung eines einheitlichen Bestandteiles, bezogen auf den gesamten Organismus, erhalten, wie das z. B. für den Stickstoffgehalt, bezogen auf die ganze Pflanze, der Fall ist.

Beim Studium eines einzelnen Organes besteht immer die Gefahr, dass die untersuchten Faktoren durch lokale Veränderungen die Zusammensetzung dieses Organes mehr oder weniger unregelmässig beeinflussen, so dass sich die ergebenden Resultate nicht mehr zu einer Geraden anordnen lassen. Der Idealfall wird durch einen einfachen, azellularen oder einzelligen Organismus dargestellt, in welchem nur minime oder überhaupt keine Stoffwanderungen vorkommen, wie das z. B. von SCHOPFER[4]) mit dem Stickstoffgehalt von *Phycomyces*thalli gezeigt wurde.

In den ersten Veröffentlichungen (SCHOPFER und KOCHER 1937) wurde versucht, den N-Stoffwechsel in den Blättern von *Melandrium album* mit Hilfe der Allometrie graphisch darzustellen. Dies geschah aus folgender Ueberlegung heraus: Bei einem einfachen Stengel, welcher sich regelmässig entwickelt hat, sind die grössten Blätter am Fuss, die kleinsten Blätter am Gipfel. Wir haben in diesem Falle eine Serie von identischen Organen, welche

[4]) W. H. Schopfer, Recherches sur le métabolisme de l'azote d'un microorganisme acellulaire, Protoplasma, 1937, **28**, 381.

sich chronologisch folgen. Sie korrespondieren mit verschiedenen Entwicklungsstadien. Wie aber spätere Untersuchungen an *Melandirum* und auch die in Tabelle 4 erwähnten Bestimmungen mit *Iresine, Columnea, Veronica* etc. zeigten, ist das nicht immer der Fall. Häufig sind die untersten Blätter ein- und derselben Pflanze kleiner (leichter) als die mittleren und erst von hier an fällt das Blattgewicht wieder mit abnehmendem Alter. In extremen Fällen kann sogar ein altes Basisblatt leichter als ein junges Blatt in der Nähe der Spitze sein. Auch kann plötzlich mitten in der Pflanze ein Blatt aus irgend einem Grunde kleiner oder grösser als seine tiefer oder höher gelegenen Nachbaren geraten sein. Es ist klar, dass diese häufig genug auftretenden Unregelmässigkeiten die Anwendung von absoluten Werten, wie das für die Allometrie notwendig ist, verhindern und dass auch mit Durchschnittswerten die Schwankungen nur teilweise vermieden werden können.

In der vorläufigen Veröffentlichung wurde auf die Tatsache aufmerksam gemacht, dass die lokalen Stickstoffwanderungen auf jedem Stengelniveau möglich sind. In diesem Fall zeigt der Stickstoffgehalt eines Blattes unerklärliche Unterschiede im Vergleich zu entsprechenden Blättern. Es sind hauptsächlich die älteren die bei Entwicklungsbeginn der Pflanze solchen Störungen unterworfen sind. MEUNIER (S. 642) macht auf die Tatsache aufmerksam, dass in ähnlichen Versuchen wie den unsrigen vom Moment an, wo die Blätter altern und vor dem Fall stehen, das Gesetz der Allometrie sich nicht mehr bewährt.

Solche lokale Wanderungen sind vorauszusehen. Sie werden zur Erklärung der beobachteten Unregelmässigkeiten angewandt, ohne eigentlich genau zu wissen, um was es sich wirklich handelt.

Eines ist jedoch klar, dass, wenn es die äusseren Bedingungen gestatten, eine unzweifelhafte Harmonie im Metabolismus der Pflanze existiert. Werden die Messungen in einem solchen Moment gemacht, so ist das Gesetz der Allometrie ohne weiteres anwendbar, während das im andern Fall nur teilweise möglich ist.

Es ist festzustellen, dass nicht das Gesetz der Allometrie daran schuld ist, sondern das verwendete Material, welches sich zur Anwendung nicht eignet. Die Resultate der ersten Veröffentlichungen stellen einen Mittelwert dar.

Einige Beispiele veranschaulichen am besten das Verhalten von Blattgewicht, absolutem und prozentualem Blattstickstoffgehalt in Beziehung zu der Stellung der Blätter am Stengel. Die Blätter sind in der Reihenfolge ihrer Stellung am Stengel von unten nach oben numeriert.

Tabelle 5

Männliche Pflanze vor dem Blühen, Nr. 182									
Nr. d. Bl.	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tr. Gew.	15,6	21,0	24,8	22,2	16,0	10,0	10,4	14,0	5,8
mg N	0,406	0,672	0,770	0,742	0,609	0,364	0,441	0,672	0,280
% N	2,60	3,20	3,11	3,34	3,81	3,64	4,24	4,80	4,83
Weibliche Pflanze vor dem Blühen, Nr. 292									
Nr. d. Bl.	2	4	5	6	7	9	10	11	
Tr. Gew.	16,0	27,0	33,8	30,0	20,6	20,8	21,1	12,0	
mg N	0,364	0,911	1,163	1,198	0,855	1,009	1,156	0,756	
% N	2,28	3,37	3,44	3,99	4,15	4,85	5,48	6,30	
Männliche Pflanze in voller Blüte, Nr. 205									
Nr. d. Bl.	4	5	6	7	8	9	10	11	
Tr. Gew.	38,8	37,2	31,9	27,2	15,0	13,0	8,5	3,1	
mg N	0,700	0,707	0,672	0,602	0,336	0,315	0,206	0,084	
% N	1,81	1,90	2,11	2,22	2,24	2,42	2,40	2,71	
Weibliche Pflanze in voller Blüte, Nr. 223									
Nr. d. Bl.	4	6	8	9	11	12	13	14	
Tr. Gew.	21,3	26,6	21,1	14,7	15,6	12,0	8,4	4,6	
mg N	0,595	0,826	0,826	0,588	0,777	0,623	0,427	0,238	
% N	2,79	3,11	3,91	4,00	4,98	5,19	5,09	5,17	

Aus vorstehenden Erfahrungen entwickelte sich folgende Einteilung des Materials:

a) Die gesamte Lebensdauer der *Melandrium*pflanzen wurde in fünf Entwicklungszustände eingeteilt, die in Zukunft kurz als Zustände bezeichnet werden sollen.

Zustand:	Entwicklungsstadium der Pflanze:
0	Keimpflanze.
1	Rosette (ohne Trieb).
2	Vorstadium (die ersten Knospen).
3	Blütenstadium.
4	Reifestadium (weibl. Pflanze, reife Früchte, männl. Pflanze, welke Blüten).

Es ist dieses die genaueste, noch gut objektiv beurteilbare Un-

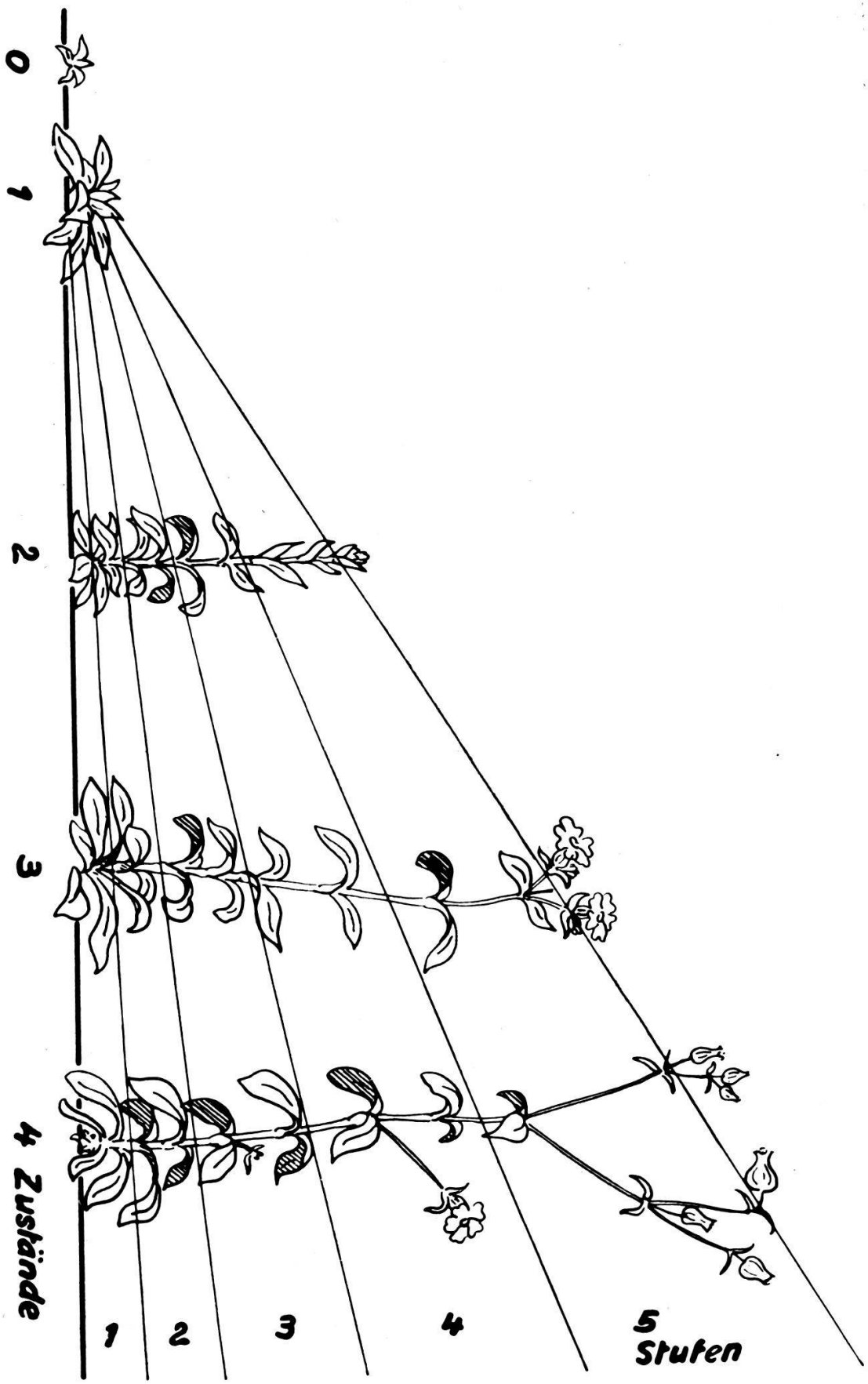

Abb. 1. Schema für die Einteilung der Pflanzen in Entwicklungszustände und zur Unterteilung der Blätter in Stufen

terteilung der Gesamtentwicklung der Pflanzen. Variationen von vorzeitlicher oder verspäteter Entwicklung, wie Frühreife etc., bewegen sich erfahrungsgemäss noch in diesen willkürlich festgesetzten Grenzen. Auch wurde auf diese Weise die Möglichkeit, die geschlechtlichen Unterschiede auf eine Verschiebung des relativen Alters bei dem männlichen bzw. dem weiblichen Geschlecht zurückzuführen, von vorneherein von der Hand gewiesen.

b) Alle Pflanzen wurden weiter unterteilt in fünf Stufen, welche von der Basis der Pflanze bis zu deren Spitze hin in gleichmässiger Aufteilung alle Blätter, auch die Sprossblätter einschliessen. Von dieser Stufenunterteilung waren nur die Pflanzen des Zustandes 0 ausgenommen, weil von ihnen nur drei Blätter untersucht wurden, welche nur Durchschnittswerte lieferten.

Diese Einteilung verfolgt den Zweck, nicht nur das Alter der gesamten Pflanze, was durch die Einteilung in Zustände erreicht wird, sondern auch das wahre Alter der eigentlichen Untersuchungsobjekte, der Blätter zu charakterisieren. Es muss vermieden werden, dass Blätter verschiedener Höhe am Stengel in den einzelnen Entwicklungszuständen untereinander vermischt werden können. Dies wird durch die Stufeneinteilung erreicht, welche sich dadurch rechtfertigt.

Um in vorliegender Arbeit vergleichbare Resultate zu erhalten, wird der Blattstickstoffgehalt auf ein, für alle Blätter vergleichbares Trockengewicht gebracht, z. B. auf 100 mg. Mit andern Worten, man arbeitet mit % Stickstoff.

2. *Stickstoffbestimmungen.*

Die Untersuchungen beschränken sich wie schon angeführt auf den totalen Stickstoffgehalt der Untersuchungsobjekte. Die Bestimmungen wurden mit einer zu diesem Zwecke ausgearbeiteten Halbmikrokjeldahlmethode durchgeführt.

a) Gebrauchte Chemikalien:

Die zur Analyse verwendeten Chemikalien wurden nur in reinster Form und frisch angewandt. Es waren folgende Substanzen notwendig:

1. H_2SO_4 konz.
2. $CuSO_4$ sic.
3. K_2SO_4.

4. NaOH 33 % ig.

5. n/100 H_2SO_4 mit Jodatzusatz: 100 ccm n/10 H_2SO_4 und 400 ccm n/10 KJO_3 Lösung werden im 1 Literkolben bis zur Marke mit dest. H_2O verdünnt.

6. n/100 $Na_2S_2O_3$ Lösung, aus n/10 Lösung stets frisch zu bereiten. Ihr Titer wurde täglich neu bestimmt.

