Zeitschrift: Schweizerische pädagogische Zeitschrift

Band: 13 (1903)

Heft: 2

Artikel: Die Ernährung der Pflanzen : 2. Teil : die Ernährung der heterotrophen Pflanzen und der Kampf um die Nährsalze

Autor: Schinz, Hans

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-789213

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: 05.12.2025

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

Die Ernährung der Pflanzen.

II. Teil.

Die Ernährung der heterotrophen Pflanzen und der Kampf um die Nährsalze.

Von Prof. Dr. Hans Schinz.

Ich hatte mir in meinem dritten Kapitelvortrage (publizirt im I. Heft des letztjährigen Jahrganges dieser Zeitschrift) die Aufgabe gestellt, ein Bild der Nahrungsaufnahme der sogenannten autotrophen Pflanzen zu entwerfen, das heisst derjenigen Gewächse, die sich ihre plastischen Baustoffe durch Kombination des photosynthetischen Prozesses und der direkten Aufnahme anorganischer Verbindungen aus dem Erdboden selbst bereiten. Einem gewaltigen Heere von grössern und kleinern Gewächsen geht nun aber diese Befähigung ab, nämlich allen jenen, die mangels Chlorophyll der Kohlenstoffassimilation nicht obliegen können oder die, grüne Laubblätter besitzend, zwar zu „assimiliren" vermögen, nichtsdestoweniger aber aus andern, später zu erwähnenden Gründen, auf die Zuleitung von anorganischen oder anorganischen und organischen Verbindungen seitens zweiter Pflanzen, mit denen sie in einer Symbiose leben, angewiesen sind, oder denen — ich verweise auf die Insekten verdauenden Pflanzen — anorganische Nährsalze aus den Zersetzungsprodukten von gefangenen Tieren einverleibt werden.

Zweck der nachfolgenden Ausführungen ist, dem Leser an Hand von wiederum vorzugsweise unserer einheimischen Pflanzenwelt entlehnten Beispielen, die sich dabei abspielenden Vorgänge und die Beziehungen zwischen Nahrungsaufnahme und Bau zu schildern auf Grund der gegenwärtigen Kenntnisse.

Es ist bekannt, dass der für das pflanzliche Leben unbedingt notwendige Kohlenstoff keineswegs bloss als Kohlendioxyd in der Luft, als Kohlensäure im Wasser vorkommt, sondern dass er auch in Form von organischen Verbindungen überall reichlich vorhanden ist, bilden ja doch die organischen Kohlenstoffverbindungen den Hauptbestandteil der leben-

den Körper, der Leichen derselben und deren Zersetzungsprodukte, sowie der vielerlei Kunstprodukte, die aus lebenden Körpern dargestellt werden. Sie alle können den pflanzlichen Organismen als Kohlenstoffquellen dienen, sofern jene sich deren Nutzbarmachung angepasst haben.

Je nach der Natur dieser Quelle unterscheiden wir vorläufig zwischen saprophytischer und symbiotischer Ernährung (Pfeffer). Als Saprophyten werden wir Pflanzen bezeichnen, die ihre Nahrung aus toten Massen, aus natürlichen oder künstlichen Lösungen beziehen, während dann, wenn die Nahrung direkt lebendigen Wesen entnommen wird, ein Fall von Symbiose vorliegt. Die Symbiose ist eine mutualistische, wenn diese Vereinigung durch gegenseitige Unterstützung der Kontrahenten dem lebenden Konsortium zum Vorteile gereicht, während da, wo der Wirt ohne Gegenleistung ausgebeutet wird, also bei allen Parasiten, antagonistische Symbiose vorliegt.

Der Übersichtlichkeit halber dürfte es sich empfehlen, dass wir, von diesen Gesichtspunkten ausgehend, in erster Linie die Saprophyten, anschliessend daran die mutualistische und die antagonistische Symbiose, bezw. die Symbionten oder Kontrahenten besprechen, um sodann mit den Insektivoren oder Carnivoren abzuschliessen.

a) Saprophytismus.

So nennen wir, wie oben bemerkt, generell jede Ernährung aus leblosem organischem Material, wobei die Pflanze sich die organischen Verbindungen aus dem Substrat in oder auf dem sie wächst, aneignet. Da es sich dabei vorzugsweise um faulende oder verwesende, in Zersetzung begriffene organische Stoffe handelt, bezeichnet man derartige Pflanzen als Saprophyten oder Fäulnisbewohner, da viele derselben auf Humus wohnen, wohl auch als Humuspflanzen.

Die Saprophyten rekrutiren sich keineswegs ausschliesslich aus den Lagerpflanzen, der grossen Abteilung der Pilze, sondern auch die Phanerogamen stellen ihr Kontingent und zwar namentlich in den Tropen, ob die letztern, die Blütenpflanzen, aber auch gleich den Pilzen wirkliche Saprophyten sind, oder vielleicht nicht eher symbiotischer Ernährung unterliegen, bedarf noch der Abklärung.

Der Saprophytismus zahlloser Pilze ist unbestritten. Ich erinnere nur an die im Waldesdunkel den Humsboden schmückenden Hutpilze, wie den Fliegen- oder den Eierschwamm. Stellen wir eine noch so minutiöse Untersuchung deren Körper an, nie werden wir auch nur eine Spur von Chlorophyll nachzuweisen vermögen und nach dem im I. Teil Ausgeführten liegt es daher auf der Hand, dass die diese Organismen

aufbauenden Kohlehydrate dem Erdboden entnommen worden sein müssen und zwar in organischer Form. Das Myzelium dieser Pilze, das heisst deren vegetativer Körper besteht aus dünnwandigen Hyphen, schlauchförmigen Zellen, die als dem Leser wohlbekannte weisse Fäden den humusreichen Waldboden nach allen Richtungen durchziehen, die erfahrungsgemäss nicht nur gelöste organische Stoffe mit grosser Energie aufnehmen, sondern zum Teil auch befähigt sind, feste organische Körper, mit denen sie in Berührung kommen, aufzulösen, zu durchbohren und zu zertrümmern. Die Lösung wird neben Säuren und Alkalien besonders durch Enzyme oder Fermente bewirkt, d. h. Körper spezifischer Wirkung, die den ökonomischen Vorteil gewähren, dass mit einem sehr geringen Quantum eine ansehnliche Menge eines andern Körpers umgewandelt wird. Zu den saprophytisch lebenden Lagerpflanzen gehören aber nicht allein die höhern Pilze, als deren Repräsentanten ich den Hut- und Eierpilz hervorgehoben habe, sondern auch zahllose Pilzgattungen und -Arten, die nur vom bewaffneten Auge wahrgenommen werden, wie zahlreiche zum Teil Gährung bewirkende Spaltpilze oder Bakterien, Hefe- und Wasserpilze, denn zum Begriff der saprophytischen Lebensweise gehört ja nicht notwendigerweise als Substrat ein verwesender Körper, sondern dieser kann, wie ich eingangs auseinandergesetzt habe, durch eine natürliche oder künstliche Lösung ersetzt werden.

