

<i>Scirpus capillaris</i> L. Spec. pl. 1 A	<i>Stenophyllus eu-capillaris</i> Pfeiff. 1 A
" " fa. <i>elongata</i> Boklr. 1 A b	" <i>eu-capillaris ciliata</i> Pf. 1 A c
" " " <i>humilis</i> Boklr. 1 B b	" " <i>coarctata</i> Pfeiff. 1 A b
" var. <i>sphaerolepis</i> Boklr. 1 C c	" " <i>truncata</i> Pfeiff. 1 A II
" <i>capillaris</i> Pursh 1 C	" <i>tenuifolius</i> Pfeiff. 1 C
" <i>castaneus</i> Mehx. spec. exclus.	" " <i>asperula</i> " 1 C II
" " Muhlbg. 1 A b et spec. exclus.	" " <i>bufonia</i> " 1 C III
" " Willd. spec. exclus.	" " <i>latesquamata</i> Pf. 1 C c
" <i>ciliatifolius</i> Darl. 1 A	" " <i>longinax</i> Pf. 1 C b
" <i>ciliatus</i> Boklr. 1 A	" " <i>nitidinax</i> Pf. 1 C d
" <i>circinatus</i> Boklr. 3	" <i>trifidus</i> Pfeiff. 1 B
" <i>ecarotatus</i> Ell. 1 A b	" " <i>densa</i> Cl. 1 B b
" <i>densus</i> Wall. 1 B b	" " <i>laxa</i> Cl. 1 B c
" <i>gracillimus</i> Boklr. 1 B d	" " <i>major</i> Pf. 1 B III
" <i>gracillimus</i> Kohts: spec. exclus.	" " <i>minor</i> Pf. 1 B II
" <i>hirtellus</i> Boklr. 4	" " <i>striatinax</i> Pf. 1 B d
" <i>Hochstetteri</i> Boklr. 1 B d	" <i>circinatus</i> Pfeiff. 3
" <i>microstachyus</i> Boklr. 4 c III	" <i>filiformis</i> Pfeiff. 4 C
" <i>puberulus</i> Bokler, 4	" <i>Franciaensis</i> Pfeiff. 4 B
" <i>Schweinfurthianus</i> Bcklr. 1 B III Obs.	" <i>hirtellus</i> Pfeiff. 4
" <i>setaceus</i> L. : spec. exclus.	" <i>elatior</i> Pfeiff. 4
" <i>subquadriflorus</i> Boklr. 1 C b	" <i>humilis</i> Pfeiff. 4 c II
" <i>tenellus</i> Willd. sp. res.	" <i>minuta</i> Pfeiff. 4 c
" <i>tenuifolius</i> Rudge 1 C	" <i>umbella brevis</i> etc. 4 d
" <i>trifidus</i> Hance 1 B c	" <i>scabrus</i> Pfeiff. 2
" <i>Uleanus</i> Boklr. 4 c	" " <i>evolutior</i> Lindb. 2 I
<i>Stenophyllus capillaris</i> Britt. 1 et 1 A	" <i>tenellus</i> Pfeiff. spec. res.

Aus der Monographie des *Orchis Traunsteineri* Saut.

V. Die Pilzverdauung der Orchideen.

Von A. FUCHS und n. ZIEGENSPECK (Augsburg).

Schon viel ist hierüber gearbeitet und noch mehr geschrieben worden. Auch ist die gesamte Literatur mehrerer Orte zusammengestellt und zusammengeschweisst worden, z.B. von BURGEFF in dem Artikel "Symbiose der Pflanzen" in dem Handwörterbuch der Naturwissenschaften. Wenn wir es dennoch wagen, darüber zu schreiben, so könnte es scheinbar als ein zweckloses Unternehmen gelten, aber einige Beobachtungen zur Herbstzeit ermöglichen uns vielleicht doch, den einen oder andern Gesichtspunkt neu oder in neuem Lichte zu bringen. Wir wollen lieber verzichten, die Literatur abermals anzuführen, da die Schilderung nur noch schweiflicher werden müsste. Wenn wir auch am meisten der Ansicht FRANKS von einem Parasitieren der Pflanzen auf den Pilzen (ihren Heloten) zuneigen, so verzichten wir doch auf die theoretischen Folgerungen über die Symbiose, da dabei nicht allzuviel herauskommt. Bevor wir zur eigentlichen Schilderung schreiten, sei kurz die Art des Materials und der Untersuchungsengang angegeben. Benutzt wurden alle einheimischen Orchideen, deren wir habhaft werden konnten, in allen Stadien der Entwicklung vom "Procorpus" angefangen bis zur voll erwachsenen Pflanze. Die Beobachtung erstreckte sich auf alle Jahreszeiten.

Wir benutzten teils nach CARNOY fixiertes, in Paraffin eingebettetes Material das nach dem Mikrotom in Anlehnung an BURGEFF nach HEIDENHAIN mit Kosincontrastierung gefärbt wurde. Mit oft viel grösserem Erfolge griffen wir zu frischen Hand-

schnitten aus der lebenden Pflanze. Wir legten sie, um das empfindliche Plasma am Leben zu erhalten, in verdünnte Zuckerlösungen. Häufig erwies sich eine Behandlung mit dünnem Jod als günstig. Die Anfertigung von Halbdauerpräparaten erfolgte durch Eindunsten der Zuckerlösung und Einlegen in Jodzucker nach TUNMANN. Da wir in manchen Pilzhypen Glycogen vermuteten, so wiesen wir dasselbe mit Erfolg unter Benützung der Erfahrungen der Nahrungsmittelchemie mit diesem Körper auf folgende Weise nach: Beseitigung des Eiweisses mit alkoholischer Kalilauge, Auswaschen in Alkohol, Jod-Jodkali unter Erwärmen. Die rote Färbung ist so prachtvoll zu sehen. Auch die Glycogenfärbung nach A. FISCHER (TUNMANN, Mikrochemie) verlief positiv. Das Aufspeichern der Farbstoffe und auch des Hämatoxylins bei der HEIDENHAINschen Färbung, das zur Diagnose "Eiweisschyphen" geführt hat, rührt, wie korrespondierende Schnitte aus derselben Zelle zeigten, von Glycogen her. Manchesmal führen dieselben Hyphen auch noch Fett, das nach Sudan-Färbung als solches kenntlich ist. Wir wollen daher nicht mehr von "Eiweisschyphen", sondern von *Glycogenhyphen* reden.

Wenn auch kleine Verschiedenheiten im einzelnen, bedingt durch verschiedene Pflanzen und verschiedene Pilze da sind, so weist das Bild eine so grosse Ähnlichkeit auf, dass eine übersichtliche gemeinsame Schilderung abgebracht ist. Dem weit verbreiteten *Coralliorhiza*-Typ nach BURGEFF steht der *Neottia*-Typ gegenüber, der erst nach Abhandlung der chemischen Seite des Problems verstanden werden kann.

Die erste Infektion geht im Samen durch die Reste des Suspensors. Hier werden die Pilze durch Gefälls-Chemotropismus angezogen, wie BURGEFF dargetan hat. Die Weiterverbreitung im Gewebe erfolgt im Mykorrhizom des Keimlings, ebenso wie in der erwachsenen Pflanze. Neben dem Vorwachsen im Gewebe findet immer wieder eine neue Infektion statt durch Wurzelhaare, was man deutlich an den Schnallen erkennen kann (Immissionshyphen). Von dem Gewebe aus werden immer neue Emissionshyphen durch die Wurzelhaare nach aussen gesandt. Diese sorgen für den Erwerb von Stoffen aus dem Boden. Ob nicht häufig daneben ähnliche Verhältnisse, wie sie für *Neottia* allein massgebend sind, auch noch zur Ernährung des Pilzes dienen, das wird unten zu besprechen sein. Wir vermuten, dass das der Fall ist. Wir wollen kurz das Schicksal des Pilzes im Gewebe verfolgen. Hierzu sind besonders Wurzeln von *Dactylorhiza* im Herbst geeignet, da sie um diese Zeit neu infiziert werden. Man kann den Vorgang jetzt in allen seinen Stadien ungetrübt verfolgen.

Schon kurz hinter dem Vegetationspunkte zeichnen sich die späteren Pilz-Verdauungszellen durch einen grösseren Zellkern mit eigenartiger Struktur aus. Die Zellen sind wie das ganze Gewebe mit Stärke oder in andern Fällen mit Amylodextrin angefüllt.