7. Kaliumjodidlösung 2,5%ig. Sie ist häufig zu erneuern.

8. 1 % ige Stärkelösung, nur frisch zu verwenden.

b) Bestimmung des Trockengewichtes:

Die zu untersuchenden Objekte (Blätter, Internodien etc.) wurden sofort, nach dem sie geschnitten waren, im Wärmeschrank bei 100° getrocknet, worauf sie in Glasschalen zur Wägung kamen. Die Trockengewichte der untersuchten Blätter erstreckten sich normalerweise zwischen 5—40 mg.

c) Veraschung:

In Serien von 8—10 Stück wurden nach der Trockengewichtsbestimmung die Untersuchungsobjekte in Kjeldahlkölbchen von 100 ccm Inhalt mit 2 ccm konz. H_2SO_4, 1 Messerspitzchen K_2SO_4 und 1 Prise $CuSO_4$ sic. versetzt und verascht bis zur klaren, bläulichen Lösung der organischen Substanz, was zirka eine Stunde beanspruchte. Nach dem Erkalten wurde der Inhalt der Kölbchen mit 10 ccm Wasser verdünnt und diese zur weiteren Verarbeitung bereitgestellt.

d) Destillation:

Die Austreibung des Ammoniaks erfolgte durch eine Wasserdampfdestillation unter Verwendung des in der Abbildung 2 dargestellten Apparates. Als Vorlage kamen in den 50er Erlenmeyerkolben je nach der zu erwartenden Menge Stickstoff 10—20 ccm der n/100 H_2SO_4 mit Jodatzusatz. Nach Einsetzen des Kjedahlkölbchens und Prüfen der Gummiverbindungen auf Dichte, wurden durch den Trichter ein Ueberschuss (8 ccm) 33 % ige Natronlauge vorsichtig zugegeben. Hierauf wurde die Verbindung mit dem Dampf des ständig siedenden Wassers hergestellt und während fünf Minuten kräftig, aber sehr vorsichtig unter ständiger Beobachtung destilliert. Nach Ablauf der kontrollierten Zeit wurde immer noch unter Sieden das vorgelegte Kölbchen um einige cm tiefer gesetzt, so dass das Destillationsrohr nicht mehr in die

Flüssigkeit tauchte und dann eine Minute weiter destilliert. Erst nachdem das Kölbchen nach gutem Abspülen des Destillationsröhrchens entfernt war, konnte die Destillation unterbrochen werden. Das Erlenmeyerkölbchen wurde sofort mit 2 ccm 2,5 % iger KJ-Lösung versetzt und genau fünf Minuten stehen gelassen.

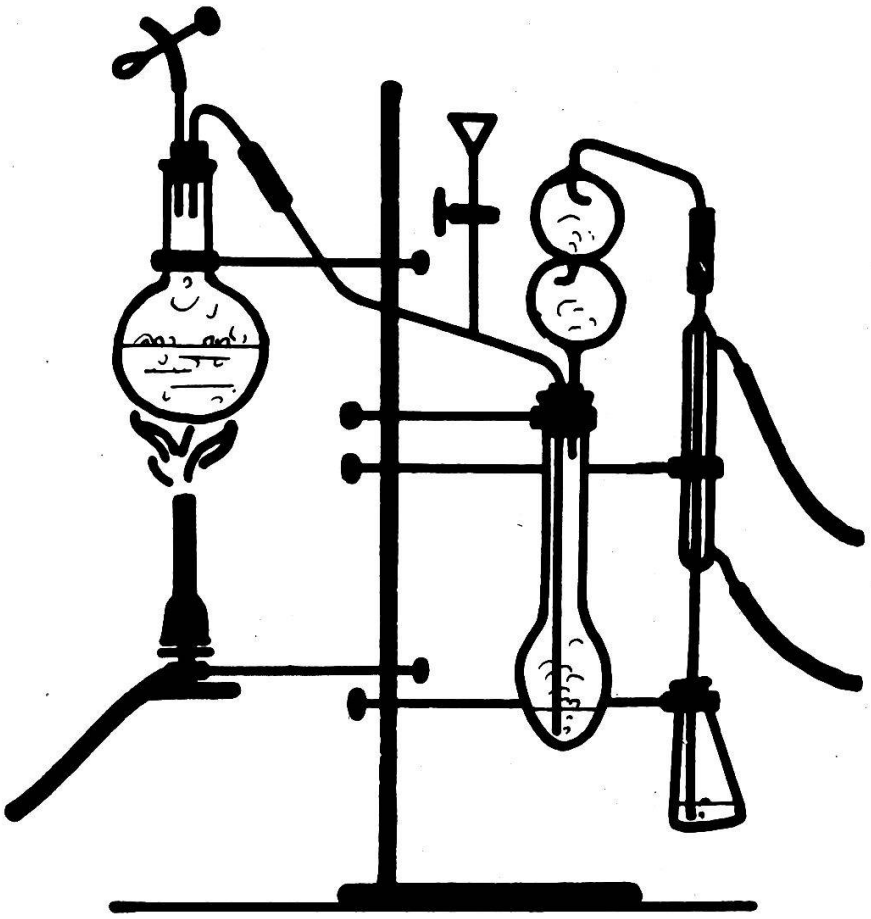

Abbildung 2

e) Titration:

Die Titration wurde mit n/100 $Na_2S_2O_3$ durch Zugeben aus der Mikrobürette durchgeführt. Nachdem fast alles ausgeschiedene Jod verschwunden war, was an der schwächer werdenden Gelbfärbung leicht zu erkennen ist, wurde mit drei Tropfen Stärkelösung versetzt, und die entstandene Blaufärbung bis zur Entfärbung vorsichtig weitertitriert. Die gesamte Titration erforderte eine Minute. Diese Zeit musste für alle Bestimmungen peinlich genau innegehalten werden, so dass nach total sechs Minuten nach Zugabe des KJ die Titration abgeschlossen war. Auch die vor jeder Bestimmung ausgeführten Blindversuche zur Feststellung des Titers wurden unter genau denselben Bedingungen durch-

geführt. (Eine Verlängerung der Titrationszeit hat zur Folge, dass eine Spur mehr Jod ausgeschieden wird, was am Wiederblauwerden der schon entfärbten Lösung zu erkennen ist. Dadurch wird der Wert für Stickstoff etwas zu klein gefunden).

III. Der Blattstickstoffgehalt in Funktion des Geschlechtes und des Alters

Zur Untersuchung kamen 32 männliche und 29 weibliche Pflanzen. Wo das Geschlecht schon zu erkennen war, wurden die Untersuchungen immer paarweise durchgeführt, wobei möglichst ähnliche Exemplare beider Geschlechter ausgesucht wurden. Die Detailresultate sind in den Ergänzungen zu Tabelle 6 am Schlusse dieser Arbeit angeführt. Die Zahlen von Tabelle 6 stellen den prozentualen Stickstoffgehalt bezogen auf das Trockengewicht der Blätter dar. Die Resultate sind Durchschnittswerte aus 413 Blattanalysen von 217 männlichen und 196 weiblichen Blättern.

Tabelle 6

Stufe	1		2		3		4		5		Durchschnitt	
Geschlecht	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f
Zustand												
1	1,65	2,08	2,20	3,79	2,48	4,30	4,09	5,33	5,90	6,50	3,26	4,40
2	2,48	2,40	2,92	3,34	3,50	4,37	4,06	5,97	4,45	6,44	3,48	4,50
3	2,27	2,15	2,99	3,22	3,40	4,02	4,19	4,23	4,50	4,41	3,47	3,61
4	1,13	1,15	1,39	1,55	1,46	1,40	1,45	1,63	1,29	0,97	1,32	1,34
Durchschnitt	1,85	1,95	2,37	2,98	2,74	3,52	3,45	4,29	4,03	4,58	2,88	3,45

Wie aus dieser Tabelle zu ersehen ist, bestehen deutliche Differenzen im Blattstickstoffgehalt zwischen den beiden Geschlechtern. In allen Punkten (ausgenommen bei Stufe 1, Zustand 2 und 3 und Stufe 5, Zustand 3 und 4, wo der Unterschied innerhalb der Fehlergrenze liegt) steht das weibliche Geschlecht mit seinem Stickstoffgehalt höher als das männliche. Auch geht die grosse Abhängigkeit des Stickstoffgehaltes der Blätter von deren Stellung am Stengel, bzw. vom Entwicklungszustand der Pflanze aus den Zahlen der Tabelle hervor. Der genaue Verlauf des N-Stoffwechsels der Blätter in Funktion des Geschlechtes und des Alters kann am besten durch einige graphische Darstellungen veranschaulicht werden.

Zuerst soll stufenweise der Verlauf der prozentualen Blatt-

stickstoffgehalte von männlichen und weiblichen Pflanzen gegetrennt, während der vier Alterszustände untersucht werden.

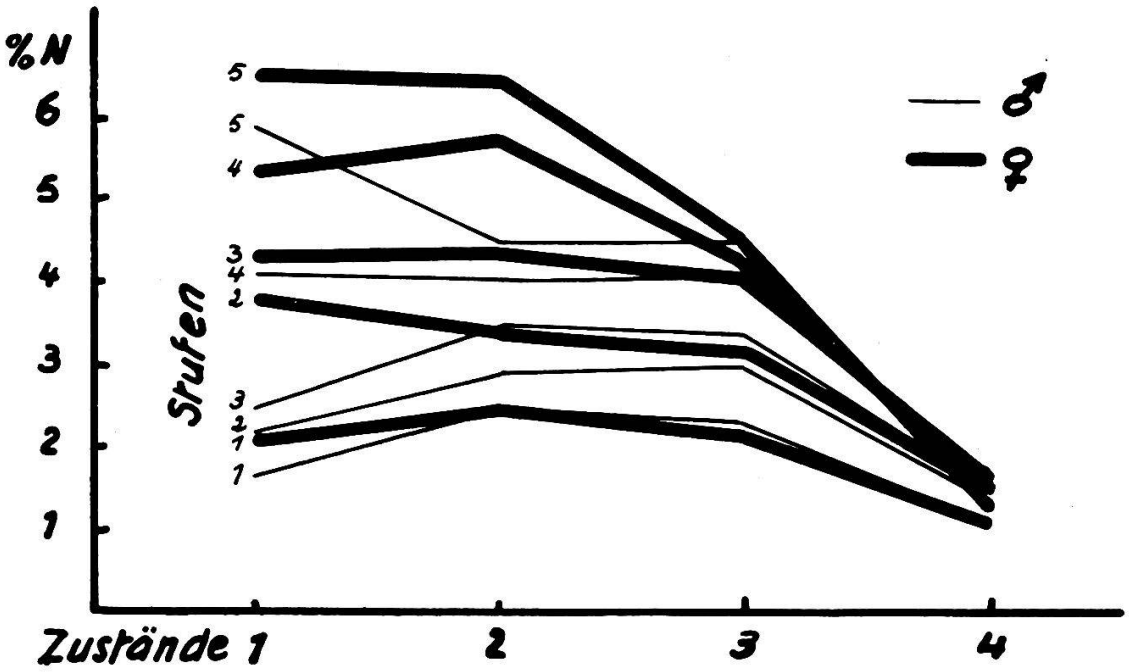

Abbildung 3

Wie die Kurven in Abbildung 3 zeigen, liegt der Blattstickstoffgehalt der weiblichen Pflanzen für alle Stufen höher als derjenige der männlichen. Ferner ist zu ersehen, dass die Blattstickstoffdifferenzen in bezug auf die Geschlechter, sowie auch in bezug auf die Stufen (Stellung am Stengel), im Rosettenzustand am deutlichsten hervortreten. Mit fortschreitendem Entwicklungsstadium der Pflanzen werden diese Unterschiede kleiner, um sich im Welkestadium fast vollständig zu verlieren. Eine Durchschnittskurve der prozentualen Blattstickstoffgehalte aller Stufen der männlichen bzw. weiblichen Pflanzen wird diese Stickstoffabnahme im Laufe der Entwicklung deutlicher zeigen.

Wie aus Abbildung 4 hervorgeht ist der grösste Unterschied im prozentualen Blattstickstoffgehalt zwischen den Geschlechtern im Rosettenstadium zu finden. Die Kurven nähern sich dann gegen das Vorstadium schwach, um sich im Zustand der Blüte fast ganz zu berühren. Dies geschieht ausschliesslich durch den ziemlich starken Abfall der weiblichen Kurve. Vom Blühstadium an bis zur Reife, bzw. Welke, erleiden dann beide Kurven einen rapiden Abfall, um sich am Ende der Vegetationsperiode, bei Zustand 4, zu vereinigen.

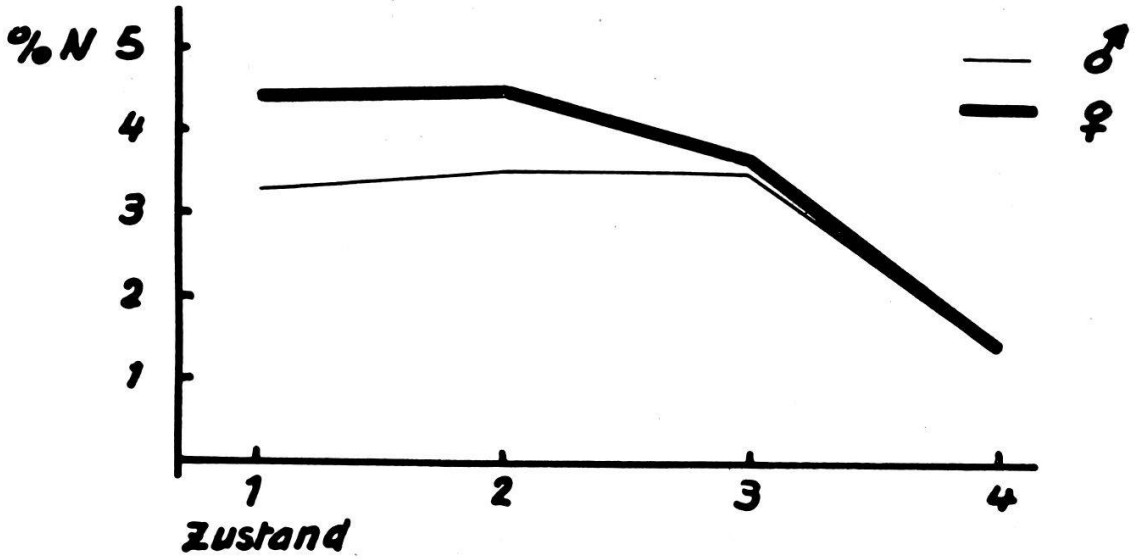

Abbildung 4

Der prozentuale N-Gehalt der Blätter ist bei den Vertretern beider Geschlechter im Vorstadium, also im Zustand 2, der höchste. Er ist als Durchschnittswert aller Stufen im Zustand 2 beim Männchen mit 3,48 %, 2,6 mal, beim Weibchen mit 4,45 % sogar 3,3 mal so hoch wie der bei beiden Geschlechtern gleichhohe Endwert des 4. Zustandes.