Gewöhnlich werden auch die phanerogamen Humusbewohner — ich nenne von solchen die Nestwurz (Neottia nidus avis), den Fichtenspargel (Monotropa glabra und hirsuta) etc. — zu der Kategorie der Saprophyten gezählt, neuern Untersuchungen aber zufolge vielleicht mit Unrecht, da allem Anschein nach bei diesen eher eine Symbiose vorliegt, die von Frank z. B., dem wir vorzügliche Untersuchungen über deren Natur verdanken, als eine mutualistische angesprochen wird. Wir werden aus diesem Grunde die phanerogamen Humusbewohner nicht an dieser Stelle, sondern im Zusammenhang mit den Parasiten, zu denen ich nun gleich übergehe, behandeln.

b. Symbiose.

Das charakteristische der symbiotischen Lebensweise liegt also darin, dass sowohl der Gast, der Nahrungsnehmer, wie der mit Nahrung, d. h. mit organischen und anorganischen Verbindungen versorgende Wirt lebende Organismen sind. Wir unterschieden mutualistische und antagonistische Symbiose.

I. Mutualistische Symbiose.

Als Beispiele mutualistischer Ernährungssymbiose werden gewöhnlich die Flechten-Symbiose und die Mykorhiza (Wurzelpilz)

aufgefasst, ob mit Recht, mag die Zukunft lehren. Als Flechten bezeichnete die Naturgeschichte bis in die neuere Zeit eine besondere Klasse kryptogamer Pflanzen, welche im Pflanzensystem zwischen den Pilzen und Algen ihre Stelle erhielt. Es ist Schwendener gewesen, der durch scharfsinnige Untersuchungen nachgewiesen hat, dass die Flechten eigentlich nichts anderes als eine Verbindung von Pilzen und Algen sind, eine „Vergesellschafterung" könnten wir sagen, von Pilzen und Algen. Sie werden auf Grund dieser Erkenntnis daher heute auch nicht mehr als eine den Algen und Pilzen gleichwertige Klasse aufgefasst, sondern werden in einer Vorlesung über systematische Botanik z. B. gleichzeitig mit den Pilzen besprochen. Die Vergesellschafterung bringt unzweifelhaft den Pilzen einen Vorteil, denn diese sind ja bekanntermassen chlorophyllos, also nicht im Stande, aus anorganischen Verbindungen auf dem Wege der Photosynthese organische Bausteine herzustellen. Diesen wichtigen Dienst leisten ihnen die grünen Algenzellen, die zwischen den Hyphen des Pilzkörpers, bald regellos, bald zu sogenannten Algenschichten angeordnet sind. Diese Vergesellschafterung wurde und wird zum Teil auch heute noch als eine mutualistische Symbiose gedeutet, in neuerer Zeit häufen sich nun aber doch die Beobachtungen, die uns eher vermuten lassen, dass die Pilze auf den Algen schmarotzen und diese „aussaugen", indem sie Haustorien, Saugzellen in die Algenzellen hineintreiben. Das Kompagniegeschäft wirft also einen in diesem Falle sehr einseitigen Nutzen ab!

Bei der sogenannten Mykorhizenbildung sind auch wiederum Pilze beteiligt, der zweite Symbiont gehört aber nicht der Algenwelt, sondern dem höhern Pflanzenreich, den Moosen, Gefässkryptogamen und Phanerogamen an. Um die Förderung des Problems der Mykorhizenbildung hat sich namentlich der verstorbene Professor Frank verdient gemacht, nachdem schon 1881 Kamienski auf diese eigenartigen Bildungen aufmerksam gemacht hatte.

Wir verstehen unter Mykorhiza die Erscheinung, dass sich die sämtlichen Saugwurzeln von Pflanzen mit einem Mantel aus Pilzhyphen umkleiden, die mit der Saugwurzel in so enge Verwachsung treten, dass Wurzel und Pilzmantel ein Ganzes bilden. Frank unterscheidet zwei Arten der Mykorhiza oder Pilzwurzel: eine ektotrophische und eine endotrophische. Bei der erstern, der ektotrophischen Mykorhiza ist der Pilz auf die Oberfläche der Wurzel beschränkt, bei der endotrophischen hat er dagegen seinen Sitz im Innern der peripherischen Wurzelgewebezellen.

Nach dem Erscheinen der ersten Arbeiten Franks konnte man glauben, dass die Mykorhizensymbiose auf wenige bestimmte biologische Pflanzengruppen beschränkt sei, neue Untersuchungen haben indessen nun dargetan, dass diese Erscheinung eine ungemein verbreitete ist, dass die mykorhizaführenden Gefässpflanzen unserer einheimischen Flora vielleicht sogar zahlreicher sind als die mykorhizafreien, dass die Mykorhiza nicht etwa bloss auf die gemässigte Zone beschränkt ist, sondern überall auftritt, im Norden wie am Äquator, hat doch Janse z. B. von 75 untersuchten Arten aus dem Urwald von Tjibodas auf Java nicht weniger als 69 verpilzt gefunden!

Frank und nach ihm andere Physiologen, die ich nun nicht einzeln aufzählen kann, haben sich zu zeigen bemüht, dass die Mykorhiza durchaus nicht etwa als ein Schmarotzer auf der Wurzel aufgefasst sein will, dass der Mykorhiza vielmehr ein die Wurzel förderndes symbiotisches Verhältnis zu Grunde liegt und dass z. B. wie die Cupuliferen so auch die Kiefer aus Samen nur kräftig in Mykorhizaboden gedeiht, dass dagegen auf einem normalen, guten Kiefernboden die Kiefer nicht zur Entwicklung kommt, wenn ihre natürlichen Wurzelpilze fehlen und dadurch die Bildung der Mykorhiza verhindert wird. Verhalten sich andere Botaniker und namentlich auch Forstbotaniker dieser Auffassung gegenüber zum Teil skeptisch, zum Teil sogar ablehnend, so hat in allerjüngster Zeit der ausgezeichnete Jenenser Botaniker Stahl, dem wir die prächtigen Untersuchungen über die Schutzmittel der Pflanzen gegen die Schnecken, über die Transpiration etc. etc. verdanken, eine besondere, in sich abgeschlossene Theorie ausgearbeitet, die gleich Frank in dem symbiotischen Zusammenleben einen unbestreitbaren Vorteil für die verpilzte Pflanze erkennt. Der Leser wird mir gestatten, dass ich, in Anbetracht der Wichtigkeit, die diese ernährungsphysiologische Symbiose für den Praktiker, den Forstmann wie den Gärtner und Gartenliebhaber hat, in aller Kürze auf die Stahlsche Theorie eintrete.

Stahl geht von der unbestrittenen Tatsache aus, dass die Wasserdurchströmung der Gewächse eine sehr verschieden starke ist, dass sie sogar verschieden ist bei systematisch nahestehenden Arten, wie, ich greife ein beliebiges Beispiel heraus, Selaginella spinulosa und Selaginella helvetica. In Korrelation hiezu steht nun, wie Stahl nachweist, die Wurzelverpilzung, in dem Sinne, dass Pflanzen mit starker Wasserdurchströmung der Mykorhiza entbehren, wogegen solche mit unerheblicher Wasserbilanz wohl stets die Erscheinung der Wurzelverpilzung aufweisen. Die Annahme liegt daher nicht nur sehr nahe, sondern zwingt sich auf, dass an die Gegenwart des Pilzes eine Leistung geknüpft sein muss, durch

welche die Nachteile der geringeren Wasserdurchströmung ausgeglichen werden. Die Vorteile der Wasserdurchströmung habe ich in meinem dritten Vortrage, über die Ernährung autotropher Pflanzen, auseinandergesetzt. Ich habe nachzuweisen versucht, dass diese Durchströmung für die Gewächse notwendig ist, da mit dem aus den Wurzeln in die Zweige, Blätter, Blüten aufsteigenden Wasser die zum Gedeihen notwendigen Nährsalze den Bildungsherden der organischen Baustoffe zugeführt werden.