Sobald von innen durch das Vorwachsen ins Mykorrhizom oder in der Wurzel oder auch von aussen durch den Suspensor oder die Wurzelhaare Pilze in die Zellen der Umgebung einer solchen Pilz-Verdauungszelle gelangen, wandert der Zellkern in die Mitte der Zelle und ist bald von Stärke umhüllt. Von der Plasma-Ansammlung um ihn gehen Protoplasmastränge nach den benachbarten Zellen aus. An den Wandstellen, wo sie auftreffen, befinden sich Plasmodemen. Auch in der anderen Zelle geht ein ebensolcher Strang von hier aus zum Zellkern. Diese aneinandergereihten Stränge schlagen förmlich eine Brücke zu einer Pilzhyphe. Allmählig verschwindet die Stärke unter Verzuckerung. Da die Protoplasmaströmung vom Zellkern aus auf den Pilz zugeht, so muss der Zucker ebenfalls auf den Pilz zufließen. In der nächsten Zelle strömt das Plasma von der Berührungsstelle zum Zellkern und von da ebenfalls zum Pilze. Hierdurch entsteht ein Konzentrationsgefälle von den Pilz anziehenden Substanzen, das die Langhyphen des Pilzes in einer ganz bestimmten, durch die Plasmastränge vorgezeichneten Richtung wachsen lässt. Weil die Stärke bereits verzuckert ist, bevor ein Pilz eingedrungen ist, so geht von der Pflanze der Reiz auf den Pilz. Umgekehrt reizt auch der Pilz die Pflanzenzelle und löst dort die Verzuckerung der Stärke aus. Das Eindringen der Langhyphen des Pilzes in die Zelle geschieht an diesen durch die Plasmodemen vorgezeichneten Stellen und sein Wachstum erfolgt innerhalb der vorgebildeten Plasmastränge. Ob der Pilz wirklich die Wand durchbohrt oder ob er nur eine Plasmodeme erweitert, konnte nicht entschieden werden. Der Durchmesser der Hyphe verengt sich beim Durchtritt durch die

Wand. Sie ist wie eingeschnürt. Die Langhyphye bleibt auch weiterhin in der Zelle, ebenso wie die an ihr entstehenden Kurzhyphen vom Plasma umschlossen. In der Mitte der Zellen ungefähr verzweigen sich die Langhyphen und dringen so in andere Zellen vor. Auf diese Weise verbreitet sich der Pilz im Gewebe und kommt auch wieder zurück an die Hypodermis, von wo aus er durch die Wurzelhaare hindurch nach aussen wächst; also Emissionshyphen bildet. Aber nicht alle Zellen können durch den Pilz gereizt werden, z.B. die eine Zellschicht ausserhalb der Endodermis; trotzdem sie Stärke enthält, wird diese nicht durch den Pilz verzuckert, sie häuft sich auch nicht um den Zellkern. Ebenfalls von den Pilzen verschont bleiben die Raphidenzellen. Die stärkehaltige Schicht um die Endodermis zeigt grosse Ähnlichkeit mit der Stärkescheide von Stammbildungen; ihre Zellen verbrauchen die Stärke erst bei Verletzungen des Bündels und der Korkbildung. Es liegt hier eine Baureserve der Wurzel vor. Die Pflanze hat es also in der Hand, den Pilz in sie eindringen zu lassen oder ihn von gewissen Teilen abzuhalten. Der Stärkegehalt übt nicht einen Reiz auf den Pilz, wenn es die Pflanze nicht "will". Während der Ruheperiode reagieren die späteren Verdauungszellen noch nicht auf den Reiz des Pilzes, sowohl in den Mycorrhizomen oder Keimpflanzen, wie der erwachsenen Pflanzen. Es bleiben junge Meristeme und Speicherzellen pilzfrei. Erst beim neuen Erwachen werden die Zellen umgestimmt, und nun wird der Pilz angelockt, und kann weiter wuchern. Da, nur solche Zellen der Pilze, die reizempfindlich sind, hierauf unter Verzuckerung einen Reiz auf den Pilz ausüben, kann man kaum von einer "Maladie bienfaissante" reden. In den bevölkerten Zellen beginnt sich der Pilz nun zu verzweigen und Kurzhyphen zu entwickeln. Auch diese bleiben vom Plasma umhüllt und dehnen es aus, die ganze Zelle durchwuchernd. Die Kurzzellen, die viel Ähnlichkeit mit Conidien haben, füllen sich mit Glycogen (Fett) an. Diese Stoffe werden aber von aussen bezogen, nicht von der Pflanze; den Beweis für diese Annahme werden wir am Schlusse führen können. Die Wurzeln von *Dactylorhiza* befinden sich etwa im Oktober bis Anfang November in diesem Stadium. Es sind dann fast alle Zellen der Pilzverdauungszonen mit Glycogen vollgepfropft. Der Zellkern ist oft von den Pilzen wie umschlungen. Er kann selbst eingeschnürt werden. Nun beginnt sich der Zellkern aus seinen Umschlingungen zu lösen und wandert nach aussen. Damit beginnt die Abtötung der Pilze. Die Langhyphen werden vielleicht abgeschmürt und die Kurzhyphen fallen den Abwehrkräften der Pflanze anheim. Sie werden allmählig inhaltslos und das sich zusammenziehende Protoplasma ballt sich allmählig zu kleinen Klumpen in der Mitte der Zelle. Ob sich um die Pilzballen wirklich Zellulose abscheidet, oder ob die Schichtung der Ballen nur durch die Pilzellulose bedingt ist, die aussen mehr zusammengepresst ist als innen, ist schwer zu entscheiden. Sobald die Pilzverdauung ihr Ende erreicht hat, bilden sich wieder Stärkekörner in der Zelle. Die Pflanze vermag neue Pilze aufzunehmen. Der ganze Vorgang wiederholt sich öfters in den Zellen, bis im Dezember die Pilzverdauungszellen von geschichteten, oft mächtigen Pilzballen erfüllt sind. Da die Pilzverdauung in den auf das Bündel zu gelegenen Zellen beginnt, und oft nicht ganz bis nach aussen fortschreitet, so bleibt in den äusseren Zellen häufig ein Mantel von lebensfähigen Pilzen übrig, der die inneren Zellen von neuem infiziert. Wir haben dann ein gewisses Recht, von Pilz-Wirtszellen zu reden, der Unterschied von den Pilz-Verdauungszellen ist aber nie sehr scharf. In fast allen Fällen, die wir untersuchten, hat es sich gezeigt, dass auch die Pilze der Pilz-Wirtszellen später der Verdauung anheimfallen. Die äusseren Pilze sind der Aussenwelt näher und versorgen sich leichter mit Nahrung, sie widerstehen der Pflanze daher besser. Das wird gegen Ende der Lebenszeit der Wurzeln oder Rhizome anders; sie werden dann durch Korkschichten (Interkuten oder Metakutisierung der Aufzellen) abgeschlossen; damit ist dann auch das Schicksal der Pilze in den Wirtszellen besiegelt. Häufig kommt es daher nur auf den Zeitpunkt der Untersuchung an, ob man Pilz-Wirtszellen findet oder nicht. In den Aufzellschichten der Knollen der ganzknolligen Orchideen findet man eine Einrichtung, die wirklich die Pilze nur festhält ohne dass eine Verdauung einträte. Diese Pflanzen haben infolge der zeitweisen, oft extremen Trockenheit ihrer Standorte eine wirkliche Ruheperiode im Sommer. Bei den andern Orchideen und ihren Procormi sorgen die bald vortreibenden jungen Wurzelorgane für ein Festhalten der Pilze. So

findet man in den Mycorrhizomen zur Ruhezeit immer eine kleine Schicht unter den speichernden Spitzen, die mit unverdauten Pilzen erfüllt ist.

Es seien nun noch kurz einige Worte über die Glycogenhyphen gesagt. Sie sind nach BURGEFF u. a. nicht das Höchststadium der Pilzentwicklung in der Zelle, sondern treten nur bei einer besonderen Art der Pilzverdauung als Restfäden auf, während sonst die Pilze ohnedem verballt werden können. Betrachtet man eine Pflanze im Sommer, so muss man zu dieser Ansicht kommen. In dieser Zeit ist in den Zellen eine so oftmalige Infektion erfolgt, dass die einzelnen Zustände zu sehr durcheinandergewürfelt sind, als dass man sich ein klares Urteil bilden könnte. Untersucht man dagegen zu Beginn der Haupt-Verdauungszeit, also im Herbst, so findet man in dem nur einmal infizierten Gewebe die klaren oben geschilderten Verhältnisse nacheinander auftreten. Besonders lehrreich sind da Längsschnitte durch ein Mycorrhizom der Korallenwurz oder des Ohneblattes oder auch eines Keimlings. Auch die kurzen Wurzeln von *Cephalanthera rubra* lassen das gleiche erkennen.