Es bleibt ferner zu prüfen, wie sich der prozentuale Stickstoffgehalt der männlichen und weiblichen Blätter zu deren Stellung am Stengel während eines bestimmten Entwicklungszustandes verhält. Die nächste graphische Darstellung gibt darüber Aufschluss. Um ein übersichtliches Bild zu erhalten, sollen hier nur die jungen (Zustand 1 und 2) und die alten (Zustand 3 und 4) Pflanzen unterschieden werden.

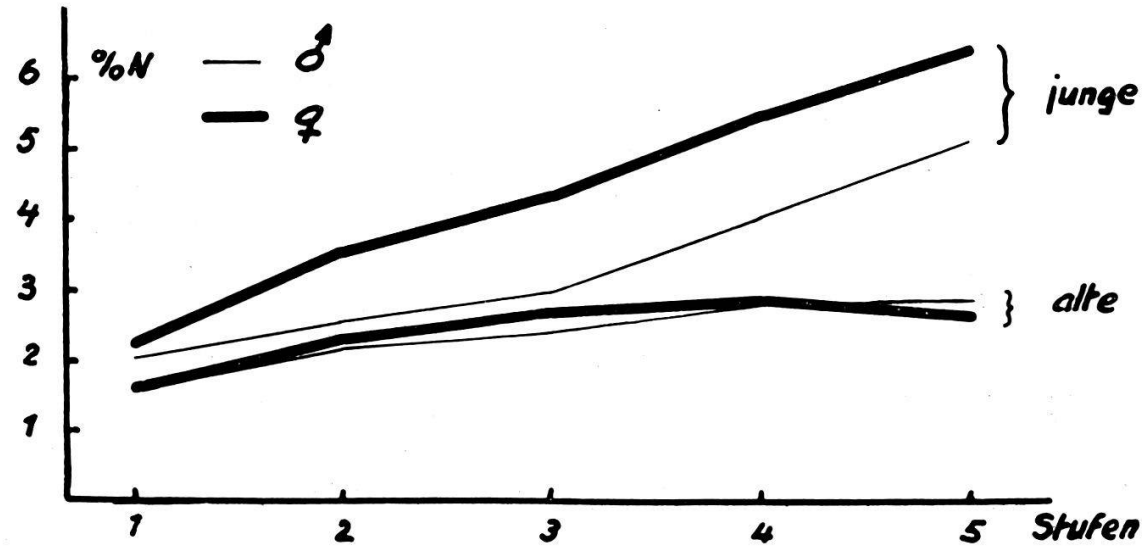

Abbildung 5

Die Kurven aus Abbildung 5 lassen bei den jungen Pflanzen (Zustand 1 und 2) für beide Geschlechter einen ziemlich gleichmässigen Anstieg des prozentualen Stickstoffgehaltes der Blätter mit deren Stellung am Stengel erkennen. Die Differenz zwischen den Geschlechtern geht mit Ausnahme der zwei ältesten Blätter (Basisblätter) fast parallel und ist sehr ausgeprägt. Sie beträgt durchwegs über 1 % Stickstoff.

Die alten Pflanzen (Zustand 3 und 4) zeigen je nach Stellung der Blätter am Stengel keinen oder nur einen ganz geringen Unterschied im Blattstickstoffgehalt zwischen den männlichen und den weiblichen Pflanzen.

Bei den jungen Pflanzen erreicht der gleichmässig ansteigende Stickstoffzuwachs bei den Weibchen bis zur 5. Stufe ungefähr den dreifachen Wert des Stickstoffgehaltes der Basisblätter, bei den Männchen nur ungefähr 2 1/2 mal so viel.

Die alten Pflanzen, bei welchen sich die Blattstickstoffgehalte kaum unterscheiden, zeigen schon in der 4. Stufe ihren maximalen Blattstickstoffgehalt, worauf dieser wieder absinkt. Dieses Absinken der Kurven erklärt sich leicht durch die eintretende Welkung der Spitzenblätter bei alten Pflanzen.

Die jüngsten aller analysierten Pflanzen waren immer diejenigen des Rosettenstadiums. Da diese aber, kurz vor dem Austrieb des Stengels stehend, mit genügender Zahl von Blättern, um die Einteilung in Stufen überall durchzuführen, verhältnismässig nicht mehr ganz jung sind, drängt sich die Frage auf, wie sich wohl die Blattstickstoffgehalte bei den kleinsten, den Keimpflanzen, verhalten würden. Es wurden deshalb im folgenden Jahre eine Anzahl Keimlinge (80 Stück) zu diesem Zweck pikiert. Nach achttägigem Wachstum wurden von jeder dieser Keimpflanzen drei der kleinen Blätter geschnitten und zur Analyse vorbereitet. Das vierte noch vorhandene Blatt wurde mitsamt dem winzigen Spross sorgfältig stehen gelassen um ein Weiterwachsen für die spätere Feststellung des Geschlechtes zu ermöglichen. Die Durchschnittswerte dieser Stickstoffbestimmungen für männliche und weibliche Pflänzchen sind in Tabelle 7 angeführt, sie können natürlich nicht in Stufen unterteilt werden, da die Blättchen nicht getrennt untersucht wurden. Die Einzelresultate sind am Schlusse dieser Arbeit in der Ergänzung zu Tabelle 7 zu finden.

Tabelle 7

Geschlecht	Anzahl der Bestimmungen	% Stickstoff
männlich	23	4,72
weiblich	39	4,81

Da diese Pflänzchen unter anderen Bedingungen (Jahreszeit) gewachsen sind als die Untersuchungspflanzen vom Vorjahr, dürfen sie nicht in direkten Vergleich mit denselben gelangen betreffend des absoluten Blattstickstoffgehaltes. Der Unterschied im Stickstoffgehalt der beiden Geschlechter der Keimpflänzchen kann jedoch mit den durchschnittlichen Geschlechtsdifferenzen der älteren Pflanzen im Laufe der Entwicklung verglichen werden.

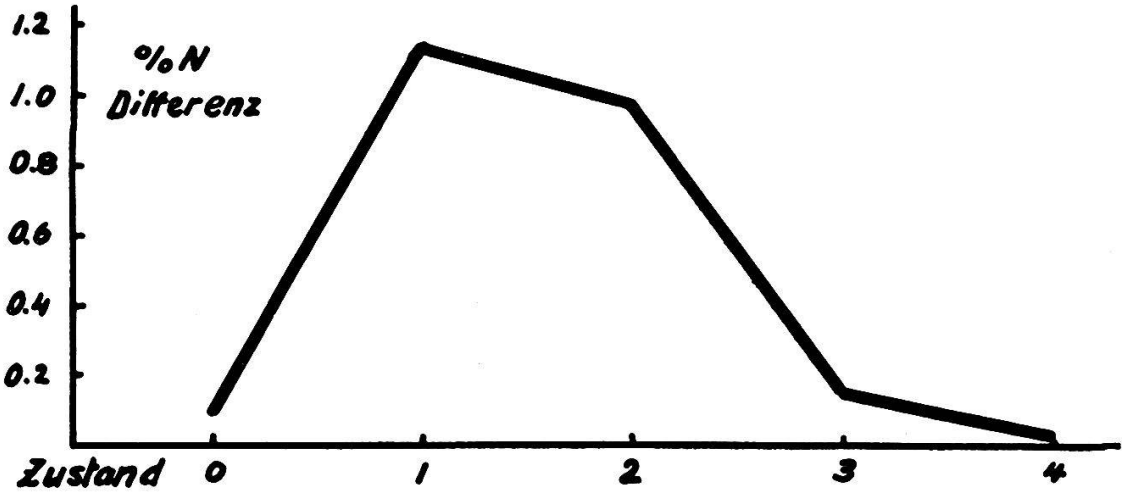

Abbildung 6

Der interessante Verlauf dieser Kurve besagt folgendes: Im Zustand 0 (Keimpflanze) sind die Geschlechter in bezug auf Blattstickstoffgehalt noch sehr wenig differenziert. Der Unterschied von ca. 0,1 % übersteigt kaum die Fehlergrenze. Bis zum Zustand 1 (Rosettenstadium) erreicht er jedoch in steilem Anstieg sein Maximum mit über 1,1 %. Während der Stengelentwicklung und Knospenbildung sinkt die Blattstickstoffdifferenz ganz schwach bis auf ca. 1 %, um dann bis zum Zustand 3 (Blütenstadium) steil abzufallen. Hier beträgt der Unterschied der beiden Geschlechter nur noch 0,14 %. Der Ausgleich geht weiter bis zum Zustand 4, wo die Blattstickstoffgehalte beider Geschlechter kaum einen Unterschied mehr aufweisen.

Zusammenfassend sollen die Analysenresultate aus Tabelle 1

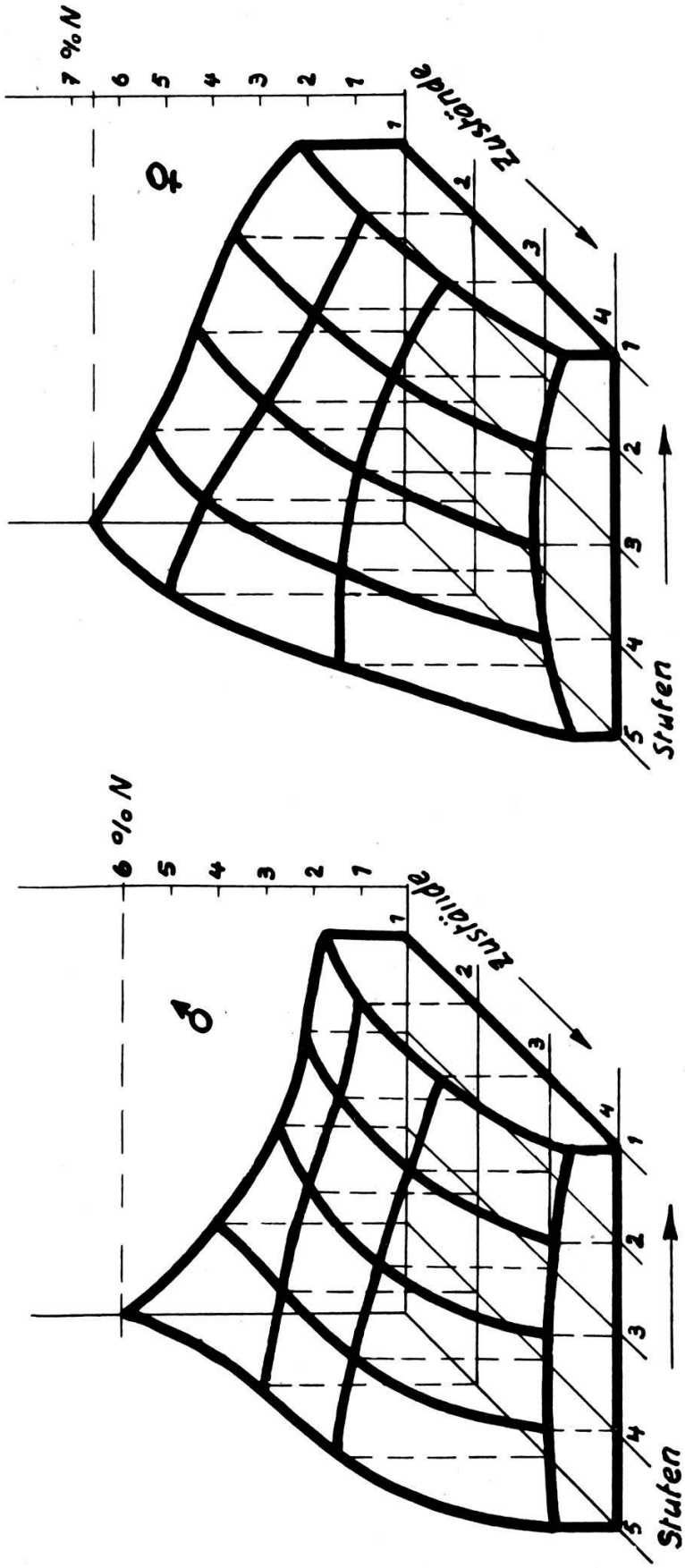

Abbildung 7

Die Pfeile zeigen in der Richtung des zunehmenden Blattalters

den Gehalt an Blattstickstoff unter Einfluss des Entwicklungszustandes, sowie der Stellung am Stengel in je einer tridimensionalen Darstellung für die männlichen und die weiblichen *Melandrium*pflanzen wiedergeben (Abb. 7).

Neben der deutlichen Wechselbeziehung von Blattstickstoff zu Stufen und Zuständen, also zum Blattalter, fällt der unterschiedliche Habitus dieser beiden tridimensionalen Darstellungen sofort auf. Während für die weiblichen Pflanzen der prozentuale Blattstickstoffgehalt mit zunehmendem Alter der Blätter eine starke, jedoch ziemlich regelmässige Abnahme zeigt, ist für die männlichen Pflanzen diese Abnahme bedeutend sanfter. Nur die jüngsten Blätter (Sprossblätter des Rosettenstadiums) bilden einen steilansteigenden Gipfelpunkt.