Nun ist bekannt, dass die Mykorhizensymbiose die grösste Verbreitung auf humusreichem Boden hat, also auf einem Boden, der, wie Stahl betont, für die Nährsalze, ich brauche diese heute nun nicht mehr aufzuzählen, sehr günstige Absorptionsbedingungen besitzt. Soll nun vielleicht die Mykorhizabildung den verpilzten Pflanzen aus dem Humus die sämtlichen organischen Nährstoffe zuführen?

Wir werden die Frage bejahen im Hinblick auf diejenigen Gewächse, die ganz oder teilweise ihren Entwicklungsgang unter der Erde, also im Dunkeln durchlaufen, nicht aber für jene Mykorhizenpflanzen, die chlorophyllreich und dem Lichte und dessen Wirkung ausgesetzt sind, denn bei solchen kann von einer geschwächten Photosynthese doch kaum die Rede sein.

Diese Erwägungen führen Stahl dahin, anzunehmen, dass es bei den chlorophyllreichen Mykorhizenpflanzen nicht auf die Ausnutzung des Humus als Kohlenstoffquelle ankommen kann, sondern dass „vielmehr der Sinn der Mykorhizensymbiose nach einer andern Seite gesucht werden muss, wobei gewisse Eigenschaften des humösen Substrates von ausschlaggebender Bedeutung sind“. Er stellt sich die Frage auf: „ist nicht etwa Mykorhizenbildung auf humusreichem Boden deshalb besonders verbreitet, weil diesem gewisse Eigenschaften zukommen, welche den grünen Pflanzen mit unverpilzten Wurzeln den Kampf ums Dasein erschweren?“

Welches sind nun diese Eigenschaften? Nun, der Leser kann sich diese Frage unschwer selbst beantworten, indem er einen an Humus reichen Boden näher betrachtet. Er überzeugt sich dann unschwer, dass derselbe zu einem grossen Teil nach allen Richtungen von zahllosen lebenden Pilzfäden, Pilzhyphen durchzogen ist, und dass diese lebenden Myzelien einen wesentlichen Bestandteil des humösen Bodens ausmachen. An diesen Myzelien entstehen später die Fruchtkörper der Schwämme (also die oft sehr ansehnlichen „Hüte“ der Hutpilze, die trompetenförmigen Körper der Craterellus-Arten, die grossen Keulen der Herkuleskeule etc.) und wie verblüffend rasch diese Fruchtkörper gewissermassen aus der Erde „hervorschiessen“, davon hat sich sicherlich auch schon jedermann

überzeugt. Die Bildung derartiger Fruchtkörper setzt eine bedeutende Zufuhr von Nährsalzen voraus, von Nährsalzen vorzugsweise, die zur Bildung der Eiweissverbindungen dienen, wissen wir doch, dass der Eiweissgehalt des Fruchtkörpers von Lycoperdon bovista z. B. bis 50 Prozent des Trockengewichtes beträgt.

Die Pilzhyphen suchen sich also gerade solche Verbindungen, die auch für das Gedeihen höherer Pflanzen unbedingt notwendig sind, aus dem an solchen Nährsalzen nicht überaus reichen humösen Boden anzueignen und in diesem Bestreben werden sie noch durch einen besondern „Sinn" unterstützt, indem sie chemotropisch reizbar sind, d. h. die Fähigkeit besitzen, von verschiedenen, für sie sehr wichtigen, im Wasser gelösten Stoffen angelockt zu werden. Sie sind demnach befähigt, auch minimale Nährsalzquellen im Humusboden ausfindig und sich nutzbar zu machen, sie besitzen daher einen Vorteil, der, so viel wir heute wissen, den Wurzeln der chlorophyllgrünen Pflanzen, die keine chemotropische Krümmungen ausführen, nicht zukommt.

Setzen wir für einen Augenblick voraus, dass zwei chlorophyllgrüne Pflanzen auf einem und demselben Humusboden nebeneinander wachsen, so wird wohl ohne weiteres zugegeben werden müssen, dass diejenige, die eine starke Wasserdurchströmung aufweist, bei der also das aus dem Boden aufgenommene und mit Nährsalzen beladene Wasser rasch wieder aus dem Pflanzenkörper austritt, geschehe dies nun in tropfbarflüssiger Form an den Orten der Hydathodenbildung, oder geschehe dies durch Verdunstung, besser für den Daseinskampf ausgerüstet sein wird, als der Nachbar mit geringer Wasserbilanz. Solche Pflanzen mit starker Durchströmung sind nun in der Regel, wie schon früher hervorgehoben, mykorhizenfrei, während sich die Gewächse mit geringer Durchströmung auf die Weise behelfen, dass sie sich in ein symbiotisches Verhältnis mit Pilzen begeben, mit Pilzen, die sie des selbständigen Erwerbes der Nährsalze entheben, indem diese ihnen schon verarbeitete organische Nahrung zuführen. Stahl hat den Konkurrenzkampf, den mykorhizenfreie Pflanzen auf Humusboden mit den in diesem wuchernden Pilzmyzelien zu bestehen haben, durch eine Reihe von Kulturversuchen veranschaulicht. Es ist nicht notwendig, hier näher darauf einzutreten, es dürfte genügen, auf die Stahl'sche Publikation hingewiesen zu haben.

Es ist nun klar, dass, wenn den mykotrophen Pflanzen die Nährsalze durch die Mykorhiza ganz oder teilweise in schon verarbeiteter Form zugeführt werden, in diesen die Nährsalze selbst jedenfalls spärlicher vorhanden sein müssen, als in auf demselben Boden wachsenden autotrophen, mykorhizenfreien Pflanzen. Stahl hat in scharfsinnigster Weise

auch hiefür den Nachweis geführt, indem er gezeigt hat, dass die zur Bildung der Eiweissstoffe so wichtigen Nitrate bei typischen Mykorhizenpflanzen entweder ganz fehlen oder doch auffallend zurücktreten. Dass auch der Aschegehalt der Blätter mykotropher Pflanzen geringer ist als jener autotropher, ist erklärlich, denn das die autotrophe Pflanze durchströmende Wasser ist natürlich bedeutend stärker mit zum Teil entbehrlichen Substanzen befrachtet als die Nährlösung, die der mykotrophen Pflanze seitens der Mykorhiza zugeführt wird.

Der Sinn der Mykorhizenbildung würde also, um damit dieses Spezialkapitel zu verlassen, darin liegen, durch die Wurzelverpilzung die mykotrophen Pflanzen, denen durchschnittlich eine karge Wasserbilanz eigen ist, zu befähigen, mit den Myzelien des Humusbodens in einen erfolgreichen Konkurrenzstreit sich einlassen zu können, einen Kampf, der die autotrophen Gewächse dank ihrer stärkeren Wasserdurchströmung nicht bedroht.