Wir wollen nochmals kurz die Folge der sich bei diesen Objekten gut abgrenzenden Schichten schildern. Die Spitze krönt das Meristem. Die starke Füllung mit Stärke kennzeichnet die folgende Zone als Speicherschicht; dann sind Zellen vorhanden, die weder Pilze noch Stärke enthalten. Nun treten Langhyphen auf, zuerst in den Schichten unter der Haut, später auch im Innern. Es folgt nun eine Zone mit Glycogenhyphen, aber nur im Innern. Die sog. Pilz-Wirtszellen zeigen zunächst keine Umwandlungen. Hierauf folgt eine Schicht mit fedenscheinigen Pilzen, es treten dann Ballen auf. Auf diese Schicht folgt eine mit stärkehaltigen Zellen. Die einzelnen Schichtenfolgen wiederholen sich nochmals scharf getrennt. Je weiter man in ältere Zonen eindringt, desto unschärfer wird die Folge. Wir konnten in einigen Fällen eine fünfmalige Folge beobachten. Da frühere Untersucher die Pflanzen im Spätstadium der Pilzverdauung kennen lernten, so haben sie nur solche verworrene Bilder zu Gesicht bekommen.

Zusammenfassend kann man die Haupt-Ergebnisse dieser Untersuchung mit dem Mikroskope kurz folgendermassen schildern:

1. Das Vordringen der Pilze erfolgt durch Reiz auf sie; umgekehrt löst der Pilz die Verzuckerung der Stärke in den Pflanzenzellen aus. Die Pilze werden durch ein Konzentrationsgefälle von Zelle zu Zelle gelockt, aber nur dahin, wo es die Pflanze "erlaubt". Nur solche Zellen können besiedelt werden, die auf Pilzreiz reagieren.

2. Die Glycogenhyphen, fälschlich Eiweiss-hyphen genannt, sind der Höhepunkt der Pilzentwicklung in der Zelle.

3. Im gleichen Masse findet die Pilzverdauung nicht das ganze Jahr hindurch statt, sondern sie hält ein Maximum vom Herbst bis zum Winter.

Nach dieser Schilderung wollen wir uns etwas mit der chemischen Seite des Problems näher befassen. Dass die Verdauungsfermente nicht in lebende Zellen, also auch nicht in Pilze eindringen, ist sicher. Der Verdauung muss unbedingt eine Abtötung vorausgehen. Ob das aber allein durch Abschneiden von der Aussenwelt erfolgt, oder ob dabei auch besondere Stoffe der Pflanze, wie etwa eine Säure-Produktion oder sonstige Abwehrstoffe mit beteiligt sind, müssen wir leider offen lassen. Wir möchten hervorheben, dass die Orchideenpilze nach den Erfahrungen mit ihrer Kultur grosse Säure-Konzentrationen nicht vertragen können.

Welche Fermente können wir bei der Pilz-Verdauung erwarten? Da die Pilze Glycogen führen, müssen Amylasen zugegen sein. Die Verdauung des Pilz-Eiweisses können peptische und vielleicht auch peptolytische Fermente vermitteln. Über die eiweisslösenden Fermente liegen bereits Arbeiten von FERMI und BUSCALIONI vor (die proteolytischen Fermente im Pflanzenreich, Zentralbl. f. Bakteriologie, 1899, II. Abteilung). Sie deuteten eine Verflüssigung von Carbonsäure-Gelatineplatten als Proteolyse. Auch SHIBATA konnte eine Lösung von Fibrinflocken nachweisen (Cytolytische Studien über die endotrophen Mycorrhizen, in Pringsh. Jahrb. XXVII, 1902, p. 670). Wir wollten die Sache noch einmal nachkontrollieren und zugleich die neueren Methoden von ABDERHALDEN benützen. Zunächst arbeiteten wir mit Kerbol-Gelatine-Methode. Im Dezember wurden Wurzelschnitte von *Dactylorhiza* aus bestimmten Regionen

auf die Platten gelegt. Es ergab sich die auffallende Tatsache, dass nur unter Schnitten aus Regionen, die geballte Pilze führten, die Gelatine flüssig wurde. Aus der Zone der Langhyphen entnommene Schnitte hatten keine oder nur sehr geringfügige Lösungen hervorgerufen. Die pilzfrequente Spitze enthielt keine Fermente.

Die makrochemische Methode nach **ABDERHALDEN** mit Glycotryptophan führte zu keinem Resultate. Wir wiederholten die Versuche mit makrochemischen Methoden.

1. In zwei Reagenzgläser wurden gleichviel Wurzel-Längsschnitte in gleiche Menge Eiweisslösung in 2% Karbolwasser gelegt. Das eine Reagenzglas wurde zur Tötung der Fermente abgekocht (Bl.) das andere unverändert zwei Tage bei 35° bebrütet. In beide Gläser gab man dann Essigsäure und Kochsalz und kochte beide 15' im Wasserbade. Das Filtrat wurde zunächst polarisiert. Das nicht Getötete drehte $-0,20$ das andere Bl. (+ 0). Im Gekochten trat keine Biuret-Reaktion auf, im andern war sie zu erzielen. **ESBACH** und **TANCRET'S** Reagenz (K_2HgJ_4 in Eisessig) gaben in Bl keine, in V eine Trübung. Es waren also das Eiweiss abbauende Fermente zugegen.

Zum besseren Studium arbeiteten wir mit Glycerinextrakten aus frisch entnommenen Wurzeln. Die Darstellung ist bekannt und braucht nicht mehr beschrieben zu werden. Zerreiben mit Glycerin, Verdünnen mit Wasser und Abgiessen, Desinfizienz war Toluol.

2. Ein Abbau von Peptiden liess sich durch das Ferment-Diagnostikum von **KALLE** u. Co., Biebrich a. Rhein zu Aminosäuren nicht finden. Nach viertägiger Bebrütung misslang der Trypten-Nachweis mit Brom und Chlorkalk. Peptolytische Fermente fehlen also.

3. Die Wiederholung der Einwirkungen auf Hühnereiweiss mit dem Extrakte ergab in Bl keine Ablenkung, in V $-0,30$.

Das Filtrat ergab in der Kälte mit Salpetersäure einen Ring, der beim Einstellen in heisses Wasser verschwand. Die Salpeter-Kochprobe ergab in der Wärme keine Trübung, wohl aber nach dem Erkalten. Der gesammelte Niederschlag löste sich leicht in Sodaaflösung und gab dann die Biuret-Reaktion in violetterem Tone. Phosphor-Wolframsäure und Kalium-Ferrocyanid und Essigsäure gab in der Kälte ebenso wie **TANCRET'S** Reagenz eine in der Hitze lösliche Fällung. Der gekochte Anteil gab diese Reaktion nicht.

Da durch die Reaktionen Hemialbumosen und Pepton angezeigt werden können, riss man die Albumosen mit Eisenacetat durch Kochen nieder (siehe **NEUBAUER**, Harnanalyse). Das Filtrat gab nur ganz schwache Ausschläge auf Pepton mit Phosphor-Wolframsäure, Pikrinsäure und **TANCRET'S** Reagenz. Peptone waren also kaum gebildet. Zum Vergleiche herangezogene Pepsin-Salzsäure hatte unter gleichen Bedingungen fast nur Pepton gebildet.

4. Ein dritter Ansatz ergab dasselbe Bild. Aber es wurden hier, wie in der Nahrungsmittel-Chemie üblich, die Hemialbumosen mit Zinksulfat gefällt. Die Lösung des Niederschlages in Natronlauge gab die Biuret-Reaktion auf Hemialbumosen. Das Filtrat wie oben nur eine ganz geringfügige Reaktion auf Pepton.

Nach diesen Ergebnissen sind proteolytische Fermente zugegen. Die Spaltung des Hühnereiweisses ging nicht viel über die Hemialbumosen hinaus. Peptone zerstörende Fermente fehlen. Die Eiweiss-Lösung erfolgt am besten bei Beginn des Winters. Im Sommer sind die Erfolge mit *Dactylorhiza*-Arten sehr zweifelhaft.

Zum Nachweise der amylolytischen Fermente legten wir Wurzelschnitte auf Filterpapier, das nach dem Auskochen (Amyloid!) und Trocknen mit Stärkelösungen in Karbolsäure getränkt war. Die Zinken, welche in diesen Zonen bereits sehr grosse Ballen enthielten, führten keine Diastase, die andern alle.