Wie sich die Gestalt dieser beiden Darstellungen auf die Blatt-

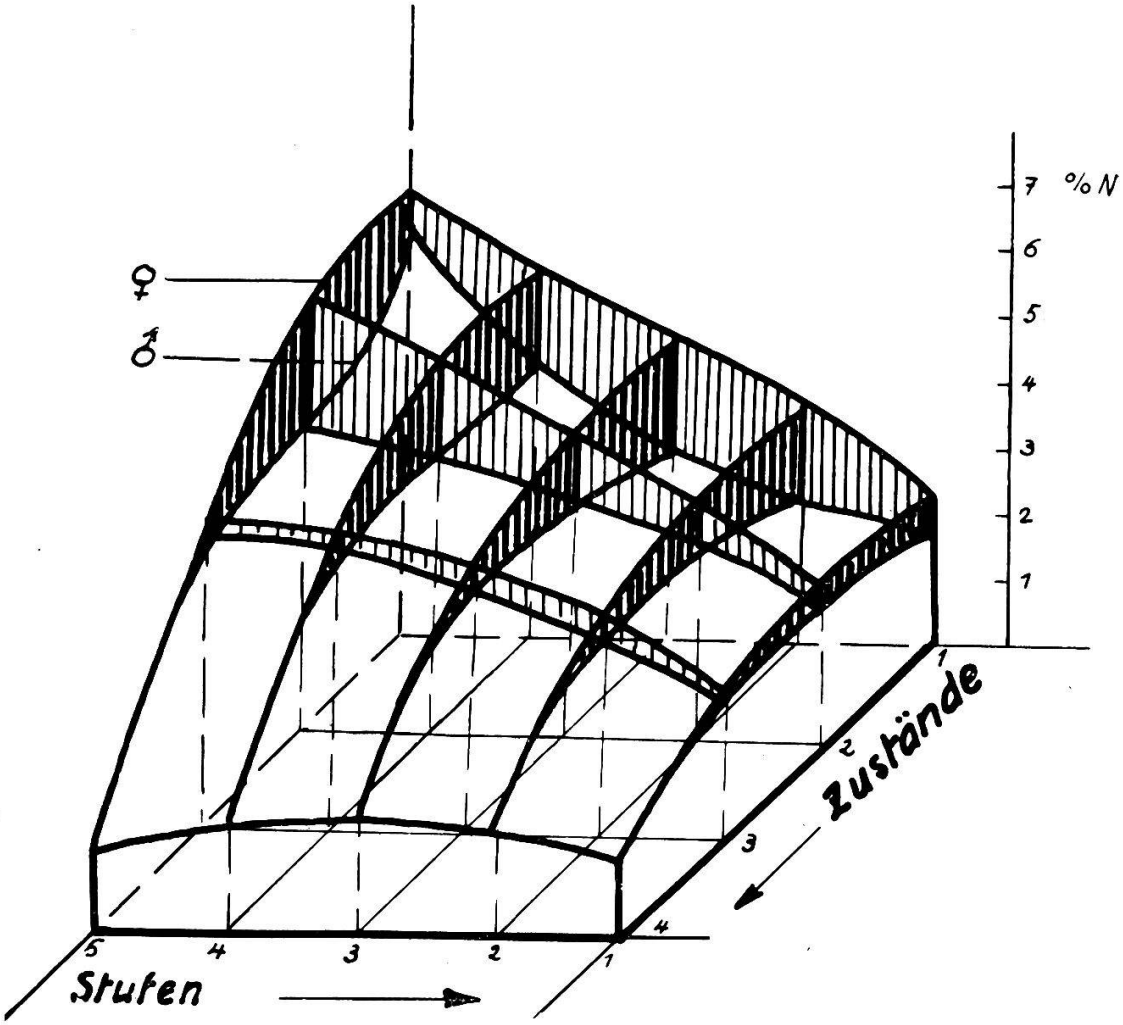

Abbildung 8

Die Pfeile zeigen in der Richtung des zunehmenden Blattalters

stickstoffdifferenz zwischen männlichen und weiblichen Pflanzen während den verschiedenen Zuständen und Stufen auswirkt, veranschaulicht Abbildung 8, welche aus einer Kombination der beiden tridimensionalen Darstellungen besteht.

Der Raum zwischen den schraffierten Flächen ist gleich der Differenz des prozentualen Blattstickstoffgehaltes zwischen allen männlichen und weiblichen Pflanzen. Die Differenz ist für die jüngsten Blätter, die Sprossblätter im Rosettenstadium (Zustand 1, Stufe 5), noch nicht sehr ausgeprägt. Ihren Maximalwert erreicht sie bei den mittleren Blättern des Rosettenstadiums und bei den Sprossblättern des Vorstadiums (Zustand 2) und nimmt von hier aus mit zunehmendem Alter der Pflanze rasch ab. Im Blühstadium (Zustand 3) ist sie nur noch klein, um nach der Blüte vollständig zu verschwinden. Aber auch im Rosettenstadium und im Vorstadium verkleinert sich die Stickstoffdifferenz zwischen männlichen und weiblichen Pflanzen mit der tieferen Stellung der Blätter am Stengel.

IV. Stickstoffbestimmungen in anderen Organen

1. Wurzel.

Die Bestimmungen wurden an jungen und alten *Melandrium*-pflanzen ausgeführt. Die jungen waren durchwegs im Zustand der Rosette mit beginnender Stengelbildung, während die alten alle am Ende ihrer Blühperiode waren. Natürlich musste die Unterscheidung nach Geschlechtern bei den jungen wegfallen, da die Pflanzen nach der Analyse verworfen wurden, es konnten somit nur die alten nach diesem Gesichtspunkt untersucht werden. Bei letzteren wurde noch zwischen Wurzelstückchen aus dem oberen und solchen aus dem unteren Teil der Pfahlwurzel unterschieden. Die Resultate in der folgenden Tabelle sind Durchschnitswerte aller Bestimmungen:

Tabelle 8

	junge Pflanzen	alte Pflanzen oben	alte Pflanzen unten
Anzahl der Bestimmungen	15	8	8
männlich % N	♂ + ♀	0,82	0,69
weiblich % N	2,23 (gemischt)	0,80	0,68

Bezüglich des Geschlechts lassen die Zahlen der Tabelle 8 keine Unterschiede im Stickstoffgehalt erkennen. Hingegen sind die Differenzen zwischen alten und jungen Wurzeln sehr gross, macht doch die prozentuale Stickstoffmenge alter Wurzeln nur ungefähr einen Drittel des Stickstoffgehaltes der jungen Wurzeln aus. Es scheint also, dass die Pflanze all ihren Reservestickstoff der Wurzeln während der Reifeperiode der Blüten- und Fruchtbildung zur Verfügung stellt. Auf alle Fälle ist eine Rückwanderung von Stickstoff als Reserve in die Wurzeln erst nach der Reifeperiode zu erwarten, auch wenn schon vorher ein Vergilben der Blätter eintritt. Es ist wahrscheinlich, dass auch der Blattstickstoff, der bei so frühem Vergilben abwandert, nur zur Blütenbildung, resp. Fruchtbildung Verwendung findet.

Ferner ist zwischen den oberen und den unteren Teilen der alten Pfahlwurzeln eine kleine aber deutliche Stickstoffdifferenz vorhanden. Sie ist bei männlichen wie bei weiblichen Pflanzen gleich hoch und beträgt ca. 15 % des Stickstoffgehaltes der oberen Wurzelteile.

2. *Internodien.*

Es kamen nur zwei Pflanzen zur Bestimmung, eine männliche und eine weibliche. Diese wurden, wie früher bei den Blattanalysen, in je fünf Stufen unterteilt, so dass für jede Stufe der Stickstoff von 1—2 Internodien bestimmt werden konnte. Die Pflanzen waren in ihrer Gestalt vollkommen ähnlich, was eine genau gleiche Unterteilung ermöglichte. Sie standen beide kurz vor der Blüte. Tabelle 9 gibt für jede Stufe den durchschnittlichen Gehalt an Stickstoff in % des Trockengewichtes.

Tabelle 9

Stufe	1	2	3	4	5
männlich	0,15	0,75	0,85	1,24	2,30
weiblich	1,21	1,14	1,17	1,54	2,64

Wegen der kleinen Anzahl von Bestimmungen (total 16) soll dieser Tabelle nicht zu viel Wert beigemessen werden, hauptsächlich was den Vergleich zwischen männlichen und weiblichen *Melandrium*pflanzen anbelangt. Trotzdem kann kurz eine graphische Darstellung die Analogie zwischen Blättern und Internodien, bezüglich N-Gehalt veranschaulichen.

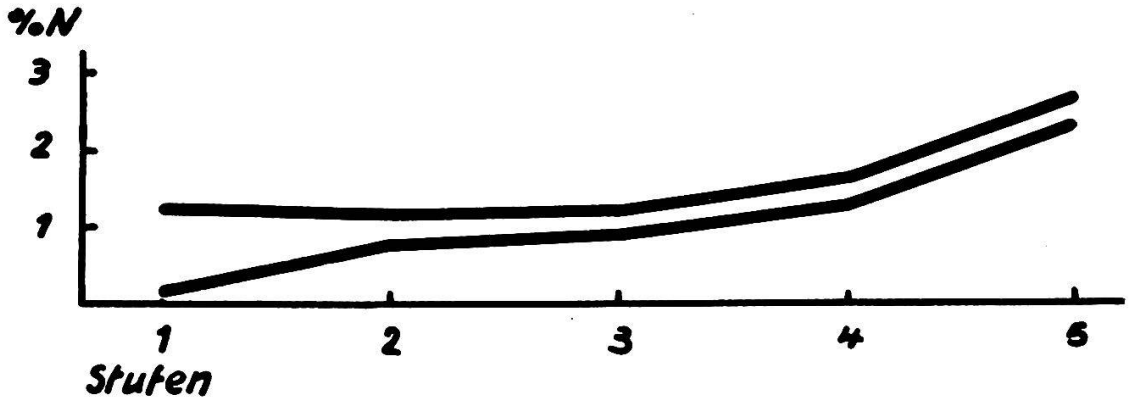

Abbildung 9

Auch hier ist wie bei den Blättern eine Geschlechtsdifferenz im Stickstoffgehalt zu erkennen. Sie geht, mit Ausnahme der untersten Internodien, von der Basis bis zur Spitze der Pflanzen für beide Geschlechter parallel. Wie bei den Blättern steigt der Stickstoffgehalt der Internodien mit deren Stellung am Stengel. Der prozentuale Stickstoffgehalt der Internodien ist jedoch wesentlich kleiner als derjenige entsprechender Blätter bei vergleichbaren Pflanzen.

3. Blumen- und Kelchblätter.

Bei den Blüten wurde der Stickstoffgehalt der Blumenblätter und der Kelchblätter bestimmt. Die gefundenen Resultate sind in Tabelle 10 als Durchschnittswerte von je vier Bestimmungen angegeben. Die Zahlen bedeuten % Stickstoff bezogen auf Trokkengewicht.

Tabelle 10

	Blumenblätter	Kelchblätter
männliche Blüten	3,44	1,91
weibliche Blüten	3,27	2,00

Die beiden Geschlechter unterscheiden sich weder in den Blumenblättern noch in den Kelchblättern durch ihren Stickstoffgehalt merklich. Die kleinen Differenzen sollen vernachlässigt werden, da sie zum Teil von den grösseren Fehlergrenzen bei Stickstoffbestimmungen mit nur so wenig Material (3—7 mg pro Blättchen), zum Teil auch von der kleinen Zahl der Analysen herrühren können. Dagegen ist zwischen den prozentualen Stickstoffgehalten der Blumenblätter und der Kelchblätter ein auffallender Unterschied zu erkennen, der sich bei beiden Geschlech-

tern zeigt, enthalten doch die weiblichen Petalen 1,27 %, die männlichen sogar 1,53 % mehr Stickstoff als die Sepalen.

V. Einfluss der Düngung

Ergänzend soll noch der Einfluss einer Stickstoffdüngung auf das Altern der Blätter, bzw. der ganzen Pflanzen untersucht werden. Zugleich dienen diese Düngversuche als Kriterium dafür, ob die Stickstoffernährung der Versuchspflanzen eine normale war. Sollte die Stickstoffdifferenz zwischen alten und jungen Blättern von gedüngten Pflanzen gegenüber nicht gedüngten verkleinert werden oder sogar verschwinden, so würde das auf eine Stickstoff-Unterernährung bei den früheren Versuchen hindeuten, denn es ist anzunehmen, dass bei Stickstoffmangel die Vergilbung der alten Blätter als Folge einer Stickstoffabgabe an die jungen Organe früher eintritt, als bei einer normalen Ernährung. Das wird übrigens schon von H. ENGEL (1928) mit folgenden Worten beschrieben: „Bei völligem Stickstoffhunger ernährt sich die Pflanze auf Kosten des gebundenen Stickstoffs ihrer älteren Organe, der in die jüngeren Teile abwandert. Dabei vergilben die älteren Blätter und sterben ab. Der Tod erfolgt früher als bei natürlich gealterten Blättern."

Bei diesen Düngversuchen wurde auf den Geschlechtsdimorphismus im Stickstoffgehalt keine Rücksicht genommen. Einesteils, weil das Geschlecht der Rosettenpflänzchen hier nicht bestimmt wurde, und somit die Geschlechtsdifferenzen der ältern Pflanzen allein nicht viel sagen, andernteils weil die beschränkte Analysenzahl (total 48 Pflanzen mit 133 Blattanalysen) bei zu starker Unterteilung keine zuverlässigen Durchschnittswerte garantieren würde. Die Untersuchungen beziehen sich also auf Pflanzen des männlichen und des weiblichen Geschlechtes, wie der Zufall die Mischung ergab.