Diese Erörterungen haben auch ihre praktische Bedeutung. Sie erklären uns ungezwungen, wie es kommt, dass so zahlreiche Pflanzen allen unseren Bemühungen, sie aus der Heide, dem Waldboden, der Alpenmatte zu entführen und in unserm Garten zum Gedeihen zu bringen, trotzen und all' unsere Kunst zu Schanden machen. Der Beispiele könnte ich gar viele erwähnen, ich erinnere aber nur an die Ericaceen, an die Alpenrose, an die Schwierigkeit, unsere einheimischen Knabenkräuter aus Samen zu erziehen etc. etc. Die Schwierigkeit rührt ganz sicher davon her, dass in der Kultur dem mit der Pflanze symbiotisch verbundenen Pilze die nötigen Existenzbedingungen nicht geboten werden. Die Kultur gelingt schon viel eher, wenn wir die zu verpflanzende Alpenrose sorgfältig mit einem grossen Wurzelballen aus dem Erdreich heben, ihr also die feinen Wurzelverzweigungen, die der Sitz der Mykorhizabildung sind, unbeschädigt belassen und sie mit einem genügenden Vorrat an myzelreicher Erde in den Garten verbringen. Mit einigen Pflanzen gelingt die Prozedur auch ohne dass diese Vorsichtsmassregeln besonders beachtet werden, mit den fakultativen Mykotrophen nämlich, die ebensogut mit wie ohne Mykorhiza gedeihen, wogegen die obligatorischen Mykotrophen sich verhalten wie oben ausgeführt.

Das sind Winke, die beachtet sein wollen, wenn wir nicht nutzlos unsere Alpen ihres schönsten Schmuckes berauben wollen.

Zur Kategorie der antagonistischen Symbiose gehören diejenigen heterotrophen Pflanzen, die ihre organische Nahrung oder die notwendigen anorganischen Verbindungen ebenfalls lebenden Organismen entnehmen, dabei aber ihre Wirte schädigen (Parasiten). Mit Kerner

können wir sie, zwecks der übersichtlicheren Darstellung, einteilen in solche, die ganz im Innern des Wirtes leben, solche, die „mit der ganzen Oberfläche der fadenförmigen Zellen oder mit kolbenförmigen Aussackungen derselben aus dem durchsetzten und überwucherten Gewebe des Wirtes Nahrung entnehmen“ und drittens solche, die mit Saugwurzeln oder mit einem die Rolle der Saugwurzel übernehmenden andern Teile in den Wirt eindringen.

Zur ersten Gruppe gehören zahlreiche Spaltpilze, vielleicht noch besser bekannt unter dem Namen Bakterien. Bakterien finden sich nicht nur als Parasiten im Blute der Menschen und Tiere, sondern auch in pflanzlichen Zellen sind diese unheimlichen Gäste nachgewiesen worden. Die Spaltpilze unterscheiden sich von den Pilzen dadurch, dass sie kein Myzel bilden, sie sind im übrigen stets einzellig und so klein, dass sie selbst bei dreitausendfacher Vergrösserung nicht grösser als die Punkte und Kommas eines Buchdruckes erscheinen. Ihre Gestalt ist eine wechselreiche; bald sind sie kugelig, bald stäbchenförmig, andere wieder sind korkzieherartig gewunden. Sie vermehren sich durch Teilung und zwar folgen sich diese so rasch aufeinander, dass, wenn angenommen wird, ein Spaltpilz teile sich innerhalb einer Stunde in 2, diese wiederum in einer Stunde in 4 u. s. w., nach drei Tagen die Zahl der auf diesem Wege entstandenen neuen Individuen bereits auf 4772 Trillionen angewachsen wäre, die ein Gesamtgewicht von 14,836 Zentnern erreichen würden! Wir müssen uns diese enorme Vermehrungsfähigkeit, diese enormen Zahlen vergegenwärtigen, wenn wir verstehen wollen, dass diese Organismen, trotzdem sie zu den winzigsten pflanzlichen Wesen die wir kennen, gehören, dennoch im stande sind, im Tier- und Pflanzenkörper Verheerungen anzurichten, die nur allzu oft in kürzester Frist zum Zerfall des Wirtes führen.

Die Spaltpilze sind chlorophyllfrei und in ihrer totalen Ernährung auf den Wirt angewiesen. Bei ihrer ausserordentlichen Kleinheit können sie unschwer in den Organismus eindringen; jede Spaltöffnung, jeder Nadelstich, jede Verletzung überhaupt öffnet ihnen die Tore. Ihre Rolle bei den ansteckenden Krankheiten ist allbekannt und ich glaube daher, mit diesem kurzen Hinweis mich begnügen zu dürfen.

Die zweite der unterschiedenen Gruppen von schmarotzenden Pflanzen umfasst die zahlreichen parasitären Faden-, Basidien- und Schlauchpilze, die dem Leser gewiss auch in verschiedenen Arten alte Bekannte sind, handelt es sich da doch um eine Reihe von kulturfeindlichen Pilzen, den Getreiderost, den Russtau, das Mutterkorn, den Kartoffelpilz, den Mehltau,

den Gitterrost und wie sie alle heissen, jene kleinen Pilze, deren Hauptaufgabe darin zu bestehen scheint, den Landmann alljährlich um einen Teil der sorgenvoll erharrten Ernte zu kürzen! Gelangen Pilzsporen auf eine Wirtpflanze, so wird das erste Bestreben des kleinen Keimfadens darin bestehen, möglichst rasch in den Wirt hinein zu gelangen, denn nur dann ist das kleine Keimpflänzchen im Stande, sich zu ernähren, zu wachsen und den ihm gesetzten Entwicklungsgang zu durchlaufen. Dieses Bestreben scheint durch chemotaktische Reize, das Eindringen in das Gewebe und das Durchwachsen der Zellmembranen durch die Ausscheidung lösender Enzyme, wohl auch von Säuren und Alkalien unterstützt zu werden. Wächst der Pilzfaden zwischen den einzelnen Zellen, das heisst in den Interzellulargängen, so sendet er durch die Zellmembranen kurze Seitenästchen in das Zellinnere, sogenannte Haustorien, die im Interesse einer möglichst reichlichen Aufnahme häufig am Ende kopfig angeschwollen sind, denn es ist ja klar, dass durch die Oberflächenvergrösserung die Aufnahmefähigkeit entsprechend gesteigert wird. Es wird auf diese Weise nicht nur der Zellinhalt, sondern auch die Zellwand angegriffen und zum Teil als Nahrung verwendet und derartige Zersetzungen und Veränderungen der Struktur der Wirtzellen führen selbstredend zu einer Störung der Funktion und einem schliesslichen Absterben des befallenen Teiles des Wirtes, schliesslich wohl auch zum Tode des Wirtes selbst. Wie schon angedeutet, gehören hierher vermutlich auch die algenbewohnenden Pilze, die sogenannten Flechtenpilze, die ebenfalls feine Saugfäden, Haustorien in die grünen Algenzellen entsenden, um diese ihrer unter dem Einflusse des Lichtes und des Chlorophylls gebildeten Kohlehydrate zu berauben.