In je zwei Reagenzgläser legten wir Wurzelstücke in eine mit Karbolsäure versetzte Stärkelösung. Das eine wurde durch Kochen abgetötet, und dann ebenso wie das andere direkt mit Toluol versetzt. Das abgebrühte Reagenzglas zeigte nach 2 Tagen unverändert die Jod-Bläuung und reduzierte **FELLING** nicht. Die ungebrühten hatten die Stärke verbraucht und viel Zucker gebildet. Stärkelösende Fermente, die bekanntlich auch das Glycogen abbauen, sind an der Pilzverdauung bei *Dactylorhiza* im Winter beteiligt. Die mycotrophen *Orchis*-Arten enthalten also in der Pilz-Verdauungszeit Säfte, denen die Eiweiss-Stoffe und das Glycogen der Pilze zum Opfer fällt. Die Pflanzen selbst müssen durch diesen Vorgang Eiweiss und Kohlenhydrate

gewinnen.

Im Anschluss an diese Studien möge eine eigentlich nicht unmittelbar hierher gehörende Versuchsreihe mit den Knollen von *Ochis militaris* erwähnt werden. Im Mai sind die vorjährigen Knollen zwar schon entleert, aber doch noch intakt. Stärke sowohl, wie Schleimzellen und Raphiden fehlen ihnen. Mit dem Glycerin-Auszug aus diesen Knollen wurde die Stärke, welche aus jungen Knollen herausgelöst war, zerstört. Das Reagiergemisch reduzierte FEHLING reichlich.

Über den Salep-Schleim, der aus Glycosomannan besteht, existiert die Angabe von ARTHUR MEYER, dass auch er als Reservestoff diene. Falls dies richtig ist, müssen sich auch Fermente nachweisen lassen, die ihn zersetzen. Ein dicker Salep-Schleim aus jungen Knollen wird durch den Glycerin-Auszug aus alten Knollen in 24 Stunden dünnflüssig gemacht, im Gegensatz zu den durch Kochen erzielten Blind-Versuchen, welche dick blieben. Fällt man den Schleim mit Bleiessig, sammelt den Niederschlag auf einem Filter und wäscht mit schwach Bleiessig-haltigem Wasser nach, so kann man den Niederschlag mit Schwefelsäure aufschwemmen und das Blei herausfällen. Das Ganze wurde 2 Stunden mit 1% Schwefelsäure gekocht. Das Filtrat des blinden Versuchs reduzierte FEHLING, weil sich mit Bleiessig der Salep fällen liess. Das Filtrat des anderen jedoch nicht. Es sind also bei der Entleerung der Knollen Fermente tätig, die den Salep-Schleim lösen. Dieser ist ein Reservestoff. Damit ist nicht ausgeschlossen, dass er daneben als Schutzmittel und vielleicht auch Wasserspeicher dienen kann. Eiweiss-lösende Fermente sind ebenfalls in der sich entleerenden Knolle tätig.

Ähnliche Versuche wurden mit *Coralliorhiza* und *Neottia* durchgeführt. Hier vollzieht sich die Verdauung der Pilze noch während der Blüte. Stärke-lösende Fermente waren bei beiden zugegen. Die Glycerin-Auszüge waren den einfachen Wasser-Auszügen überlegen. Auch bei der Autolyse vermögen die Pflanzen unter Toluol oder Chloroform-sterilisierung ihre eigene Stärke selbst zu verdauen. Mit Hilfe der Polarisation konnte man bei der Korallenwurz wegen der Trübung und unmöglichen Klärung des Extraktes kein Resultat erzielen. Dagegen liess sich diese Methode bei der Nestwurz gut gebrauchen. Die Differenz zwischen blindem und dem andern Versuch betrug + 1 Grad. Diese Ablenkung des Lichtes darf aber nicht allein auf Rechnung der Eiweiss-Verdauung gesetzt werden, da die Selbstverdauung der im Rhizome vorhandenen Stärke Traubenzucker bildete. Darauf kann man aus der Rechtsdrehung, aus der FEHLING'schen Probe und OSSAprobe schliessen. Wir benützten daher folgende Versuchsordnungen: Die Glycerin-Wasser-Aufschwemmung wurde sofort nach ihrer Darstellung benützt. Als Desinfektionsmittel diente Toluol.

1. 10 ccm Glycerinwasser + 4 ccm Eiweisslösung,
2. 10 ccm Extrakt ohne Eiweiss, .
3. 10 ccm Extrakt + 4 ccm Eiweiss,
4. 10 ccm Extrakt ohne Eiweiss, aber gebrüht.

1 und 4 wurde gemischt und mit Essigsäure und Kochsalz versetzt, gekocht; 2 und 3 wurden direkt ebenso behandelt. Die Filtrate, welche auf gleiches Volumen (30 ccm) gebracht waren, ergaben mit TANCRET'schem Reagenz bei 1 + 4 keinen Niederschlag, bei 2 bzw. 3 dagegen einen merklichen, bzw. starken Niederschlag.

Um die Wirkungen auf das Eiweiss allein von der Selbstverdauung auszuschliessen, mischte man 10 ccm des ungekocht stehen gelassenen Extraktes mit 4 ccm Eiweisslösung (1 : 20) und behandelte es ebenso, wie den schon vor 2 Tagen gemischten Anteil mit Essigsäure und Kochsalz. In den je 2 Proben wurde der Stickstoffgehalt bestimmt. Die Differenz beider Versuche stellte die lösende Wirkung auf das Hämereiweiss dar. Diese betrug bei *Neottia* 5,03 ccm n 1/4 NH₃, bei *Coralliorhiza* 4,78 ccm n 1/4 NH₃. Daneben arbeiteten wir mit Dialysenschläuchen, wie sie zu den Proben auf Abwehrfermente nach ABDERHALDEN gebraucht werden. Die Extrakte (Wasserextrakte) und die Reagenzien wurden gemischt und ungemischt unter Toluol-Zugabe gegen destilliertes Wasser dialysiert. Auch abgekochte Extrakte wurden zum Vergleich herangezogen. (Eine Eichung der Schläuche hatte vorher stattgefunden.) Eiweiss und Stärke gehen als Colloide nicht durch die Membran, wohl aber ihre höher dispersen Abbauprodukte. Es zeigte sich hierbei die Bildung von dialysierbaren Produkten bei Autolyse und Verdauung von Reagenzien nur bei ungekochten Auszügen.

Da die Hemialbumosen sehr schlecht diffundieren, waren die Ausschläge zwar nicht sehr gross, aber immerhin deutlich.

Zur Blütezeit sind also bei *Neottia* und *Coralliorhiza* eiweisslösende und kohlenhydrat spaltende Fermente zugegen. Gleichzeitig erfolgt Pilzverdauung.

Von grossem Interesse waren Versuche mit *Neottia* im Winter. Sider Erwarten konnten hier eiweisslösende Fermente kaum nachgewiesen werden, welche Methoden wir auch anwandten. Sieht man sich den Zustand der Pilze an, so wird man das begreifen. In den fast völlig jungen Organen ist kein Pilzballen zu finden, sondern nur Langhyphen und Glycogenhyphen. Die alten Teile sterben bekanntlich schon im Herbste ab. Dagegen waren im Winter stärkelösende Fermente zugegen.

Die Periodizität ist bei der Nestwurzeinere, als bei den andern untersuchten Orchideen. Bei ihr werden die Pilze im Frühjahr und Sommer verballt, die eiweisslösenden Fermente zeigen sich zur selben Zeit. Die stärkelösenden Fermente sind dagegen auch in der Zeit des üppigsten Wachstums der Pilze vorhanden.