Als Düngmittel kamen zur Verwendung:

1. „Floramid", ein technischer Harnstoff;
2. „Lonzin", ein Volldünger.

Methode.

Die Pflanzen wurden am 15. März 1938 ausgesät und nach der Keimung pikiert. Am 28. April 1938 wurde mit den Harnstoffdüngungen begonnen, die sich rund alle sechs Tage wiederholten

und in zwölf Malen bis zum 12. Juli 1938 erstreckten, bei welchem Datum auch die letzten Analysen abgeschlossen wurden. Vom 24. Mai 1938 an wurde jede Düngung mit einer Lonzinvolldüngung ergänzt, um nicht das Verhältnis Stickstoff zu übrigen Nährstoffen durch übermässige Stickstoffzufuhr aus dem Gleichgewicht zu bringen. Beide Düngmittel wurden immer, bis auf die erste Düngung vom 28. April 1938, welche nur halb so konzentriert war, in Lösungen von 0,1 % verwendet. Jede Pflanze erhielt in den ersten sieben Düngungen 30 ccm der Lösungen, was 0,03 g Harnstoff bzw. Lonzin entspricht, in den nächsten fünf Düngungen 80 ccm = 0,08 g beider Dünger. Parallel mit den gedüngten Pflanzen wuchsen, sonst unter denselben Bedingungen, ungedüngte Kontrollreihen.

Wie in den vorhergehenden Versuchen wurden die Pflanzen in Entwicklungszustände unterteilt. Sie kamen aber nur in drei Zuständen zur Untersuchung, nämlich im Rosettenzustand, im Vorstadium und während der vollen Blüte. Das Reifestadium wurde nicht untersucht, auch nicht die Keimpflanze, die ja durch die Düngung noch gar nicht berührt wurde. Stufeneinteilungen wurden nur drei gemacht, die aber trotzdem, um Verwechslungen vorzubeugen, mit den früheren Stufenunterteilungen übereinstimmen. Es waren das folgende:

1. Stufe = Basisblätter.
3. Stufe = Mittelblätter.
5. Stufe = Sprossblätter.

Die Resultate dieser Düngungsversuche sind in Tabelle 11 zu sammengestellt. Die Zahlen bedeuten % N bezogen auf Blatttrockengewicht und sind Durchschnittswerte von total 126 Blattuntersuchungen. Die einzelnen Stickstoffanalysen sind in der Ergänzung zu Tabelle 11, im Anhang wiedergegeben.

Die Resultate sollen durch die tridimensionale graphische Dar-

Tabelle 11

Stufe	1		2		3	
Düngung	+	—	+	—	+	—
Zustand 1	3,64	2,81	4,86	3,40	6,01	4,72
Zustand 2	2,81	2,66	4,16	3,63	5,71	5,03
Zustand 3	2,75	1,91	3,97	3,03	5,27	3,66
Durchschnitt	3,07	2,46	4,33	3,35	5,66	4,47

stellung den Verlauf des prozentualen Blattstickstoffgehaltes im Laufe der Entwicklung (Rosetten- bis Blütenstadium) von gedüngten und nicht gedüngten Pflanzen veranschaulichen.

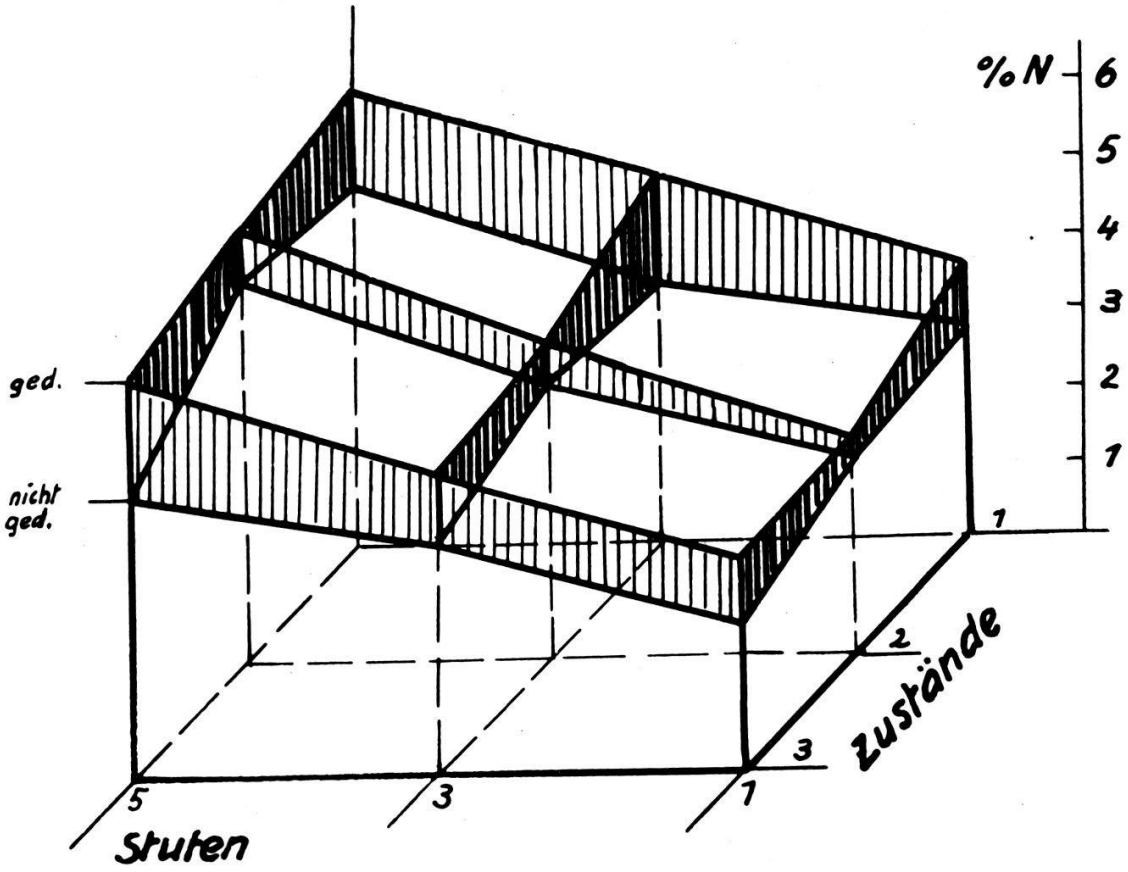

Abbildung 10

Der Raum zwischen den schraffierten Flächen entspricht der Blattstickstoffdifferenz von ungedüngten zu gedüngten Pflanzen.

Als erstes fällt in dieser Darstellung auf, dass der prozentuale Blattstickstoffgehalt durch die Düngung in allen Zuständen und Stufen eine wesentliche Steigerung erfährt. Diese beträgt durchschnittlich 27 % gegenüber dem Stickstoffgehalt nicht gedüngter Pflanzen.

Betrachtet man nun die Aenderungen im Blattstickstoffgehalt in Funktion der Entwicklungszustände, so ist zu sehen, dass die drei Stickstoffkurven der gedüngten, sowie die drei Stickstoffkurven der nicht gedüngten Pflanzen unter sich ähnlich sind, aber sich in bezug auf Düngung oder Nichtdüngung stark unterscheiden. Bei den nicht gedüngten Pflanzen ist der Unterschied im Blattstickstoffgehalt für das Rosettenstadium (Zustand 1) und das Vorstadium (Zustand 2) klein. Gegen den Zustand der vollen Blüte hin fallen

dann die Stickstoffkurven der 1. und 3. Stufe fast parallel ab. Die Kurve der 5. Stufe, also der jüngsten Blätter, zeigt diese Knickung am extremsten, da erstens der Unterschied vom Rosettenstadium zum Vorstadium einzig in dieser 5. Stufe schwach zu Ungunsten des Rosettenstadiums ausfällt und zweitens, weil der Abfall vom Vorstadium zum Zustand der vollen Blüte am steilsten ist. Bei den gedüngten Pflanzen liegt der Fall wesentlich anders. Der Unterschied zwischen dem 1. und dem 2. Zustand ist hier sehr ausgeprägt. Die Kurven aller drei Stufen fallen vom Rosettenstadium bis zum Vorstadium ziemlich steil ab. Von hier aus bis zum Zustand der vollen Blüte (Zustand 3) ist für die 1. und die 3. Stufe eine Abflachung zu bemerken, während für die 5. Stufe, also wieder für die jüngsten Blätter, der Abfall ungebrochen weiter geht.

Diese extreme Umkehrung der Knickung der Stickstoffkurven aller drei Stufen in bezug auf die Düngung oder Nichtdüngung ist auffallend und besagt folgendes: Die Abnahme des Blattstickstoffgehaltes vom Vorstadium (Zustand 2) zum Blütenstadium (Zustand 3) bei nicht gedüngten Pflanzen beträgt zirka 24 %, während diese Abnahme bei gedüngten Pflanzen nur etwa 8 % des Stickstoffgehaltes ausmacht. Sie ist also durch die Düngung um $^2/_3$ kleiner geworden. Das heisst mit andern Worten, wenn die Abwanderung des Stickstoffes mit dem Vergilben der Blätter, also dem Altern derselben gleichbedeutend ist, so wird durch die Stickstoffdüngung das Altern der *Melandrium*pflanzen verzögert.

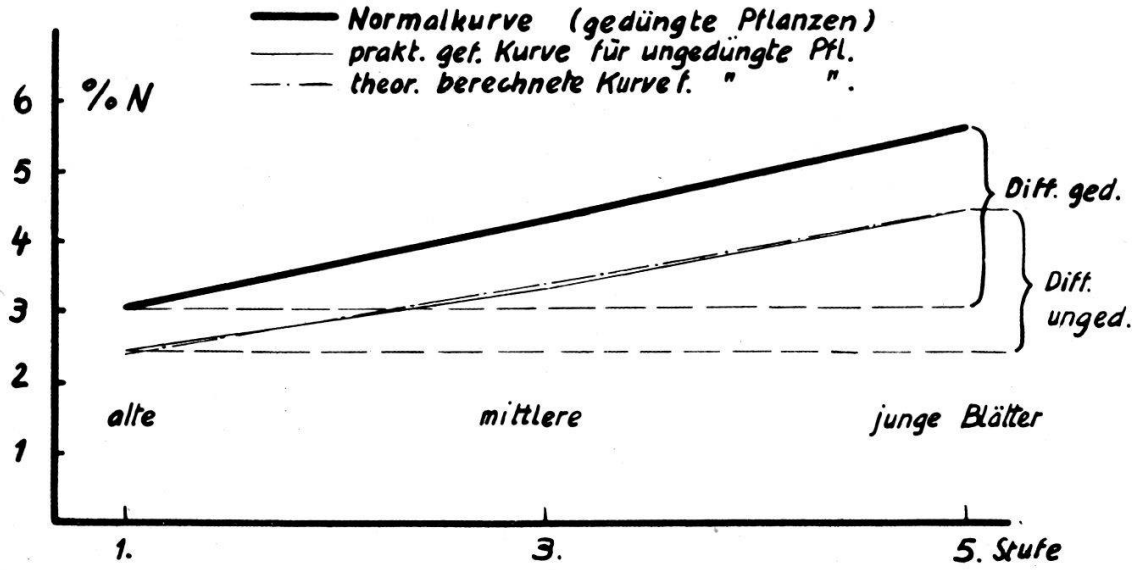

Abbildung 11

Verfolgt man den Stickstoffzuwachs der Blätter in Funktion der Stellung derselben am Stengel (Stufen), so kann bei gedüngten wie bei nicht gedüngten Pflanzen in allen Entwicklungszuständen ein ziemlich gleichmässiger Abfall der Stickstoffkurven mit zunehmendem Alter der Blätter beobachtet werden, der aber für gedüngte und nicht gedüngte Pflanzen nicht parallel verläuft. Das lässt sich am besten anhand einer graphischen Darstellung (Abbildung 11) verfolgen. Dabei werden die Durchschnittswerte der Zustände 1, 2 und 3 von ungedüngten mit den Durchschnittswerten der gedüngten Pflanzen verglichen. Der durchschnittliche Stickstoffspiegel beträgt für die gedüngten Pflanzen 4,35 % Stickstoff und für die nicht gedüngten Pflanzen 3,43 % Stickstoff, was ziemlich genau mit den Werten der Blätter mittleren Alters (Stufe 3) übereinstimmt. Bei gedüngten wie bei nicht gedüngten Pflanzen müssen die Neigungen der Kurven in einem bestimmten Verhältnis zum durchschnittlichen Stickstoffspiegel der Pflanze stehen, da sonst der N-Stoffwechsel aus dem Gleichgewicht gebracht ist. Das heisst, je höher der Stickstoffspiegel, um so steiler wird die Neigung der Kurve. Da sich diese Neigung aus der Stickstoffdifferenz zwischen alten und jungen Blättern ergibt, lautet die Gleichung folgendermassen:

Diff. ged. : N-Spiegel ged. = Diff. unged. : N-Spiegel unged.

Stimmen nach Auflösung der Gleichung die beiden Glieder überein, so besteht die Wahrscheinlichkeit, dass der N-Stoffwechsel ein normaler war und durch keinerlei Störungen beeinflusst wurde. (Es müssten sonst bei den gedüngten wie den ungedüngten Pflanzen genau dieselben Störungen vorgekommen sein, was kaum möglich ist.)