Die dritte Gruppe endlich umfasst ausschliesslich Blütenpflanzen, die sogenannten schmarotzenden Phanerogamen, von denen dem Leser in erster Linie die auf Bäumen schmarotzende Mistel, die unsere Kleearten „erwürgende“ Kleeseide, die braun gefärbte Sommerwurz näher bekannt sein dürften. Die paar Vertreter dieser Gruppe, die ich eben aufgezählt habe, zeigen, dass die Art der Nahrungsentnahme und wahrscheinlich auch die Natur der aufgenommenen Nahrung eine sehr verschiedene sein kann: die Mistel ist grün belaubt und sitzt dem Gezweige des Wirtes auf, die Kleeseide ist beinahe chlorophyllos und umwickelt mit ihren bindfadenförmigen Zweigen den Nahrungsspender, wogegen die Sommerwurz (auch Kleeteufel benannt) mit ihren unterirdischen Organen der Wurzel des Wirtes aufsitzt.

So mannigfaltig nun demnach auch Wirt und Gast ihrer systematischen Stellung und der Art der Verknüpfung sein mögen, so ziehen sich

doch allermindestens durch den anatomischen Bau derjenigen Organe, die zur Aufnahme und Leitung der dem Wirte entnommenen Säfte dienen, der Haustorien, bestimmte Baupläne, um deren Diskussion und Klarlegung sich namentlich der schon früher mehrfach genannte Botaniker Haberlandt verdient gemacht hat.

Der anatomische Bau der Haustorien, oder sagen wir kurzweg, des Absorptionssystems wird beherrscht: vom Prinzipe der Oberflächenvergrösserung, denn je grösser die Oberfläche des aufnehmenden Gewebes ist, um so grösser wird im allgemeinen die Menge der aufgenommenen Nahrung sein. Des weitern wird das Absorptionsgewebe peripherisch gelagert sein müssen, denn nur dann wird es mit dem Wirte in unmittelbaren Kontakt treten können. Die der Aufnahme dienenden Elemente werden zartwandig sein müssen, allermindestens quer zur Stromrichtung und die einzelnen Zellen werden daher in der Stromrichtung gestreckt sein. Schliesslich wird dem Absorptionssystem die Ausscheidung von Säuren, Alkalien und Enzymen eigen sein müssen, mittelst welcher die Gewebe des Wirtes gelockert, gelöst, die Zellwände durchbrochen werden.

Die nachfolgenden Ausführungen werden, obschon sie nur skizzenhaft gehalten sein können, dartun, dass die Haustorien der Mistel, der Kleeseide und wie die phanerogamen Schmarotzer alle heissen, in der Tat diesen Anforderungen entsprechen.

Wir können die phanerogamen Schmarotzer einteilen: in solche, die mit überirdischen Organen des Wirtes und solche, die mit der Wurzel des Wirtes in Berührung treten oder wir legen der Einteilung das physiologische Verhalten zu Grunde und unterscheiden Parasiten, die nur teilweise ihre Nahrung dem Wirte entnehmen, im übrigen aber die Fähigkeit besitzen, auch selbst organische Bausteine aus anorganischen Verbindungen zu produzieren und zweitens Schmarotzer, die in ihrer Ernährung voll und ganz auf die Wirtpflanze angewiesen sind. Der folgenden kurzen Darstellung soll der zweite Einteilungsmodus zu Grunde gelegt sein.

Am bekanntesten dürfte wohl die Mistel (Viscum album) sein. Die Gattung Viscum gehört mit Loranthus und noch einigen weitern Genera, die aber nur zum Teil Schmarotzer sind, zur Familie der Loranthaceen. Unsere heimische Mistel kommt sowohl in Europa wie in Asien vor; weitere Arten finden sich in Afrika, Amerika und Australien. Die Mistel schmarotzt, wie der Leser ja weiss, sowohl auf Laub- als auf Nadelbäumen, allerdings nicht unterschiedslos, wie wohl zum Teil bis anhin geglaubt wurde, sondern unter sichtlicher Bevorzugung bestimmter Arten.

Die erste Infektion eines Baumes wird durch Vögel bewirkt, namentlich Drosseln, die die Mistelbeeren als Nahrung aufnehmen und die unverdauten Samen mit den Exkrementen auf Baumästen deponiren. Hier gelangt der klebrige Samen zur Keimung; das Würzelchen wendet sich dabei, sehr oft entgegen dem Gesetze der Schwere, also — geotropisch der Astrinde zu, legt sich dieser an und entwickelt sich zu einem kuchenförmigen Gebilde, der Haftscheibe, die nun einen feinen Fortsatz in- und durch die Rinde des Wirtes treibt, der bis zum Holzkörper vordringt: den sogenannten Senker. Damit wird die Entwicklung für das erste Jahr abgeschlossen. Im nächsten wächst der die junge Mistelpflanze tragende Ast in die Dicke, er bildet einen neuen Holzring (Jahrring), der die Spitze des Senkers umwallt und der das den Senker seitlich umgebende Astrindengewebe nach aussen drängt. Der Senker seinerseits muss sich natürlich, wenn er schliesslich nicht ganz von der sich erweiternden Holzmasse überwallt werden soll, entsprechend verlängern und zwar geschieht dies an seiner Basis, indem sich daselbst eine Zone von Zellen befindet, die sich im selben Verhältnis, wie das Holz sich neue Ringe zulegt, erhöht und so zur Verlängerung des Senkers beiträgt. Von der Basis des Mistelstammes aus gehen des weitern durch die Rinde des Wirtes grünliche, wurzelartige Stränge, die sich vorwiegend in der Längsrichtung des Astes verbreiten (Rindenwurzeln) und von denen aus an zahreichen Punkten neue Senker in den Ast hineingetrieben werden. Diese Rindenwurzeln durchziehen die Äste oft auf weite Strecken und aus ihnen entspringen an entfernterer Stelle Mistelsprosse, die, die Rinde durchbrechend, an das Licht hervortreten.

Die Senker bauen sich aus gross- und weitzelligem Parenchym, dessen polygonale und in zum Nährzweige paralleler Richtung langgestreckte Zellen in Längsreihen gestellt sind, auf. Die Längsreihen dieser Zellen scheinen in nicht sehr enger seitlicher Verbindung zu stehen, da sie sich, wie Graf zu Solms-Laubach berichtet, auf kurze Strecken mit der Nadel in dieser Anordnung auseinanderzerren lassen. Soweit der Senker innerhalb des äussersten Jahrringes des Nährzweiges liegt, enthält er zahlreiche, weite und kurze Gefässe (Tracheiden), die sich mit den Gefässen des Nährholzes in direkte Verbindung setzen. Dies der anatomische Bau der Mistelhaustorien.

Da nun ja sowohl Laubblätter als Stengel der Mistel grün gefärbt sind, also reichlich Chlorophyll führen, so ist klar, dass es die Mistel bei ihrem Parasitismus nicht auf die Kohlehydrate des Wirtes abgesehen haben kann. Der Anschluss der Senker an die trachealen Elemente des Nährastes gibt uns einen Fingerzeig, welches die Stoffe sein werden, die

der Nährast dem Gaste zuzuführen hat: die im Wasser gelösten Salze. Die weitere Verarbeitung derselben überlässt der Wirt dann der Mistelpflanze. Die Mistel ist demnach ein Salzparasit.