Da *Neottia* keine Emissionshyphen und Immissionshyphen führt, also der Pilz im Innern des Rhizomes ohne ausreichende Verbindung mit dem Erdreiche wächst, so dürfte eine Untersuchung des Humuses selbst von Interesse sein. Es ist eine bekannte Tatsache, dass *Neottia* besonders in nur zeitweise feuchten kleinen Wasserläufen gedeiht, an den Stellen, an denen sich die Nadel- und Laubstreue besonders anhäuft. Hier findet vornehmlich die Bildung von sog. Trockentorf statt. Welche leicht benützbaren Kohlenstoffquellen können den Pilzen und damit auch der fast nicht assimilierenden Pflanze zur Verfügung stehen? Beim Betrachten der Analysen des Humuses fällt immer die Angabe Pentosan auf. Diese Pentosane entstammen dem Holze, müssen also Xylane sein. Es dürfte daher einmal angebracht sein, die Böden auf Stoffe zu untersuchen, die sich leicht mit Säuren zu Xylose aufspalten lassen. Hierzu nahm ich 10 gr des jeweils gesiebten Bodens, schwenkte ihn in 200 ccm Wasser auf und versetzte das Ganze mit 20 ccm Schwefelsäure. Am Rückflusskühler kochte man das Gemisch 24 Stunden und filtrierte durch Glaswolle ab. Mit kohlen-saurem Kalk führte man die Schwefelsäure in Gips über und liess unter Zugabe von sterilisierendem Chloroform den Gips auskristallisieren. Das zur Fürsorge noch mit etwas kohlen-saurem Kalk versetzte Filtrat engte man zu einem Sirup auf dem Wasserbade ein. Diesen löste man in absolutem Alkohol auf und dampfte das Filtrat von neuem ein. Der Rückstand des Alkohols musste die Zucker enthalten, soferne sie zu Monosen abgebaut waren. Der im Alkohol unlösliche Anteil besass meist wachsartige Konsistenz. Auch ihn prüfte man, da vielleicht unsere Behandlung nicht alle Polysaccharide zu einfachen Zuckern abgebaut haben könnten, mit Zuckerreagenzien. - Die Zuckerfraktion wurde mit Bialz-Reagenz auf Furfurol bildende Stoffe geprüft. Mit Resorcin Salzsäure konnten Oxymethylfurfurol gebende Substanzen gefunden werden. Die FEHLINGsche Reaktion zeigte reduzierende Substanzen an. Um sicher Zuckerindividuen nachzuweisen stellte man die Ossazonprobe mit Phenylhydracin an, welche Mannose, Glycose und Fructose anzeigt. Die Xylose speziell weist man am besten nach Oxydation durch Brom als Xylon-carbonsaures Cadmium nach. Letzteres ist ausserdurch seine Schwerlöslichkeit an seiner Kristallstruktur (Sphärokrystalle, Drusen oder Einzelkrystalle) zu erkennen. Näheres über diese Proben findet man in den Lehrbüchern der Zuckerchemie, sodass diesen Ortes auf ein weiteres Eingehen verzichtet werden soll. Lassen sich Zucker auf diese Art und Weise binden, so liegen sie in einer ziemlich leicht aufspaltbaren Form vor, seien es nun Glycoside oder Hemizellulosen, welche dann auch durch Fermente abgebaut werden können. Die angewandten Böden waren:

1. Gebirgsmoorwald mit *Coralliorhiza* und *Neottia*.
2. Übergangsmoor mit Sumpf-Orchideenbestand.
3. Niedermoor mit Sumpf-Orchideenbestand und sonstigen Mycotrophen.

Die Resultate sind in der Tabelle auf Seite 200 zusammengestellt.

Wie die Böden, unterwarf man Knollen von Orchideen und Rhizome der Nestwurze der gleichen Behandlung. Die Pentosenreaktionen und Xylose waren nicht in grosser Menge vorhanden.

In den Böden, auf denen die Orchideen wachsen, finden sich also Pentosane und

nr	Orcin	Resorcin	Fehling	Ossazon	Xylose	Orzin im Alkohol-unlös. Anteil
1	(+++)	++	+++	++	(+++)	(+++)
2	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)	+++	(+++)
3	++	+	+++	-	+++	(+++)

Hexosane, die im Humus vielleicht einem fermentativen Abbau zugänglich sein können. Es sind daher Versuche abgebracht, die Wirkung der Fermentaustzüge von Wurzeln dieser Pflanzen auf Pentosane zu prüfen. Zu diesem Zwecke wurden hellweisse Stücke von arabischem Gummi zu einem gleichmässigen Schleime gelöst und unter Toluol-Sterilisation mit den Ferment-Auszügen gemischt. Der blinde Versuch wurde sofort gekocht, der andere erst nach 5 Tagen. Hierauf gab ich die freifache Menge reinsten f u r f u r o l f r e i e n Alkohols zu. Der Abdampf-Rückstand des Filtrates wurde mit Bialsreagens auf Pentosen geprüft. Der blinde Versuch gab keine Färbereaktion, der andere wurde deutlich grün. Die verwesene Winterpflanze von *Neottia* enthielt also Fermente, die die Arabinsäure so zu spalten imstande waren, dass alkohollösliche Fünferzucker auftraten. Andererseits liess ich das Ferment in gleicher Weise auf lang ausgekochte Fichtenholz-Schnitzel einwirken. Auch hier wurde der blinde Versuch zunächst gekocht, der andere erst nach 14 Tagen. Mit Hilfe der Orcin-Salzsäure liessen sich Pentosen in dem mit den ungekochten Fermenten behandelten Reagensglas nachweisen.

Die *Neottia nidus avis* scheidet also im Herbste Fermente ab, welche aus Holz lösliche Pentosen frei machen. Ob die Pflanze oder der Pilz der Ursprung dieser Körper ist, wissen wir nicht.

Es lag nun der Gedanke nahe, auch einmal einen solchen Ferment-Auszug auf humöse Erde einwirken zu lassen. Gleichzeitig wurde Rücksicht auf die Wanderungsfähigkeit der gebildeten Stoffe genommen.

Je 6 Dialysenschläuche nach **ABDERHALDEN** füllte man mit den Extrakten (nicht Aufschwemmungen). Zu 3 Stück gab man eine feinst verteilte Erdaufschwemmung hinzu. 3 weitere Schläuche füllte man mit Erde allein. Die Versuche wurden mit der Nestwurz und Korallenwurz durchgeführt. Das Dialysat wurde mit **FEHLING**, **BIALS**reagens und Resorzin-salzsäure geprüft. Da kurzstehende Wassereextrakte genommen worden waren, so hatte die Selbstverdauung nur kurze Zeit eingewirkt. Die Resultate waren:

	Erde allein	Coralliorh.- Extrakt	Coral.-Extrakt + Erde	Neottia-Ex- trakt	Neott.-Extr. + Erde
Fehling	-	±	+++	+	+++
Orcin	±	-	++	-	++
Resorcin	-	+	(+++)	-	++

Zur Erhärtung dieser Resultate überliess man gleiche Mengen Extrakt unter Zugabe von Erde und ohne dieselbe und noch eine gleiche Menge Erde allein unter Toluol-Zugabe sich selbst. Dann wurde abfiltriert und mit dem Polarisationsapparat geprüft. Als Klärungsmittel bewährte sich ausgeglühter Kieselgur.

Erde ± 0	Coralliorhiza-Extrakt + 0,2	Extr. Erde - 0,3	Diff. -0,5
	Neottia-Extrakt + 0,2	Neottia-Extr. + Erde ± 0	" -0,2

Das Extrakt hatte also durch Einwirkung auf den Boden Stoffe in Freiheit gesetzt, die optisch aktiv waren.

Da die Versuche von grösster Bedeutung für die Frage der Ernährung der Nestwurz sind, so wurden sie nochmals unter anderer Versuchsanordnung wiederholt.

- | | | |
|----------------------------|-------------------------|---------------------|
| a. 20 ccm Neottia-Extrakt | 20 ccm Erdaufschwemmung | Toluolsterilisat. |
| b. 20 ccm Neottia-Extrakt | | Toluolsterilisation |
| c. 20 ccm Erdaufschwemmung | | Toluolsterilisation |

Nach 14 Tage langem Stehen füllte man a) auf 60 ccm auf, b) und c) wurden gemischt und ebenfalls auf 60 ccm aufgefüllt. Zu beiden Kölbchen kam 0,1 gr Kieselgur. Ein Teil des Filtrates wurde mit der gleichen Menge Wasser und 10% Bleiessig versetzt. Nach dem Filtrieren und Polarisieren im 220 mm Rohr gab: a) - 0,1, b) 0. Das Filtrat a) gab die BIALsche Reaktion auf Pentosen, b) nicht.

Ein anderer Teil wurde abgedampft. Die Differenz betrug auf 10 ccm Filtrat 5,2 mgr.

20 ccm wurden mit 5 ccm Salzsäure invertiert und darin der Zucker nach ALIHN unter Benützung der Permanganattitration bestimmt. Die Differenz war 10,04 mgr Cu.

Ferner wurde in 20 ccm die Stickstoffmenge nach KJELDAHL bestimmt. Die Differenz war 0,2 ccm n $1/4$ NH_3 .