Bei einer Volldüngung unter normalen Wachstumsbedingungen ist anzunehmen, dass bei einer gesunden Pflanze auch der N-Stoffwechsel normal verläuft. Die Neigung der Kurve ist dann normal und kann als Kriterium für Vergleiche mit Kurven von andern Pflanzen, die nicht unter denselben Bedingungen gewachsen sind, Verwendung finden. Dies ist in vorliegendem Beispiel für die Kurve der gedüngten Pflanzen der Fall (in Abbildung 11 die obere). Sie wird deshalb als Normalkurve angenommen. Solange die Kurven praktisch eine Gerade darstellen, können die grössten Differenzen, d. h. diejenigen zwischen Stufe 1 und 5

zur Rechnung verwendet werden. Die Zahlen dieses Beispieles, die Tabelle 10 entnommen sind, ergeben folgende Gleichung:

$$(5{,}66 - 3{,}07) : 4{,}35 = (4{,}47 - 2{,}46) : 3{,}46$$
$$2{,}59 \,.\, 3{,}43 = 4{,}35 \,.\, 2{,}01$$
$$8{,}88 = 8{,}74$$

Wie die Auflösung der Gleichung zeigt, sind die beiden Glieder praktisch gleich gross, was so viel bedeutet wie: Die Neigung der Kurve von nicht gedüngten Pflanzen ist, bezogen auf den Stickstoffspiegel der gedüngten Pflanzen, gleich der Neigung der Kurve von gedüngten Pflanzen, also praktisch auch eine Normalkurve, d. h. das Wachstum der nicht gedüngten Pflanzen war normal.

Mit Hilfe der Normalkurve kann natürlich auch die theoretische Kurve für die ungedüngten Pflanzen berechnet werden, indem in der Gleichung an Stelle des Stickstoffwertes der alten Blätter (Stufe 1) die Unbekannte X gesetzt wird. Es ergibt sich folgende Gleichung:

$$(5{,}66 - 3{,}07) : 4{,}35 = (4{,}47 - X) : 3{,}43$$

Nach Auflösung der Gleichung wird für X der Wert 2,43 gefunden. Das ist der theoretisch berechnete prozentuale Stickstoffgehalt der alten Blätter ungedüngter Pflanzen. Auf die gleiche Weise kann der theoretische Stickstoffgehalt der mittleren Blätter (Stufe 3) bestimmt werden. Hier soll jedoch nur das errechnete Resultat angegeben werden. Es beträgt 3,42 % Stickstoff. Aus diesen beiden Zahlen und dem aus Tabelle 10 entnommenen Wert für die jungen Blätter = 2,46 % N, kann eine Kurve konstruiert werden, deren Neigung mit derjenigen der praktisch gefundenen auffallend übereinstimmt.

Es bliebe noch zu prüfen, wie sich die Neigung entsprechender Kurven von Versuchsreihen, deren N-Stoffwechsel gestört wurde, verhalten. Dieses konnte leider bis heute noch nicht durchgeführt werden.

Trotz diesem Mangel dürfen wohl die Resultate dieser Berechnung genügend überzeugen, dass die Ernährungsbedingungen der Versuchspflanzen dieser Arbeit normale waren und der N-Stoffwechsel ungestört verlief. Zugleich ist eine Methode angedeutet, welche eine zuverlässige Kontrolle des N-Stoffwechsels im Laufe der Entwicklung der Pflanzen in weitgehendem Masse zulässt.

Diese Methode der Kontrolle des normalen Wachstums (in diesem Falle des N-Stoffwechsels) kann nicht als Ersatz für die Allometrie aufgefasst werden; die Gestrecktheit der Geraden ist wohl Kriterium für einen ungestörten N-Stoffwechsel, ihre Neigung jedoch kann die Harmonie oder Disharmonie des N-Zuwachses in bezug auf Blatt-Trockengewicht und Blattalter nur durch den Vergleich mit Kontrollreihen die normales Wachstum garantieren, beurteilen.

VI. Besprechung der Resultate

Wie fast alle Geschlechtsmerkmale chemischer Art ist auch dieser Geschlechtsdimorphismus bezüglich Blattstickstoffgehalt nicht absolut oder qualitativ gekennzeichnet, d. h. die Geschlechter haben nicht ihre bestimmten Stickstoffmengen, die gleich bleiben und durch welche sie charakterisiert sind, noch viel weniger ist etwa nur ein Geschlecht qualitativ mit einer bestimmten Substanz ausgerüstet, wie das etwa bei hormonal bedingten Eigenschaften der Fall sein kann. Im Gegenteil ist, wie wahrscheinlich bei jedem chemischen, wie physikalischen Geschlechtsdimorphismus, die Substanz oder Eigenschaft in beiden Geschlechtern vertreten. Die Unterschiede sind nur quantitativ vorhanden und mehr oder weniger leicht erkennbar, je nach ihrer Ausgeprägtheit.

Sie können in ihrem Verhalten verglichen werden mit den eigentlichen Geschlechtspotenzen, die sich ja im Grunde genommen durch nichts anderes als durch eine Summierung primärer Geschlechtsmerkmale ausdrücken. Ich möchte hier an die Arbeiten von SCHOPFER erinnern, aus denen immer wieder der relative Charakter der Sexualität hervorgeht, d. h. die Geschlechter besitzen unter sich starke Potenzunterschiede, was in extremen Fällen (z. B. bei den Isogameten von *Ectocarpus sil.)* zu einer Kopulation des gleichen Geschlechtes unter sich führen kann. Aehnlich wie diese Potenzunterschiede im gleichen Geschlecht, nur noch stärker variierend, verhalten sich in unserem Falle die Unterschiede im Blattstickstoffgehalt des männlichen wie des weiblichen Geschlechtes von *Melandrium*. Durch diese in den Geschlechtern so stark variierenden Stickstoffquantitäten werden die Unterschiede zwischen den Geschlechtern leicht verwischt. Nur genaueste Experimentierbedingungen und Einteilung des Materials

können solche quantitative Geschlechtsdimorphismen zum Ausdruck bringen.

Im Falle des Blattstickstoffgehaltes bei *Melandrium* ist eine grosse Altersabhängigkeit zu konstatieren. Je älter die Blätter sind, desto mehr Stickstoff wandert ab, während dem Wachstum wahrscheinlich in die neugebildeten Organe, während der Blüte und später wahrscheinlich zurück in die Stengel und Wurzeln als Reservespeicherung, wobei bei den weiblichen Pflanzen natürlich ein grosser Teil für die Fruchtbildung Verwendung findet.

Diese Altersabhängigkeit des Blattstickstoffgehaltes könnte die Frage auftauchen lassen, ob die Stickstoffdifferenzen vielleicht überhaupt nur durch die Relativität des Alters zustande kommen, ähnlich wie SPRECHER (1913) für Hanf eine Altersverschiebung feststellen konnte. Die männlichen Exemplare beenden dabei ihre Entwicklung vor der Blüte, während die weiblichen erst nach dieser Phase voll entwickelt sind. Das kommt übrigens auch in der Praxis zur Auswirkung, wo die weiblichen Stengel zirka drei Wochen später als die männlichen geerntet werden. Wäre dies auch bei *Melandrium* der Fall, also die männlichen Exemplare relativ älter, während der Blüte, so könnte sich ein kleinerer Blattstickstoffgehalt der männlichen Pflanzen aus Gründen der Altersverschiebung denken lassen. Dies hält aber folgenden Entgegnungen nicht stand:

1. Der durchschnittliche Blattstickstoffgehalt der männlichen Pflanzen bleibt vom Rosettenstadium bis zum Blütenstadium ungefähr auf derselben Höhe und sinkt erst nach der Blüte stark ab, während derjenige der weiblichen Pflanzen schon nach dem Vorstadium abfällt und im Blütenstadium fast das Niveau des Blattstickstoffgehaltes männlicher Pflanzen erreicht hat. Das heisst, die weiblichen Pflanzen altern früher als die männlichen, was übrigens auch CORRENS mit seinen erst im zweiten Jahre blühenden „Trotzern" konstatierte, deren Mehrzahl aus männlichen Exemplaren besteht. Also verhält sich *Melandrium*, was die Entwicklungsgeschwindigkeit betrifft, umgekehrt, wie die Geschlechter von Hanf. Durch dieses frühere Altern der weiblichen *Melandrium*pflanzen käme ihr Blattstickstoffgehalt demjenigen der männlichen Pflanzen eher näher. Die Differenz wird dadurch also im Gegenteil zu klein befunden.

2. Die Menge des prozentualen Blattstickstoffgehaltes der männlichen Pflanzen erreicht überhaupt nie diejenige der weiblichen Exemplare, was natürlich von vorneherein jeden Zweifel ausschliesst.

Diese Altersabhängigkeit ist nur logisch und für jede morphologische, physiologische und chemische Eigenschaft der Fall. Um so verwunderlicher ist es, dass diesem wichtigen, den mehr oder weniger relativen Charakter der Geschlechtsdimorphismen bestimmenden Faktor, dem Alter, nicht mehr Beachtung geschenkt wurde. In der Literatur sind allerdings Angaben über den Alterseinfluss auf irgendwelche Eigenschaften häufig zu finden, die Wichtigkeit desselben wird überall erkannt, aber ist bis jetzt kaum praktisch ausgewertet worden. JOYET-LAVERGNE (1931) ist der Ansicht, dass im Fall einer physikalisch-chemischen Geschlechtsdifferenz quantitativer Natur, die Genauigkeit der Experimentierbedingungen aufs äusserste getrieben werden muss. Nicht nur dieselben Bedingungen des Milieus sind streng inne zu halten, sondern das Problem muss auch vom Standpunkt der Dynamik betrachtet werden. Da die Untersuchungen immer nur eine Etappe des Entwicklungsstadiums des Individuums zeigen, müssen die Proben im homologen Zustand der beiden Geschlechter genommen werden. Mit andern Worten, die dynamische Seite dieser Frage ist ebenso wichtig wie die statische. JOYET-LAVERGNE erklärt dann den grössten Teil der physikalisch-chemischen Differenzen als Ausdruck eines geschlechtsverschiedenen Metabolismus.

Derselbe Autor kommt zum Schluss, dass der Einfluss verschiedener Faktoren, wie Alter, Milieu, Nahrung etc., die den physikalisch-chemischen Charakter so stark variieren lassen, meist viel grösser ist als der Einfluss des Geschlechtes. Mit diesem relativ schwachen Einfluss des Geschlechtsfaktors auf den physikalisch-chemischen Charakter, erklärt er auch die sich oft widersprechenden Auffassungen der Autoren. Er betont, dass es oft leichter wäre, diesen relativ so kleinen Einfluss überhaupt zu verneinen.

Aus allen Arbeiten, in denen das Alter der Pflanzen oder der untersuchten Objekte Berücksichtigung fand, geht der grosse Einfluss dieses Faktors hervor. Das zeigen z. B. die Vorversuche zu vorliegender Untersuchung, bei welchen in sieben verschie-

denen Pflanzen der Wassergehalt und der Stickstoffgehalt der Blätter verschiedenen Alters bestimmt wurden. Die gleichmässig mit dem Alter der Untersuchungsobjekte steigenden oder fallenden Resultate sind zum Teil frappant und können, speziell für den Stickstoff bei jungen Blättern, ein Vielfaches des Gehaltes der alten Exemplare ausmachen.

Aus diesen Gründen musste nach einer gleichmässigen Einteilung der Untersuchungsobjekte bezüglich Alter gesucht werden, die äusserste Genauigkeit der Experimentierbedingungen erlaubte, und zugleich die Frage vom dynamischen Standpunkt zu beurteilen hatte, was in der hier verwendeten Einteilungsmethode ziemlich befriedigend gelöst werden konnte.

Es ist leicht möglich, dass aus den gleichen Gründen die Reaktion von MANOILOFF und Reaktionen ähnlicher Natur, wie die $KMnO_4$-Methode etc. meist nur zu 60—80 % befriedigende Resultate geben. Bei einer richtigen Charakterisierung des Alters zur Erlangung homologer Vergleichspaare der zu untersuchenden Objekte, müsste der als Geschlechtsmerkmal zu beachtende Unterschied in den reduzierenden Eigenschaften durch die Geschlechter quantitativ viel eindeutiger und ausgeprägter differenziert werden. Eine Bestätigung hierfür liegt z. B. in den Angaben von SCHRATZ (1926), der in den alten Blättern von männlichen Exemplaren von *Melandrium* und *Curcurbita* gegenüber den jungen Blättern eine weibliche Reaktion (grössere Reduktionskraft) feststellt. Auch die Angaben von SATINA und BLAKESLEE (1926) bestätigen diese Auffassung. Sie vergleichen immer die Blätter derselben Entwicklungsstadien, in diesem Fall des Blütenstadiums.

Die Autoren finden, dass bei Hanf die unteren Blätter einer männlichen Pflanze gegenüber den höheren Blättern eine weibliche Reaktion geben. Ebenso bei diversen Arten von *Rumex* zeigen die unteren Blätter gegenüber den oberen Blättern eine weibliche Reaktion am selben Exemplar. BURGEFF und SEYBOLD (1927) geben an, dass von besonderem Einfluss auf das Reduktionsvermögen u. a. der Eiweissgehalt sei, sie stimmen aber mit der Hypothese, dass ein Geschlecht bezüglich der Quantität dieser Stoffe begünstigt sei, nicht überein. Da dies aber nach vorliegenden Untersuchungen für den Stickstoff doch der Fall ist, wird es auch für das Eiweiss zutreffen, da der grösste Teil des Total-Stickstoffs bestimmt im Eiweiss und dessen Abbaupro-

dukten gebunden ist. Es fehlt also hier nur an einer genauen Präzisierung des Alters der zu untersuchenden Organe oder Pflanzen, um einen objektiven Vergleich der Geschlechter zu garantieren.