Wie die Mistel, so verhalten sich ernährungsphysiologisch auch die verschiedenen, bei uns vertretenen Rhinanthaceen und Santalaceen, wie der Augentrost (Euphrasia), der Klappertopf (Alectorolophus), das Läusekraut (Pedicularis), der Wachtelweizen (Melampyrum) und das Leinblatt (Thesium), nur kommt bei einzelnen von ihnen noch hinzu, dass wir in diesen Familien eine verschiedene Abstufung des Parasitismus konstatiren können, in dem Sinne, dass einige der genannten Vertreter sich anscheinend auch selbständig zu ernähren vermögen. Ich sage anscheinend, denn die Schlussfolgerungen, die aus dem Resultate von Kulturversuchen gezogen werden, sind mit Vorsicht aufzunehmen. Stahl macht mit Recht darauf aufmerksam, dass bei allen diesen Kulturen die in der freien Natur eine so wichtige Rolle spielende Konkurrenz ausfällt und dass, auch wenn es gelingt, Exemplare in Töpfen ohne Mitwirkung von anderen Gewächsen zu kräftiger Entwicklung zu bringen, damit der Beweis noch keineswegs erbracht ist, dass sich diese selben Arten auch entsprechend ausser der Kultur verhalten.

In den ersten Entwicklungsstadien ist an allen diesen Pflanzen von dem Schmarotzertum wenig zu bemerken. Die Samen derselben keimen, treiben eine Hauptwurzel, von der Seitenwurzeln unter rechtem Winkel abgehen und erst, wenn diese Seitenwurzeln eine Länge von ein bis zwei Dezimeter erlangt haben und in Berührung mit dem Wurzelwerk einer ihnen zusagenden andern Pflanze geraten, entwickeln sich an den Kontaktstellen der Wurzeln des Parasiten Saugwarzen, Haustorien, die sich der Wirtwurzel gleich einem Sattel aufsetzen. Das Haustorium sendet nun einen Saugfortsatz in das Wurzelgewebe des Wirtes und dieser Saugfortsatz ist der Sitz des eigentlichen Absorptionsgewebes. Seine Zellen sind gestreckt und breiten sich fächerförmig aus. Wie bei der Mistel, so handelt es sich auch hier sicherlich in der Hauptsache nur um eine Aufnahme der Nährsalze, wir bezeichnen daher auch diese Gewächse kurzweg als Salzdiebe oder Salzparasiten.

Bei der Klee- und Flachsseide (Cuscuta europæa auf Nesseln, Hopfen und vielen andern Kräutern, Cuscuta epithymum auf Klee etc., Cuscuta epilinum auf Flachs) ist der Parasitismus noch einen Schritt weiter gediehen, denn es sind dies wurzel- und blattlose Pflanzen mit fadendünnen, bleichen oder rötlichen, sich um die Wirtpflanzen windenden Stengeln, die nur ganz minime Mengen von Chlorophyll aufweisen und die daher beinahe ihre ganze Nahrung dem Wirte entziehen müssen. Mit dem

windenden Stengel stehen sie mit dem Wirte in organischer Verbindung. An der dem Wirte anliegenden Seite der Stengelwindungen entstehen durch Anwachsen der Epidermis- und Rindenzellen die Haustorien, die sich der Nährpflanze fest anpressen und in diese den Saugfortsatz einschieben. Das Ende des Saugfortsatzes, das Absorptionsgewebe, besteht wiederum aus langgestreckten, haarförmigen Zellen, welche sich pinselförmig ausbreiten und bei der Leinseide zum Teil zwischen den Zellen der Rinde fortwachsen, zum Teil an den Holzring sich anlegen, ja bei Cuscuta europæa durchquert das Haustorium sogar den Holzring des Stengels, um sein Absorptionsgewebe besonders im Marke auszubreiten. Also auch hier wiederum das schon hervorgehobene Bauprinzip: Oberflächenvergrösserung und Streckung der leitenden Zellen bei gleichzeitiger Dünnwandigkeit. Die weitgehende Abhängigkeit vom Wirte manifestirt sich bei den Cuscuta Arten auch dadurch, dass die Keimpflanzen gar keine Keimblätter (Kotyledonen) entwickeln; es ist daher für sie von grossem Vorteil, dass sie verhältnismässig spät keimen, wohl einen vollen Monat später als die Samen anderer Pflanzen, die zur selben Zeit zur Erde gefallen sind.

Die Kleeseide mit ihrem kaum in die Waagschale fallenden minimen Chlorophyllgehalt — der indessen bei ungenügender Ernährung zunehmen soll — führt uns endlich zu der bleichgelben oder braunen Sommerwurz (Orobanche) und der Schuppenwurz (Lathræa), denen Blattgrün überhaupt fehlt. Beide sind Wurzelschmarotzer gleich den Rhinanthaceen; ihre Haustorien werden von demselben Bauprinzip beherrscht wie die der Kleeseide etc. Hinsichtlich der Schuppenwurz, die ihren Namen von den mit dicken, fleischigen, schuppenförmigen Niederblättern besetzten unterirdischen Stengeln (Rhizomen) hat, mag daran erinnert werden, dass sie noch vor ein paar Jahren als eine Pflanze aufgefasst wurde, die zum Teil von getöteten Tieren, zum Teil von den aus lebenden Wirtpflanzen gesaugten Säften lebe. Letzeres ist, wie wir nun wissen, richtig, dem Tierfang dagegen liegt sie nicht ob, sondern die eigenartigen Drüsen, die sich auf der Innenseite der fleischigen Schuppenblätter befinden, dienen, wie Göbel und Haberlandt gleichzeitig wahrscheinlich gemacht haben, der Wasserabsonderung, sind also als Hydathoden zu bezeichnen.

Was nun neueren und sorgfältigen Untersuchungen zufolge für Lathræa nicht zutrifft, der Tierfang und die teilweise Ernährung durch gefangene Tiere, das finden wir verwirklicht bei einer grossen Zahl von Pflanzen — es sollen deren fünfhundert sein —, die nach dem Vorschlage Darwins als Insektivoren bezeichnet werden. Da nach unserer Auffassung das Fangen von Insekten und deren teilweise Verdauung

nicht etwa bloss ein zu „entbehrender Sport“ der in Frage stehenden Gewächse ist, sondern ernährungsphysiologisch für dieselben von eben so grosser Bedeutung ist wie für viele Saprophyten das Vorhandensein oder das Ausbleiben des Mykorhizapilzes, so haben wir an dieser Stelle auch noch kurz auf diesen besonderen Modus der Nahrungseinverleibung einzutreten. Insektenfressende Pflanzen finden sich nicht bloss in jenen Zonen, die sich eines ewigen Sommers erfreuen, in den Tropen, sondern sie sind auch in unseren weniger bevorzugten Erdstrichen reichlich vertreten.

Die bekannteste und für uns am leichtesten zu beschaffende insektenfressende Pflanze ist der Sonnentau, der sich im Sumpfgebiet des unfernen Katzensees, bei Robenhausen, wo unsere Vorahnen einst gehaust haben, am Hütten- und Türlersee etc. in mehreren Arten zu Tausenden findet.