Es war also sicher erwiesen, dass die Extrakte aus dem Boden sowohl Stickstoffsubstanzen, wie auch Zucker gebende Körper in Lösung bringen können. Zusammenfassend dürfte man über diese Versuche sagen:

Die *Coralliorhiza* und *Neottia* enthalten Fermente, die auf die Humussubstanzen des Bodens abbauend wirken, sodass lösliche und durch die Membranen durchgehende Stoffe entstehen.

Es wird nun nur noch des Beweises bedürfen, dass diese Stoffe tatsächlich in den Boden hinauswandern. Darauf deutet fraglos das leichte Ablösen der Rhizome von den Bodenkrümeln. Exakt wird sich dafür schwer ein Beweis erbringen lassen. Die Rhizome der Nest- und Korallenwurz im besonderen, wie überhaupt die Wurzelbildungen aller Erd-Orchideen, besitzen zu der Zeit, wenn sich lebensfähige Pilze darin vorfinden, keine Interkuten und keine Metakuten. Korkschichten hemmen also die Fermente beim Durchtritt nicht, soferne das Plasma sie durchlässt. Dagegen wenn die Pilze absterben, sind solche Schichten wohl vorhanden. Die Bildner dieser bodenverdauenden Fermente sind vermutlich die Pilze. Diese sind nicht mit denen der verdauenden Pflanze zu verwechseln. Wir finden sie daher bei der Nestwurz auch zu der Zeit, wenn keine Pilze verdaut werden. Die *Neottia* lebt durch diese fermentative Verdauung des Bodens, daher können die Pilze völlig in der Pflanze eingeschlossen sein. Der Pilz liess sich auch im Winter nach der BURGEFFschen Methode auf einem Nährboden mit Gummi-arabicum-Zusatz zum Austreiben bringen. Aber ohne Wurzeln ist er nicht weiter lebensfähig. Er zeigt die Besonderheit, am Grunde des Agars zu wachsen; in der Form zeigt er grosse Ähnlichkeit mit den Pilzen aus *Orchis militaris*. Die ganze Einrichtung von *Neottia* dürfte uns damit verständlich geworden sein. Ob eine solche Bodenverdauung nach dem *Neottia*-Typ nicht auch noch bei den anderen Orchideen neben dem Bezug der Nährstoffe des Pilzes durch Verbindung mit dem Boden stattfindet, ist schwer zu sagen. Die Versuche der *Coralliorhiza* scheinen die Vermutung zu bestätigen.

Was leistet die Pilzverdauung für die Orchideen? Zum Verständnis der folgenden Untersuchung müssen wir uns zunächst den Zustand einer Sumpf-Orchidee im Oktober bis zum Herbst betrachten. Zu dieser Zeit bietet das Sammeln einige Schwierigkeit, da die oberirdischen Anteile verschwunden sind. Aber beim Absuchen ungenährter Moorwiesen findet man immer noch Fruchtstände. Bereits im Oktober ist die alte Knolle völlig abgestossen und ihre Reste dem Verfaulen anheimgegeben. Die junge Knolle dieser äusserst sparsam wirtschaftenden Pflanze hat dann alles Brauchbare in sich aufgesogen. Ein Übertritt von Stoffen kann wegen der vollzogenen Verkorkung der Trennungsschichten und der völligen Verstopfung der Gefässe nicht mehr stattfinden. Die Zinkenwurzeln haben ihre endgiltige Länge erreicht. Auch die Nebenwurzeln am Rhizomstück sind fast ganz ausgewachsen. Die Triebspitze führt kaum Chlorophyll, kommt auch wegen der tiefen Lage im Erdreiche nicht für die Photosynthese in Betracht. Zu dieser Zeit sind die Wurzeln bereits reichlich verpilzt mit Ausnahme der Spitzen der Nebenwurzeln. Verballte, also verdaute Pilze kann man nur in den ältesten Anteilen der Zinkenwurzeln antreffen, aber auch hier sind die Ballen nur sehr klein. Sonst sind die Pilze lebenskräftig und reichlich mit Gly-

cogen versehen.

Wesentlich anders sind die Wurzeln im Dezember. Äusserlich zwar sind sie sich gleich geblieben, dagegen hat sich im Innern der Zellen eine bedeutende Umwandlung vollzogen. Nur mehr vereinzelt findet man lebensfähige Pilze im Gewebe; vom Glycogen sind kaum noch Spuren nachzuweisen. Dagegen haben die Pilzballen mächtig an Grösse und Verbreitung zugenommen. Dieser Zustand der Pflanze bleibt bis zum April bestehen.

Die Hauptarbeit der Pilzverdauung erfolgt also vom Herbst bis zum Winter. Ein Vergleich des Gehaltes an Stickstoff und Kohlenstoff vor Beginn und nach Beendigung dieser Periode muss uns über die Leistung der Pilzverdauung einen sichern Aufschluss geben können.

— Gewisse Schwierigkeiten scheint die Berechnung zu machen. Wegen des wechselnden Wassergehaltes ist das Frischgewicht als Bezugsgrösse nicht zu gebrauchen. Da es uns nicht auf das gegenseitige Verhältnis der Substanzen untereinander, sondern auf die absolute Zu- oder Abnahme ankommt, so wird die Berechnung auf das Trockengewicht ebenfalls ein unklares Bild ergeben. Deutung der Resultate unter Benützung der Individuenzahl, wenn auch unter Berücksichtigung des Alters (Stelenzahl) ist wegen der individuellen Schwankungen zu verwerfen. Zu einer besseren und ziemlich gleich bleibenden Grösse kommt man durch die Tatsache, dass der Zellulosegehalt kaum zunimmt. Zwar wird etwas Zellulose durch die Pilzverballung gebildet, aber ihre Menge ist sicherlich sehr klein. Ferner muss eine Zunahme die Zunahme der anderen Körper verdecken, sodass die Deutung der Resultate eine gewisse Sicherheit bekommt. Während des Spätherbstes hat sicher eine, wenn auch geringe Atmung stattgefunden. Ein etwa vorhandener Gewinn von Kohlenstoffverbindungen ist zu gering in den Analysen. Auf den Fehler, der durch Umwandlung von Fett in Kohlenhydrate im Frühjahr zurückzuführen ist, werden wir noch zurückzukommen haben. Es erübrigen sich noch einige Worte über die Vorbereitungen zur Analyse.

Wir sammelten im Frühjahr und im Herbst auf demselben Standorte. Absichtlich wurden die Pflanzen mit viel Erde ausgestochen, um sie mit ihrem ganzen Wurzelwerke zu erhalten. Feinlichst wurden Erde und Schlamm abgospült. Die Pflanzen trocknet man vorsichtig ab und wiegt sie frisch (Frischgewicht). Durch 3 Tage langes Trocknen bei 100 Grad wurde das Trockengewicht bestimmt. Unter peinlichster Vermeidung von Verlusten wurde gepulvert und nochmals 3 Tage lang getrocknet. Auf diese Trockensubstanz wurden zunächst alle Resultate berechnet. Nachfolgend seien die Analysemethoden kurz gekennzeichnet.

1. Bestimmung der leicht in Zucker überführbaren Kohlenhydrate (Stärke, Mannan etc.).

Ein Gramm Substanz kam in einen trockenen Kolben, damit nichts am Halse hängen bliebe, dann wurde mit 10 gr Wasser eingeschüttelt und man lege artis, wie bei einem Salep-Schleim mit kochend heissem Wasser, 50 ccm, verquollen, dann erst kamen 10 ccm 25% Salzsäure hinzu. Unter zeitweiligem vorsichtigem Umschwenken, damit nichts in den Hals kommt, wurde 3 Stunden auf dem Wasserbade unter Aufsetzen eines Rückflusskühlers verzuckert. Die Lösung wurde durch ein Asbestblättchen filtriert und mit heissem Wasser Kolben und Platte so ausgewaschen, dass 200 ccm Filtrat erreicht wurden. In diesem erfolgte die Zuckerbestimmung nach ALIHN unter der Variante, dass das ausgeschiedene Kupferoxydul mit Ferrisulfatschwefelsäure gelöst und das gebildete Ferrosalz mit n/10 Permanganat titriert wurde. Wir können diese genaue und bequeme Methode nur empfehlen. Da ein Fehler durch die Mannose des Salep-Schleimes hereingekommen sein könnte, weil die Kochdauer des Traubenzuckers benützt wurde, so kontrollierte man die Resultate mit SACHSscher Lösung. Abweichungen waren nicht vorhanden 1). Dass die Eiweiss-Stoffe und organischen vor der Zuckerbestimmung mit Bleiessig und schwefelsaurem Natrium beseitigt wurden, versteht sich von selbst. Zur Kontrolle wurde auch das Eiweiss mit Phosphorwolframsäure ausgefällt. Differenzen waren nicht zugegen. Über die ganze Methode

1) Die einzelnen Zuckerarten haben verschiedene Reduktionswerte gegen Fehling u. Sachs.

hier zu berichten erübrigt sich; diese findet man in den Lehrbüchern der Nahrungsmittel-Chemie.