Die schon erwähnten Untersuchungsresultate betreffend Stickstoffgehalt von *Melandrium*pflanzen von STANFIELD (1937 b) decken sich auf den ersten Blick nicht mit den Resultaten vorliegender Arbeit. STANFIELD findet bei den weiblichen Pflanzen einen kleineren prozentualen Stickstoffgehalt, was im Widerspruch mit dieser Arbeit steht. Dieser Unterschied erklärt sich dadurch, dass die Resultate STANFIELDs sich nur auf die Spitzen von zur Hauptsache blühenden Pflanzen beziehen. Nach der Einteilung der vorliegenden Untersuchungen entspricht das den Resultaten der 5. Stufe von Zustand 3 und eventuell noch von Zustand 4. Diese sind mit 4,50 % N für das männliche und 4,41 % N für das weibliche Geschlecht, bzw. 1,29 % zu 0,97 % N aber die einzigen Stickstoffgehalte in der Tabelle 6, die zugunsten des männlichen Geschlechtes ausfallen. Es besteht also kein Widerspruch zwischen der Arbeit von STANFIELD und der vorliegenden.

VII. Zusammenfassung

1. Für beide Geschlechter von *Melandrium album* wurde der prozentuale Blattstickstoffgehalt (bezogen auf das Trockengewicht) in Funktion der Stellung der Blätter am Stengel bestimmt. Die Untersuchungen wurden während den folgenden vier verschiedenen Entwicklungszuständen gemacht:

Rosette	=	Zustand 1
Vorstadium	=	Zustand 2
Blütenstadium	=	Zustand 3
Welkestadium	=	Zustand 4

In einer anderen Saison wurden noch die ganz jungen Keimpflänzchen untersucht, aber, weil nicht unter denselben Bedingungen gewachsen, nicht in direkten Vergleich mit den andern Resultaten gezogen, sondern nur in bezug auf Geschlechtsdifferenzen ausgenützt. Ferner wurde in Vorversuchen die Abhängigkeit des Stickstoffgehaltes und zugleich des Wassergehaltes vom Alter der Blätter, d. h. von der Stellung am Stengel bei verschiedenen anderen Pflanzen festgestellt.

Ergänzende Untersuchungen bezüglich Stickstoffgehalt der Geschlechter wurden noch in anderen Organen durchgeführt, nämlich in den Pfahlwurzeln, in den Internodien und in den Blumen- und Kelchblättern.

In einer letzten Versuchsanordnung wurde die Einwirkung einer Stickstoffdüngung auf den N-Stoffwechsel, unabhängig vom Geschlecht, geprüft. Neben den gedüngten Pflanzen wurde eine unter denselben Bedingungen gewachsene Kontrollreihe untersucht. Die Blätter konnten am Stengel nur in drei Stufen unterteilt werden. Die untersuchten Entwicklungszustände blieben dieselben. Zustand 4 (Welkestadium) wurde aber nicht mehr geprüft.

Mit Hilfe der Düngungsversuche konnte zugleich kontrolliert werden, ob der N-Stoffwechsel der Versuchspflanzen der vorliegenden Arbeit ein normaler war. Das will heissen, ob die Pflanzen eventuell an Stickstoffhunger oder sonstigen Störungen litten. Eine Methode zu solchen Untersuchungen wurde kurz angedeutet.

2. Zwischen den beiden Geschlechtern von *Melandrium album* besteht ein deutlicher chemischer Dimorphismus in bezug auf den Stickstoffgehalt der Blätter, wobei die weiblichen Pflanzen immer mehr Stickstoff enthalten als die männlichen.

3. Die Differenz im prozentualen Blattstickstoffgehalt zwischen den beiden Geschlechtern ist bei den Keimpflänzchen noch kaum sichtbar, sie steigt auf ein Maximum im Rosettenstadium und sinkt bis zum Vorstadium leicht ab. Im Zustand der vollen Blüte ist der Unterschied wieder klein und verschwindet nach der Blüte vollständig.

4. Als Durchschnitt aller Zustände beträgt der prozentuale Blattstickstoffgehalt der männlichen Pflanzen bei Stufe 5 (den jüngsten Blättern), 88 %, bei Stufe 4 nur 81 % und bei Stufe 3 sogar nur 77 % des Stickstoffgehaltes der weiblichen Blätter. Mit dem Aelterwerden der Blätter findet wieder ein Ausgleich statt, indem bei Stufe 2 der Blattstickstoffgehalt der männlichen Exemplare 79 % und bei Stufe 1 (den ältesten Blättern) 95 % des Blattstickstoffgehaltes der weiblichen Pflanzen ausmacht.

5. Der prozentuale Blattstickstoffgehalt beider Geschlechter ist stark vom Alter der untersuchten Blätter abhängig. Dieses Alter setzt sich zusammen aus dem Alter der Pflanzen (Entwicklungszustand) und der Stellung der Blätter am Stengel (Stufe). Die

jüngsten Pflanzen weisen den grössten, die ältesten den niedrigsten Blattstickstoffgehalt auf, wie auch Spitzenblätter (junge) den grössten und Blätter der Basis (alte) den niedrigsten prozentualen Stickstoffgehalt besitzen.

6. Untersuchungen an den Pfahlwurzeln von *Melandrium* zeigten, dass der Stickstoffgehalt von jungen Wurzeln (Pflanzen des Rosettenstadiums) ungefähr dreimal höher ist als derjenige von Wurzeln alter Pflanzen (am Ende der Blühperiode). Bei den Wurzeln alter Pflanzen waren bezüglich des Geschlechts keine Unterschiede im Stickstoffgehalt zu konstatieren. Die Geschlechter der jungen Pflanzen konnten natürlich nicht bestimmt werden. Eine deutliche Stickstoffdifferenz wurde zwischen den oberen und den unteren Teilen der alten Pfahlwurzeln festgestellt. Der Stickstoffgehalt der Wurzelspitzen beträgt nur ca. 85 % des Stickstoffgehaltes der oberen Wurzelteile, männliche und weibliche Pflanzen verhalten sich in dieser Hinsicht gleich.

7. In den Internodien sind bezüglich des Stickstoffgehaltes Differenzen zwischen den Geschlechtern vorhanden, die sich ungefähr gleich wie diejenigen der Blätter verhalten. Der prozentuale Stickstoffgehalt der Internodien ist jedoch kleiner als derjenige von Blättern, die in Alter und Geschlecht den Internodien entsprechen. Ebenso wie bei den Blättern, ist bei den Internodien eine deutliche Abhängigkeit vom Alter (Stellung am Stengel) zu bemerken.

8. Bei den Blumen- und Kelchblättern ist im prozentualen Stickstoffgehalt kein wesentlicher Unterschied bezüglich der Geschlechter zu konstatieren. Die Kelchblätter enthalten jedoch ca. 1,4 % weniger Stickstoff als die Blumenblätter, welche einen Stickstoffgehalt von durchschnittlich 3,35 % aufweisen.

9. Die Untersuchungen über den Einfluss einer Stickstoffdüngung, unabhängig vom Geschlecht, ergaben eine allgemeine Erhöhung des Stickstoffspiegels um ca. 27 % gegenüber nicht gedüngten Pflanzen. Dadurch wird das Altern, das mit einer Stickstoffabwanderung in die jüngeren Organe der Pflanze verbunden ist, beträchtlich hinausgeschoben.

10. Durch den Vergleich der Neigungen der Stickstoffkurven in Funktion des Blattalters (Blattstellung am Stengel) von nicht gedüngten Pflanzen mit derjenigen gedüngter Pflanzen, konnte bewiesen werden, dass die Stickstoffernährung der Versuchspflan-

zen für vorliegende Arbeit eine normale war und durch keinerlei Störungen, wie Stickstoffhunger usw. beeinflusst wurde.

Die vorliegende Arbeit wurde auf Anregung und unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. W. H. SCHOPFER im Botanischen Institut und Garten der Universität Bern ausgeführt und im Jahre 1940 abgeschlossen. Meinem hochverehrten Lehrer sei an dieser Stelle der aufrichtigste Dank ausgesprochen. Auch möchte ich die gütige Zuwendung aus dem Eduard Fischer-Fonds an die Redaktionskosten hier bestens verdanken.

Ferner sei die wertvolle Mitarbeit von Herrn Obergärtner H. Schenk und Herrn J. Nyffeler bei der Kultur der Pflanzen dankbar erwähnt.

Literaturverzeichnis

ALSTERBERG, G. und HAKANSSON, A. Ueber Manoiloffs Reaktionen und die Möglichkeit mit Hilfe dieser das Geschlecht zu bestimmen. — Biochem. Zeitschr. **176,** 1926 (251—265).

BAUCH, R. Kopulationsbedingungen und sekundäre Geschlechtsmerkmale bei Ustilago violacea. — Biol. Zentralbl. **42,** 1922 (5—33).

BLARINGHEM, L. Les fleurs des Arum. — Compt. Rend. Acad. Sci. Paris **197,** 1933 (1551—1554).

BOTH, M. P. Transport of nitrogenous substances under influence of differences in humidity. — Proc. **39,** 1936 (531—540).

BOUILLENNE, R. und BOUILLENNE, M. La sexualité et les oxydations cellulaires chez Mercurialis annua. — Bull. Cl. Sci. Acad. Roy. Belgique, **16,** 1930 (1047—1051).

— Les sucres solubles dans Mercurialis perennis L. — Bull. Cl. Sci. Acad. Roy. Belgique, **21,** 1935 (642—659).

BOUILLENNE, R. und DEMARET, F. Echanges respiratoires en fonction de l'hydration chez Bryonia dioica; tubercules mâles et tubercules femelles en période de repos. — Compt. Rend. Soc. Biol. **113,** 1933 (1543—1545).

BURGEFF, H. und SEYBOLD, A. Zur Frage der biochemischen Unterscheidung der Geschlechter. — Zeitschr. f. Bot. **19,** 1927 (497—537).

BUZAREINGUES de, Ch. G. Mémoire sur les rapports des sexes dans le règne végétal. — 1831, Paris.

COOK, O. F. Sexual inequality in hemp. — Journ. Heredity **5,** 1914 (203 bis 206).

CORRENS, C. Die Absterbeordnung der beiden Geschlechter einer getrenntgeschlechtigen Doldenpflanze (Trinia glauca). — Biol. Zentrbl. **39,** 1919 (105—122).

— Geschlechtsbestimmung und Zahlenverhältnis der Geschlechter beim Sauerampfer (Rumex acetosa). — Biol. Zentrbl. **42,** 1922 (465—480).

— Der Unterschied der Keimungsgeschwindigkeit der Männchensamen und Weibchensamen bei Melandrium. — Hereditas, **9,** 1927 (33—44).

ENGEL, H. Beiträge zur Kenntnis des Stickstoffumsatzes grüner Pflanzen. — Planta, **7,** 1928 (133—164).

ERNST-SCHWARZENBACH, M. Zur Kenntnis des sexuellen Dimorphismus der Laubmoose. — Archiv d. Julius-Klaus-Stiftung f. Vererbungsfor. etc. Zürich. XIV 1939 (361—474).

FISCH, C. Ueber Zahlenverhältnisse des Geschlechts beim Hanf. — Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., **5,** 1887 (136—146).

FISCHER, H. Untersuchungen über die Stickstoffwanderung in der höheren Pflanze. — Zeitschr. f. Bot., **30,** 1936 (448—488).

FUJII, K. On the different views hitherto proposed, regarding the morphology of the flowers of Ginkgo biloba L. — Bot. Mag. Tokyo, **10,** 1896, S. 7.

GOEBEL, K. Ueber sexuellen Dimorphismus bei Pflanzen. — Biol. Zentralbl., **30,** 1910 (656—679).

— Organographie der Pflanzen I. — 1928, 3. Aufl. (151—208), Jena.

GREGUSS, P. A. Sexualdimorphismus der Blätter von Bryonia dioica und Ginkgo biloba (magyarisch). — Magy. Tudomanyos Acad. Math. és természettudomanyi Eretesitö, **46,** 1929 (625—631).

HEGI, H. Illustrierte Flora von Mitteleuropa, München.

HERBST, Ch. C. und JOHNSTONE, G. R. Life history of Pelagophycus porra. — Bot. Gaz. **99,** 1937 (339—354).

HEYER, FR. Untersuchungen über das Verhältnis der Geschlechter usw. Dissertation, Halle 1884.

HOXMEIER, M. Cl. Sap buffer capacity in relation to sex of dioecious plants. — Thesis, State, Univ. of Iowa, 1933.

JOYET-LAVERGNE, PH. Sur les différences des potentiels d'oxydation-réduction dans les spores d'une prêle: Equisetum arvense. — Compt. Rend. Acad. Sc. Paris, **182,** 1926 (980—982).

— Sur les caractères physico-chimiques de la sexualité dans les spores de Equisetum maximum. — Compt. Rend. Soc. de Biol. **116,** 1927 (1217 bis 1218).

— La Physico-Chimie de la Sexualité. — Borntraeger Berlin, 1931.

KERNER, A. Pflanzenleben. — Leipzig, 1891.

KNIEP, H. Untersuchungen über den Antherenbrand (Ustilago violacea Pers.). Ein Beitrag zum Sexualitätsproblem. — Zeitschr. f. Bot. **11,** 1919 (257—284).

KORPATCHEWSKA, I. Sur le dimorphisme physiologique de quelques mucorinées hétérothalliques. — Dissertation Genf, 1910.

LAURENT, J. Une nouvelle hypothèse sur le déterminisme du sexe. —

Compt. Rend. Assoc. franc. p. l'avancement des sciences, 35me session, Lyon, 1906, S. 413.

LOEHWING, W. F. Physico-chemical aspects of sex in plants. — Proc. Soc. Exp. Biol. and Med. **30,** 1933 (1215—1220).

MAGNIN, A. Recherches sur le polymorphisme floral, la sexualité et l'hermaphrodisme parasitaire du Lychnis vespertina Sbtp. — Lyon, 1889.

— Recherches sur la sexualité et la castration parasitaire. VIII Nouvelles observations sur la sexualité des Lychnis, notamment du Lychnis diurna Sibth. — Lyon 1891.

MEROP, A. L'accumulation dans la tige et la racine du Salix fragilis des substances azotées perdues par les feuilles au cours du jaunissement automnal. — Librairie Générale de l'enseignement, Paris, 1936.