Die Gattung Drosera umfasst zirka 100 Arten, von denen die gemeinste, die Drosera rotundifolia, der rundblätterige Sonnentau, eine sehr grosse Verbreitung hat, erstreckt sie sich doch von Lappland durch ganz Skandinavien und Grossbritannien über Deutschland, die Schweiz und die Alpenkette nach Frankreich, Spanien, Italien und östlich bis zum Libanon, durch das ganze europäische Russland und ganz Sibirien bis zu den fernen Aleuten am Beringsmeere und ostwärts durch ganz Kanada hindurch bis zum Polarkreise, in den Vereinigten Staaten bis südwärts zum Golf von Mexiko.

Der rundblätterige Sonnentau — ich beschränke mich in der Schilderung dieser Gattung auf diesen einen Vertreter — wurzelt vorzugsweise auf feuchtem, dunkelm Moorboden, wie ein solcher den bereits angeführten Lokalitäten eigen ist. Die gestielten, kreisrunden Laubblätter, die kaum die Grösse eines Einrappenstückes haben, stehen in einer gedrängten Rosette um den zentralen, blütentragenden, schlanken Stengel, und zwar pflegen die untersten Blätter dem Boden etwas angedrückt zu sein.

Was beim Anblick dieses schmächtigen Pflänzchens zunächst auffällt, das sind die weichen, weinroten, an den freien Enden kolbenförmig verdickten und mit einem glänzenden Tröpfchen besetzten Wimpern, die vom Blattrand sowohl wie von der obern Blattfläche abstehen und die in ihrer Gesamtheit dem Pflänzchen einen ganz besonderen Reiz verleihen. Diese Wimpern sind von ungleicher Länge, am kürzesten sind jene, die vom Mittelfelde des Blattes senkrecht aufragen, am längsten die, welche vom Rande ausstrahlen. In runder Zahl kommen auf ein Blatt 200 Wimpern.

Das kolbenförmige Köpfchen am freien Wimperende ist als eine Drüse aufzufassen. Es scheidet eine helle, klebrige, zähflüssige, leicht in Fäden ausziehbare Masse ab, die im Sonnenschein wie ein Tautröpfchen schimmert und glänzt, welche Eigenschaft auch zu der sinnigen Bezeichnung „Sonnentau“ Veranlassung gegeben hat.

Auf einem Rundgang um den Katzensee begriffen, stossen wir auf einen Sonnentaurasen und nun fassen wir einmal ein einzelnes Pflänzchen etwas näher ins Auge.

Die Wimpern sind alle ausgebreitet. Da naht sich eine kleine Mücke. Verleitet durch die hübschen Tröpfchen am Ende der Wimpern oder Tentakeln, wie man diese auch nennt, lässt sie sich auf eines der Blättchen herab, um den Honig zu kosten. Kaum in Berührung damit getreten, umfliesst die zähe Flüssigkeit die Füsschen des Tierchens, das nun seinerseits verzweifelte Anstrengungen macht, um sich der tückischen Umgarnung zu erwehren, aber je ungestümer die Bewegungen werden, mit umsomehr Tentakeln kommt es in Kontakt; nach wenigen Minuten erlahmt es und versinkt in dem schimmernden Kristallgrab. Die klebrige Masse verstopft die Luftgänge des Opfers und ein rascher Tod ist die Folge.

Damit ist die Tätigkeit des mordenden Blättchens aber noch nicht erschöpft. Noch während das gefangene Tierchen seine Befreiungsversuche macht, beginnen die Tentakeln, mit denen es in Berührung geraten ist, sich einwärts zu krümmen; der Reiz wird rasch weitergeleitet, andere, entfernter stehende Wimpern krümmen sich gleichfalls, und zwar in der Richtung nach dem Gefangenen zu, und nach einiger Zeit sind die sämtlichen Wimpern über die Leiche gebogen. Gleichzeitig beginnt nun auch die ganze Blattfläche hohl zu werden, indem die Seitenränder sich aufwärts schlagen und sich fast bis zur Berührung einander nähern. Das Blatt gleicht nun einer Faust mit nach innen gekrümmten Fingern.

Merken wir uns das Pflänzchen und sehen wir nach ein paar Tagen wieder nach, so finden wir zu unserer Überraschung, dass sich nun das Blättchen wieder ausgebreitet hat, die Wimpern strahlen wieder ab. Von der gefangenen Mücke aber finden wir nur noch einige wenige Reste, die Flügel, Beinchen, überhaupt die resistenten, chitinösen Teile. Die Pflanze hat die verdaubaren Partien in sich aufgenommen und damit die Bezeichnung Insektenfresser voll und ganz gerechtfertigt.

Auf den Vorgang der Verdauung und deren Begleiterscheinungen komme ich später zurück, vorläufig gestatte der Leser, dass ich ihm noch einige andere Insektivoren vorführe.

Er versetze sich mit mir in Gedanken an den Rand eines Torfmoores in Nord- oder Südkarolina.

Dort wächst ein zierliches Pflänzchen, das schon seit 130 Jahren als Dionæa muscipula oder Venusfliegenfalle bekannt ist. Wie beim Sonnentau, so sind auch hier die fünf bis mehr Blättchen rosettenförmig um den blütentragenden Schaft gruppirt. Jedes Blatt besteht aus einem spatelförmigen, flachen Blattstiel, der nach vorn zu abgestutzt und plötzlich auf die Mittelrippe zusammengezogen ist, und aus der rundlichen Blattspreite. Diese letztere ist durch den Mittelnerven in zwei gleich grosse Hälften geteilt, welche, wie die Blätter eines halbgeöffneten Buches, gegeneinander geneigt sind. Der rechte wie der linke Blattrand läuft in je 12 bis 20 spitze, lange Zähne aus, die aber weder eine Drüse noch sonst irgend ein besonderes Gebilde an ihrer Spitze tragen. Auf dem Mittelfelde einer jeden Blattfläche finden sich je drei steife und spitze Borsten, die von der Blattfläche in die Höhe ragen. Sie bestehen aus zwei Teilen: einem pfriemlichen oberen und einem verbreiterten untern Teile. Beide sind voneinander durch eine Einschnürung, das sogen. Gelenk, getrennt. Ausser diesen Borsten finden sich auf der obern Blattfläche zerstreut, rotgefärbte sitzende Drüsen vor, die aus zirka 28 kleinen Zellen gebildet sind und die zur Ausscheidung einer schleimigen Flüssigkeit befähigt sind.

Berührt man nun eine der sechs Borsten, oder reibt man etwas energisch die Ober- oder auch die Unterseite eines Blattes, so klappen die Blattflächen sofort zu. Die am Saume stehenden Zähne greifen ineinander wie die Finger zweier verschränkter Hände und die beiden zusammengedrückten Blatthälften, die vordem flach waren, werden im Augenblicke des Zusammenklappens etwas vertieft, so dass sie einen Hohlraum umschliessen, der ungefähr dem Volumen einer kleinen Bohne entspricht. Stellt man sich vor, es sei ein anfliegendes Insekt gewesen, das, angezogen durch die roten Drüsen, eine der Borsten berührt habe, so wird dieses von den zusammenklappenden Blatthälften gefangen und muss nun in dem Hohlraum elend ersticken, jedenfalls wird es zerdrückt. Die sechs Borsten spiessen nicht, wie man früher wohl angenommen hat, das Insekt auf, sondern legen sich um, wobei das erwähnte Gelenk als Charnier funktionirt.

Nach einiger Zeit, nach acht, vierzehn oder mehr Tagen öffnet sich das Blatt wieder, es klappt auseinander und die Borsten strecken sich gerade; von dem Opfer aber sind nur die Klauen, die Beinschienen, Ringe etc übrig geblieben.