2. Rohfaser.

Das Asbestplättchen der obigen Bestimmungen wurde nochmals mit Wasser aufgeschwemmt und mit verdünnter Kalilauge nach HENNEBERG ausgekocht und weiter behandelt. Die Differenz der Wägung des Rückstandes nach dem Trocknen und des nach dem Glühen und Veraschen wurde als Rohfaser in Anrechnung gebracht. Diese besteht also aus Kork, Zellulose, Holz und sehr minimalen Mengen stickstoffhaltigen Materials. Näheres hierüber siehe in der Abhandlung von MATTHES über Zellulose und Rohfaserbestimmung. Wir könnten statt Rohfaser vielleicht viel treffender von Gerüstsubstanzen reden.

3. Pentosane.

Diese wurden nach TOLLENS bestimmt. Das abdestillierte Furfurol wurde mit Fehling und Permanganat, wie oben, bestimmt. Näheres hierüber findet man in BEYTHIEN. Die Korrektur für Oxymethylfurfurol wurde angebracht (siehe KÖNIG). Doch ist sie nur von geringem Einflusse auf das Resultat.

4. Die Stickstoffsubstanz als Eiweiss berechnet.

Die Bestimmung erfolgte nach KJELDAHL unter Benützung des üblichen Eiweissfaktors. Der dadurch vielleicht begangene Fehler schaltet sich durch doppelten Fehler aus. Es kommt uns hier nur auf ein Vergleichs-Resultat an.

Nun noch einige Angaben für die Interpretation der Resultate. Wir errechneten den Rohfasergehalt in der Frischsubstanz des Herbstes und erhielten so einen Faktor, mit dem wir die Resultate der Trockensubstanz leicht auf die Frischsubstanz umrechnen konnten. Von der Erwägung ausgehend, dass die Rohfaser bis zum Frühjahr gleich geblieben ist, multiplizierten wir die Rohfaser-Substanz des Frühjahrs mit dem Herbstfaktor und kommen so zu einer Zahl für die Frischsubstanz im Frühjahr, die wir mit der des Herbstes vergleichen können. Man kann nun den Prozentsatz der Trockensubstanz des Frühjahrs und der der anderen Stoffe in dieser "normierten" Frischsubstanz des Frühjahres mit der des Herbstes vergleichen.

Das erste Ergebnis war, dass Rohfasergehalt und Pentosanzahl im ccm n/10 Permanganat ausgedrückt die gleichen waren. Pentosane, ausser in der Gerüstsubstanz, waren nicht vorhanden. (Rohfaser 3,65% Pentosan 13,8 ccm.) Nachstehend eine Zusammenstellung der so errechneten Ergebnisse:

	Herbst	Frühjahr	Gewinn in % des norm. Frischgew.	Zunahme in % des Gehaltes d. Herbstes
leicht hydrolysierbare Polysaccharide = Traubenzucker $\times 0,9$	6,77%	8,47%	+ 1,7%	+ 25,11%
Rohfaser	3,65%	3,65%	-	-
Stickstoffsubstanz (Eiweiss)	0,202%	0,288%	+ 0,086%	+ 42,57%
Trockensubstanz ohne Polysaccharide und Rohfaser	4,90%	4,54%	- 0,36%	- 7,35%
Trockens. ohne Rohfaser, aber mit Polysacchariden	11,67%	13,01%	+ 1,33%	+ 11,4%

Aus diesen Analysendaten kann man folgende Sätze ableiten:

1. Die Zunahme der Stickstoff-Substanz ist bedeutend; sie beträgt 42,57% der im Herbst vorhandenen Menge.
2. Die Zunahme der Trockensubstanz abzüglich der Rohfaser beträgt 11,4%
3. Die Zunahme der Polysaccharide, die eine Rolle in der Ernährung spielen können, betrug 25,11%.

Da aber die Trockensubstanz ohne Polysaccharide und Rohfaser eine Abnahme um 7,35% erfahren hat, so kann diese dritte Zahl nicht völlig als Gewinn gedeutet werden. Es rührt dies von der Umwandlung von Fett in Zucker her. Rechnen wir den Verlust als Fett und dieses aus seinem Kohlenstoffgehalt in Zucker um, so kommen wir zu ca. 14%. Es bleibt dann immer noch eine Zunahme von ca. 11% (25, 11% - 14%) welche Zahl wir auch als die Zahl 2) erhalten haben.

Weil die Pflanze einen Atmungsverlust hatte, gehen wir nicht fehl in der Annahme, dass diese Pflanzen in Wirklichkeit mehr Kohlenstoff gewonnen haben, als unsere Resultate anzeigen.

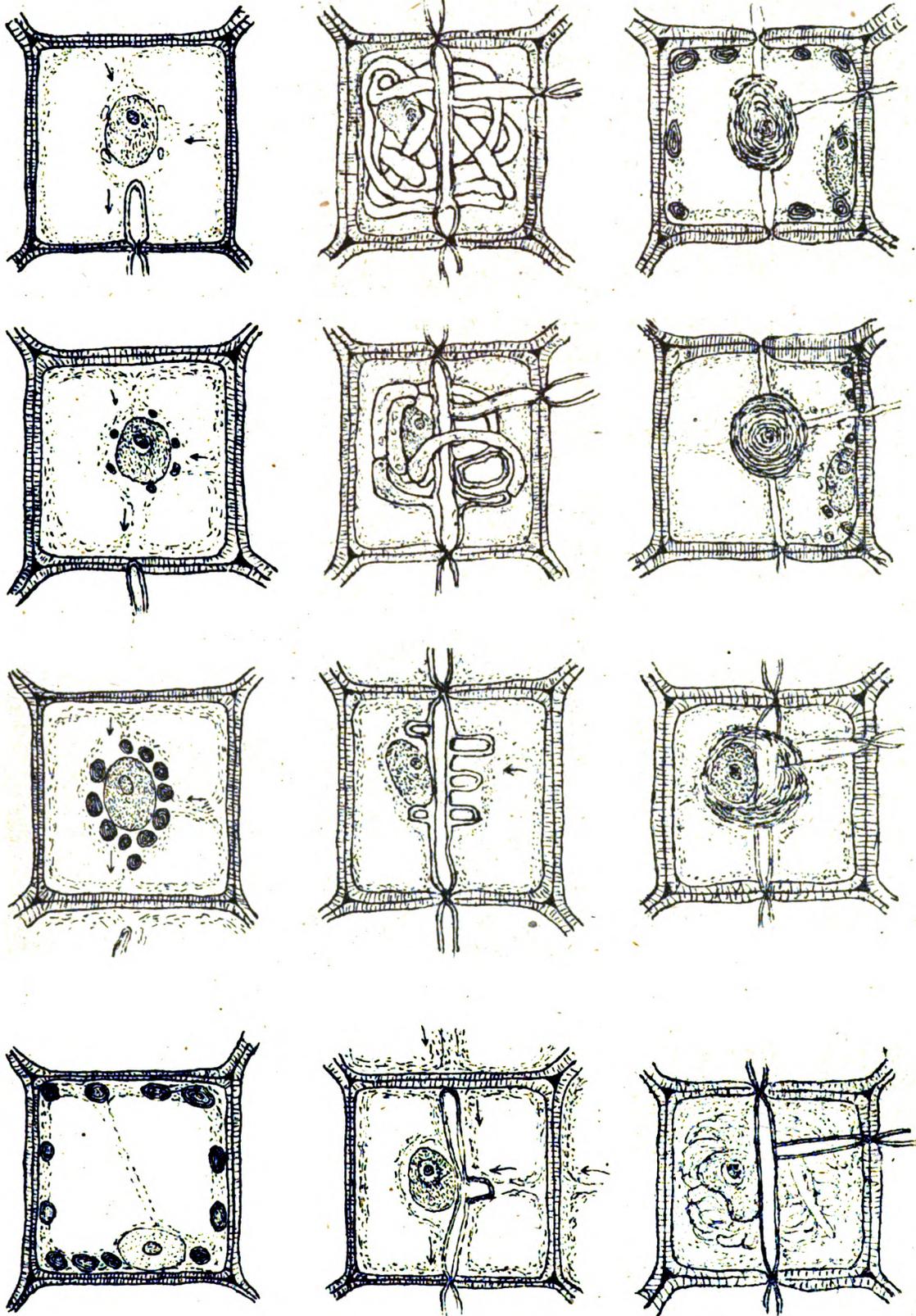
Ohne den Dingen einen Zwang anzutun, können wir unsere Resultate folgendermassen zusammenfassen:

Die *Dactylorhiza*-Arten gewinnen in der blattlosen Zeit vom Herbst bis zum Frühjahr um 1/10 ihres Gehaltes an Kohlenstoff und fast um die Hälfte ihres Stickstoff-Gehaltes. Die Quelle dieser Zunahme ist die in gleicher Zeit vonstatten gegangene Verdauung der Pilze. Der Gewinn an diesen Substanzen auf diesem Wege ist aber nicht ausschliesslich auf diese Zeit beschränkt, auch den Sommer über und während des Frühjahrs werden so noch Stoffe gewonnen.