MEYER, G. F. W. Flora des Königreichs Hannover, Göttingen, 1849.

MYERS, M. E. Contributions toward a knowledge of the lifehistories of the Melanophyceae. — Univ. of Calif. Publ. in Bot. **13,** 1925 (109—122).

PEACH, K. Zur natürlichen Regulation des Eiweiss-Stoffwechsels in Pflanzen. — Planta, **22,** 1934 (794—799).

SATINA, S. und BLAKESLEE, A. F. Biochemical differences between sexes in green plants. — Proc. Nat Acad. Sc. **12,** 1926 (191—197).

— Further studies on biochemical differences between sexes in plants. — Proc. of nat. Acad. Sc. **13,** 1927 (115—122).

— Studies on biochemical differences between sexes in Mucors. — Proc. Nat. Acad. Sc. **14,** 1926, 308.

SCHOPFER, W. H. Recherches sur la sexualité des Champignons. Le problème de la biochimie comparée du sex. — Thèse sciences, Genève, 1928.

— Recherches sur la biométrie des spores d'une Mucorinée en rapport avec le sexe. — Compt. Rénd. d. Sé. de la Soc. Phys. et d'Hist. Nat. Genève, **50,** 1933 (16—20).

— Recherches sur les caractères physiologiques d'une Mucorinée. Les caractères sexuels secondaires d'ordre physiologique. — Bull. Soc. Bot. Suisse, **43,** 1934 (157—172).

— et KOCHER, V. Recherches sur le métabolisme azoté des plantes dioïques. I. Melandrium album. — Soc. Helv. des Sc. Nat. Genève, 1937 (145—146).

SCHOPFER, W. H. Recherches sur la phénologie de Melandrium album (Miller) Gke parasité par Ustilago violacea (Pers.) Fuck. — Compt. Rend. Acad. Sc. Paris, **210,** 1940 (703—705).

SCHRATZ, E. Zur Frage der Geschlechtsdiagnose auf Grund chemischer Reaktionen. — Biol. Zentrbl. **46,** 1926 (727—741).

SPRECHER, A. Recherches sur la variabilité des sexes chez Cannabis sativa L. et Rumex acetosa. — Ann. Sc. Nat. Bot. **17,** 1913 (255—352).

STANFIELD, J. F. Hydrogen ion concentration and sexual expression in Lychnis dioica L. — Plant Physiology, **12,** 1937 (151—162, (a).

— Certain physico-chemical aspects of sexual differentiation in Lychnis dioica. — American Journal of Bot. **24,** 1937 (710—719), (b).

STECKHAN, H. Variationsstatistische und ökologische Untersuchungen über

sekundäre Geschlechtsmerkmale an diözischen Blütenpflanzen. — Zeitschrift f. Abst. und Vererbungslehre, **73**, 1937 (198—232).
TADOKORO, T. Geschlechtsunterschiede vom Standpunkt der Biochemie I. — Jour. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ., **111**, 1930 (1—179).
— Sex differences from the standpoint of biochemistry. — **1**, 1932, 382 S.
TALLEY, P. T. Physiological differences in sex in Cannabis sativa. — Thesis, State Univ. of Iowa, 1930.
— Carbohydrate-nitrogen ratios with respect to the sexual expression of hemp. — Plant Physiol. 9, 1934 (731—748).

Inhaltsverzeichnis

Seite
Einleitung 111
Morphologische, physiologische, physikalische und chemische Beispiele von Geschlechtsdimorphismus an
1. Kryptogamen 113
2. Phanerogamen 116
I. Bisherige Untersuchungen anderer Autoren über den Geschlechtsdimorphismus bei Melandrium 122
II. Methode 126
1. Material und Einteilung desselben 126
2. Stickstoffbestimmungen 133
III. Der Blattstickstoffgehalt in Funktion des Geschlechtes und des Alters 136
IV. Stickstoffbestimmungen in andern Organen 143
1. Wurzel 143
2. Internodien 144
3. Blumen- und Kelchblätter 145
V. Einfluss der Düngung 146
VI. Besprechung der Resultate 152
VII. Zusammenfassung 156

Ergänzung zu Tabelle 6
Detaillierte Aufstellung der Blattstickstoffgehalte in % des Trockengewichtes
Männliche Pflanzen

	Nr. d. Pfl.	Stufen				
		1	2	3	4	5
Zustand 1 Rosettenstadium	239	1,40	2,03	2,86	3,93	6,13
			2,25	2,94	4,73	
	243	1,17	2,58	3,01	4,83	6,50
			2,65	3,55	5,69	
	1	3,34	3,34	4,50	4,82	7,97
			3,93		6,37	
	266	1,21	1,30	1,59	2,15	4,09
			1,60	1,68	2,67	
				1,83		
	286	1,15	1,58	2,07	2,86	5,93
			1,87	2,21	4,56	
	237	1,65	1,61	1,91	2,87	4,81
			1,71	1,98	3,64	
				2,21		
Durchschnitt		1,65	2,20	2,48	4,09	5,90
Zustand 2 Vorstadium	144	2,39	2,76	3,36	3,25	4,23
			3,26		3,76	
	198	3,25	3,29	3,72	4,20	4,61
				3,85		
	182	2,60	3,20	3,34	4,24	4,83
			3,11	3,81	4,80	
				3,64		
	68	2,42	2,68	3,30	4,49	5,25
			3,33	3,70	5,25	
				3,72		
	145	1,77	1,95	2,91	3,41	3,32
			2,71	3,18	3,25	
Durchschnitt		2,48	2,92	3,50	4,06	4,45

	Nr. d. Pfl.	Stufen				
		1	2	3	4	5
Zustand 3 Blütenstadium	254	2,90	3,30	3,81	5,69	7,46
			3,53	5,11		
	201	2,39	2,90	3,50	3,87	5,02
			2,98	3,42	4,21	
	290	3,32	3,81	5,01	5,39	6,48
			4,53		5,73	
	94	1,73	2,69	3,34	3,67	3,20
			3,12	3,66	3,59	
	153	2,45	4,08	4,85	4,60	5,15
			4,44	5,25	4,80	
	68	1,67	1,99	3,13	6,35	5,84
			2,59	3,84	6,13	
	205	1,81	1,90	2,22	2,42	2,71
			2,11	2,24	2,40	
	168	3,15	3,18	3,52	4,40	5,60
	98	1,12	1,38	1,35	1,27	1,03
				1,22		
	326	2,17	2,36	2,39	2,55	2,47
Durchschnitt		2,27	2,99	3,40	4,19	4,50
Zustand 4 Welke- bezw. Reifestadium	166	2,02	2,33	2,60	2,66	2,48
				2,58		
	339	1,94	1,96	1,92	2,36	1,85
				2,35		
	316	1,27	1,62	1,50	1,71	1,48
				1,88		
	461	1,13	1,40	1,44	1,23	
	460		1,43	1,49	0,80	
				1,29		
	258		1,67	1,97	1,91	
	145	0,29	0,24	0,23	0,28	0,31
				0,26		
	132	1,27	1,65	1,79	1,68	1,31
				1,76		
	139	1,01	1,20	1,17	1,27	1,25
				1,27		
	77	1,10	1,55	1,72	1,78	1,44
				1,68		
	98	0,20	0,21	0,26	0,24	0,23
				0,23		
Durchschnitt		1,13	1,39	1,46	1,45	1,29

Weibliche Pflanzen

	Nr. d. Pfl.	Stufen				
		1	2	3	4	5
Zustand 1 Rosettenstadium	293	2,27	3,27	4,09	4,96	6,86
			3,64	4,41	5,41	
	270	0,80	2,88	4,38	4,82	6,05
			3,89	4,17	5,66	
	267	3,16	4,26	4,27	5,03	6,58
			4,34	4,04	5,55	
			4,25	4,75	5,87	
Durchschnitt		2,08	3,79	4,30	5,33	6,50
Zustand 2 Vorstadium	346	2,60	3,60	5,05	5,50	7,37
			4,42	5,47	8,83	
	235	2,21	2,95	3,40	5,82	7,33
			3,20	3,97	6,93	
				4,46		
	292	2,28	3,37	3,99	4,85	6,30
			3,44	4,15	5,48	
	81	2,43	2,83	4,46	5,95	
			3,15	4,96	7,16	
	125	2,49	2,74	3,82	4,21	4,76
			3,71		4,96	
Durchschnitt		2,40	3,34	4,37	5,97	6,44
Zustand 3 Blütenstadium	223	2,79	3,11	4,00	5,19	5,17
			3,91	4,98	5,09	
	346		4,39	4,88	3,88	8,17
	379	1,52	2,80	4,05	4,56	4,27
			3,63		4,41	
	65	2,15	2,37	4,48	4,64	3,00
			3,58	4,65	4,23	
	256	2,43	3,21	4,31	4,83	4,03
			3,60	4,41	4,72	
	256 b	2,17	2,96	3,81	4,24	4,13
			3,54		4,31	
	61	2,36	3,13	2,91	3,42	3,50
			2,90	2,76	4,17	
	124	1,63	2,53	2,99	2,80	3,00
			2,69		2,94	
Durchschnitt		2,15	3,22	4,02	4,23	4,41

	Nr. d. Pfl.	Stufen				
		1	2	3	4	5
	80	3,07	3,36	3,58	3,74	3,73
			3,56		3,23	
	336	1,39	1,58	1,55	1,94	1,94
					2,01	
	58	0,26	0,32	0,31	0,35	0,35
				0,30		
	114	0,91	1,29	1,33	1,57	0,44
				1,34	1,46	
	230	1,39	1,78	1,93	2,08	2,00
Zustand 4 Reifestadium	142	0,43	1,33	1,57	1,17	0,98
				1,34		
	89	1,20	1,01	1,30	0,99	0,91
				1,27		
	236	1,37	1,44	1,51	1,32	1,18
				1,37		
	102	1,43	1,49	1,41	1,39	1,25
	320		1,45	1,74	1,34	
	325	1,31	1,27	1,58	1,64	1,13
				1,46		
	294	0,85	1,54	1,50	1,62	1,30
	75	0,23	0,25	0,16	0,16	0,26
Durchschnitt		1,15	1,55	1,40	1,63	0,97

Ergänzung zu Tabelle 7

Detaillierte Aufstellung der Blattstickstoffgehalte in % des Trockengewichtes von Keimpflänzchen

Nr. der Pflanze	Männliche Pflanzen	Nr. der Pflanze	Weibliche Pflanzen
1	4,00	2	4,41
13	4,56	8	4,66
18	4,20	9	4,75
20	4,62	10	4,66
23	4,48	11	4,63
24	4,78	12	4,52
25	4,87	14	4,34
26	4,95	15	4,39
27	4,70	16	4,65
28	4,30	17	5,32
33	4,09	19	4,90
34	4,20	29	4,77
43	4,83	30	4,74
46	4,56	32	4,49
53	5,01	35	5,07
54	4,92	36	4,82
59	5,31	37	5,03
61	5,05	39	4,97
62	5,32	40	4,79
70	4,77	41	4,62
71	4,85	42	4,40
72	4,85	47	4,58
74	5,34	48	5,02
		49	4,17
		50	5,02
		51	5,28
		55	4,48
		56	5,54
		57	5,12
		58	4,78
		60	4,91
		63	4,98
		64	4,86
		65	4,79
		66	5,15
		67	4,87
		68	5,19
		69	4,97
		73	4,94
Durchschnitt	4,72	Durchschnitt	4,81

Ergänzung zu Tabelle 11

Detaillierte Aufstellung der Blattstickstoffgehalte in % des Trockengewichtes von gedüngten und nicht gedüngten Pflanzen, ohne Berücksichtigung des Geschlechtes

	Nicht gedüngte Pflanzen				Gedüngte Pflanzen			
	Nr. d. Pfl.	Stufen			Nr. d Pfl.	Stufen		
		1	3	5		1	3	5
Zustand 1 Rosettenstadium	26	2,39		2,69	17	4,05	4,59	6,07
	48	1,73	2,62	3,18	71			5,11
	114	2,57		3,15	81	4,18	5,14	6,13
	4	1,93		2,92	109	4,06		6,70
	10	3,04		3,97	85	3,65		5,27
	16	2,25		2,92	87	3,57		7,40
	28	1,98			89	3,88		
	6	2,99		5,36	91	3,45		5,72
	18	2,87		5,63	61	3,06		5,05
	22	3,62		5,63	65	3,35		6,19
	24	3,57		5,74	67	4,10		5,62
	34	3,29		5,96	79	3,25		5,73
	36	3,27		6,24	51	3,83		5,62
	38	3,50		6,23	53	3,21		6,54
	40	3,20		6,45	107	3,61		
					117	3,36		7,00
Durchschnitt		2,81	2,62	4,72		3,64	4,86	6,01
Zustand 2 Vorstadium	120	2,35	3,28	5,07	97♂	3,69	4,73	6,66
		2,76	3,76	6,20	53♀	2,04	3,24	5,63
			4,46		67♀	3,40	4,87	5,89
	106♂	3,28	4,41	6,35	9♀	2,05	3,67	5,11
	36♀	1,47	2,10	3,05		2,45	4,23	5,33
	12♀	1,95	2,81	3,04		3,24	4,24	5,63
	118♀	3,28	3,93	5,50				
		3,50	4,29	5,98				
Durchschnitt		2,66	3,63	5,03		2,81	4.16	5,71
Zustand 3 Blütenstadium	14♂	1,58	2,15	2,50	25♂	2,57	3,66	4,70
	46♀	1,95	3,40	3,78		3,14	4,14	5,40
	92♀	2,19	3,50	4,70			4,39	
					35♂	1,93	3,37	4,50
					119♂	2,79	3,93	6,52
					79♀	3,30	4,33	5,23
Durchschnitt		1,91	3,01	3,66		2,75	3,97	5,27