Cephalanthera rubra weiter zeigt an ihren einzelnen Standorten einen derartig verschiedenen Bau des Wurzelwerkes, dass ein Zusammenhang dieser Erscheinung mit dem Sinne der Mykotrophie als dem Gewinne von Stickstoff und Kohlenstoff aus dem Rohhumus in die Augen springt. Die Unterschiede gehen so weit, dass man verschiedene Pflanzen vor sich zu haben glaubt. An sonnigen Plätzen sind die Wurzeln sämtlich lang und dünn; die Verpilzung ist reichlich.

Je schattiger die Standorte werden, desto dicker und zahlreicher werden die Wurzeln. Dabei bilden sich in manchen Wurzeln, meist nur einer oder zwei eines Stockes, Seitentriebe von dicker, keuliger Gestalt; sie führen stets eine mächtige Pilz-Verdauungsschicht. Auch wenn die tragende Wurzel abstirbt, bleiben diese Kurzwurzeln am Leben und wachsen absatzweise weiter. Jeweils in der Ruheperiode werden die Spitzen metakutisiert; sie sind dann wie ein Köpfchen auf die Spitze aufgesetzt. Sobald die Wurzel zu treiben beginnt, wird die Metakutis gesprengt u. die Wurzel dringt mittelst einer Wurzelhaube im Erdreich vor. Die Kurzwurzel lebt so unterirdisch nach Art der Procormi, ebenso stark wie diese verpilzt, weiter, ohne dass aber ein Stammorgan zu erkennen wäre. Erst nach einiger Zeit entwickelt sich an dem der Wurzelspitze entgegengesetzten Pole eine Knospe, die zu einem Rhizom auswächst. Dieses trägt seinerseits nur schlanke und dünne Nebenwurzeln und einen Blattstamm. An einem solchen Rhizome können wiederum solche Kurzwurzeln entstehen. Aber das Blattwerk ist an solch' schattigen Standorten auffallenderweise nicht besser entwickelt als an sonnigen. Wir haben hier also den merkwürdigen Fall, dass eine Pflanze, die infolge mangelnden Lichtgenusses verminderte Photosynthese durch gesteigerte Mykotrophie ersetzt. So vermögen diese Pflanzen sogar im dichten Fichtenwalde auszuhalten, wenn andere Pflanzen zugrunde gehen. Zum Blühen gelangen diese Pflanzen allerdings nicht mehr, während andererseits starke vegetative Vermehrung stattfindet. Man kann unter solchen Stöcken zahlreiche, bereits von der tragenden Wurzel getrennte Kurzwurzeln in allen Entwicklungsstadien vorfinden.

Ähnlich, wenn auch nicht so ausgeprägt, verhalten sich die übrigen Rhizom-Orchideen. Die Pflanzen halten mit den Wurzelstöcken, zuerst allmählig in den vegetativen Teilen in den Jugendzustand zurückgehend und dann gänzlich vom Erdboden verschwindend, unterirdisch durch die Pilze aus, bis wieder Luft und Licht ein Austreiben ermöglicht. Damit findet wohl auch die merkwürdige Tatsache, dass, wie uns Herr Reallehrer RIEGER an der Waldbaumschule Kelheim mitteilte, nach Abtrieb eines hundertjährigen Fichtenwaldes im zweiten Jahre zahlreiches blühendes



Schema der Pilzverdauung.

Cypripedium Calceolus L. vorhanden war, ihre Erklärung. Aus Samenkeimungen konnten diese Pflanzen nicht entstanden gewesen sein, da auch bei *Cypripedium* mindestens 15 Jahre verstreichen, bis die Pflanze zum Blühen gelangt, wie unsere Feststellungen ergeben haben.

Die Voll-Saprophyten, die noch blattlosen Pflanzen der Jugend und die wieder blattlosen des Alters beziehen sowohl Stickstoff wie Kohlenstoff nur aus den Pilzen. Bei der erwachsenen Pflanze der ergrünenden Arten kommt zu dieser Ernährung noch die Photosynthese. Aber auch für sie ist die organische Substanz des Bodens nicht nur eine Quelle des Stickstoffes, sondern auch in nicht unbedeutenden Ausmassen eine solche des Kohlenstoffes.

Die Meinung der alten Botaniker, dass auch die grünen Orchideen Saprophyten seien, beruht somit auf Richtigkeit.

Untersuchungen über die Postflorationsbewegungen einiger Geraniaceen.

Von FRIEDRICH SCHWIEKER (Hamburg).

I. EINLEITUNG.

Bei den mannigfachen Untersuchungen, die bisher über die prä- und postfloralen Bewegungen einzelner Blüten- und Infloreszenz-Stiele angestellt worden sind, haben sich die *Papaver*-Arten, insbesondere *Papaver Rhoeas*, als klassisches Beispiel für eine Pflanze mit floralen Bewegungserscheinungen ¹⁾ herausgestellt. Trotzdem wurde für die vorliegende Arbeit dieses für experimentelle Untersuchungen günstige Objekt nicht genommen, da die einzelnen Arten der Gattung *Papaver* in ihren Bewegungen vollkommen miteinander übereinstimmen; statt dessen wurden die Geraniaceen aus der Menge der in Betracht kommenden Pflanzen ausgewählt. Die Stiele der einzelnen Geraniaceen-Arten führen ungleiche Bewegungen aus, sie werden daher die Abhängigkeit von vielleicht vorhandenen inneren Faktoren anschaulicher zeigen, als das bei Pflanzen der Fall ist, deren Stielbewegungen gleichartig sind.

Betreffs des allgemeinen Habitus der Geraniaceen sei daran erinnert, dass die Blüten in ein- bis zweiblütigen oder doldigen Infloreszenzen stehen. Die Blütenstandsstiele, die von den Blütenstielen unterschieden werden müssen, sollen, der Bezeichnungsweise VÖCHTINGs (1882, p. 173) entsprechend, kurz Doldenstiele genannt werden.

Die Bewegungen, welche die Blüten- und Doldenstiele während der Prä- und Postfloration ausführen, nehmen bei den einzelnen Arten der Geraniaceen einen verschiedenen Verlauf. Insbesondere treten grosse Unterschiede bei den postfloralen Bewegungen auf. Diese Bewegungen werden bei allen Arten durch basal gelegene Stielgelenke ausgeführt. Die Grösse der Winkel, welche die Stiele während der Postfloration durchlaufen, schwanken zwischen 0 und annähernd 180 Grad. Bei *Geranium silvaticum* z.B. tritt keine postflorale Bewegung ein, während beide Stielarten von *Geranium pyrenaicum* je einen Winkel von 90 Grad, die Blütenstiele mancher *Erodium*-Arten (*Erodium Manescavi*) einen Winkel von fast zwei Rechten zurücklegen.

Im Folgenden sollen die Bewegungen der Blüten- und Doldenstiele von *Geranium pyrenaicum*, einer Art mit zweiblütiger Infloreszenz, näher dargestellt werden, da sich diese Pflanze durch die Offensichtlichkeit und die Gleichmässigkeit der Be-

1) Unter der Bezeichnung "florale" Bewegungserscheinungen sollen im Folgenden die prä- und postfloralen Bewegungen zusammengefasst werden. Die Eufloreszenz zeichnet sich durch keine Stielbewegung aus.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1924

Band/Volume: [6](#)

Autor(en)/Author(s): Fuchs Alfred, Ziegenspeck Hermann

Artikel/Article: [Aus der Monographie des Orchis Traunsteineri Saut V. Die Pilzverdauung der Orchideen 193-206](#)