Eine andere, in mehrfacher Beziehung an die Venusfliegenfalle erinnernde insektenfressende Pflanze ist die im Südwasser lebende, wurzellose Aldrovandie, die z. B. in Tümpeln unweit des Bodensees auf österreichischem Boden nicht selten ist, dann aber auch in Norddeutschland, im Mittelmeergebiet, in Australien und in Indien, wo vermutlich ihre Heimat ist, vorkommt.

An dünnem, fadenförmigem, hinten sukzessive absterbendem Stengel trägt sie wirtelig gestellte Blätter, die, gleich denen der Venusfliegenfalle, in einen nach vorn zu keuligen Blattstiel und in eine dünnhäutige, im Umriss rundliche Blattspreite sich gliedern. Die Blattfläche besteht gleichfalls aus zwei durch die Mittelrippe verbundene Hälften, die etwas gegeneinander geneigt sind.

Die Mittelrippe ragt als Borste über die Blattfläche und einige weitere lange, fein bestachelte Borsten entspringen knapp neben jener Stelle, wo sich der Blattstiel an die Blattfläche, deren Rand etwas einwärts gekrümmt ist, ansetzt. Die Oberseite der Blattfläche ist mit spitzen Börstchen besetzt, die einen eigenartigen Bau zeigen, auf den ich indessen hier nicht eintreten kann, ausserdem finden sich, über die Blattfläche zerstreut, zahlreiche kurzgestielte Drüsen vor, die in ihrem Bau an die entsprechenden Organe der Venusfliegenfalle erinnern, und endlich noch vierarmige Sternenhaare, die vermutlich Schleim absondern. Die Aldrovandie ist also im wesentlichen, was den Blattbau anbetrifft, nichts als eine im Wasser lebende und entsprechend vereinfachte Venusfliegenfalle.

Die Art und Weise ihrer Reizbarkeit entspricht auch der ihrer amerikanischen Schwester. Berühren im Wasser sich tummelnde Krebschen u. s. w. eine der Blattflächen, namentlich eine der Borsten auf der Spreite, so klappen die Hälften zusammen und das Tierchen sitzt nun in einem Käfig. Einem etwaigen Versuche des Gefangenen, an jener Stelle zu entweichen, wo die gegeneinandergeschlagenen Blatthälften sich aufeinander legen, wird durch den umgelegten, mit spitzen Zähnen bewehrten Blattrand gewehrt. Das gefangene Tier vermag in seiner Falle noch einige Tage zu leben, schliesslich aber hören dessen Bewegungen und Lebensregungen auf, und es beginnt nun die Verdauung der nicht chitinösen Teile.

Wesentlich anders verhalten sich die Vertreter einer zweiten Gruppe von Insektivoren, die zwar gleichfalls dem Geschäfte des Insektenfanges obliegen, aber zu diesem Zwecke keine besonderen Bewegungen ausführen. Zu diesen gehört von einheimischen Pflanzen der Wasserschlauch (Utricularia), der in etwa 200 Arten über den ganzen Erdkreis, mit Ausnahme der Polarregion, verbreitet ist. Die Fangvorrichtungen dieser

stellen kleine Blasen dar, deren Mundöffnung durch eine vom einwärts geschlagenen Rande gebildete Klappe verschlossen ist, welche wohl ein Eindringen in den Hohlraum der Blase gestattet, aber eine Rückkehr aus demselben verunmöglicht.

Unsere einheimischen Utricularien — es kommen mehrere Arten in jedem Torftümpel in nächser Nähe vor — sind gleich der Adrovandie wurzellose Wasserpflanzen, die an langen, verzweigten Stengeln haarförmig zerschlitzte Laubblätter und die erwähnten, früher als Schwimmapparat gedeuteten Blasen tragen. Die Blasen unserer gemeinen Utricularia haben ungefähr die Grösse eines Pfefferkorns. Vor der Öffnung einer jeden Blase stehen schleimabsondernde Härchen, die möglicherweise als Köder dienen. Auf der Innenseite der Blasenwand sitzen zahlreiche, vierarmige Haare, auf deren Funktion noch zurückzukommen sein wird.

Fischt man aus irgend einem Tümpel eine Utricularia und untersucht man die Blasen, so findet man die Mehrzahl derselben mit allerlei Wassertierchen, die in allen Stadien der Zersetzung begriffen sind, gefüllt vor Diese Tierchen haben sich selbst gefangen, indem sie durch die Mundöffnung hineingeschlüpft sind; einmal drin, konnten sie nicht mehr entfliehen, denn die Klappe lässt sich von innen nicht wegdrücken, da sie mit ihrem freien Rande auf einem vorspringenden Wulste der Unterlippe aufliegt. Dass auch in diesem Falle eine Verdauung den Prozess abschliesst, wird der Leser noch später hören. Beiläufig bemerkt, sind nicht alle Utricularien Wasserbewohner, einige aussereuropäische Vertreter sind Landpflanzen und wachsen zwischen Moos, liegen aber auch dem Insektenfang ob.

Von den Torftümpeln unserer Heimat führe ich den Leser nun in die Tropen, nach den herrlichen Inseln des malaischen Archipels, wo sich die Natur in bizarren Formen das Unglaubliche leistet. Dort, in den ewig feuchten Urwäldern, ist die Heimat der Kannenpflanze, der Nepenthes-Arten. Es sind Halbsträucher, die mittelst Blattranken klettern und die am Ende der rankenartig verjüngten Blattenden aufrecht gestellte Kannen von bis zu 50 *cm* Länge tragen. Nepenthes Rajah z. B. besitzt Kannen, welche bei einer Länge von bis zu einem halben Meter eine Mündungsweite von 12 *cm* zeigen und die sich unterhalb derselben bis zu 14 *cm* erweitern, so dass also eine Taube vollständig darin geborgen wäre. Über die Kannenmündung, die durch einen dicken Ring versteift ist, wölbt sich ein Deckel, der den Schlauch vor hineintropfendem Regenwasser wirksam schützt.

Im Kruginnern können wir zwei Zonen unterscheiden, eine sogenannte Gleitzone, die sich unmittelbar an den Kragen anschliesst, und eine untere sogenannte Drüsenzone. Die Gleitzone ist durch einen glänzenden, ausserordentlich schlipferigen Wachsüberzug ausgezeichnet: ein Insekt, das, angelockt durch die am Kragen sitzenden, honigabsondernden Drüsen, sich ins Innere der Kanne wagt, gleitet unfehlbar auf dieser Schlipfbahn aus und fällt auf den Grund der Kanne.

Die Drüsenzone ist, wie schon der Name besagt, mit zahllosen kleinen Drüsen besetzt, die alle eine süssschmeckende Flüssigkeit ausscheiden, die gewöhnlich die Kanne bis etwa zur Hälfte füllt. Diese Flüssigkeit kann nicht von aussen hinein gekommen sein, denn wir konstatiren ihr Vorhandensein bereits in jugendlichen Kannen, an denen der Deckel noch dem Kragen aufliegt.

Die Kannen der verschiedenen Arten sind oft wunderbar schön gefärbt, ihre Farbenpracht steht wenig hinter der unserer seltsamsten Blüten; auf gelblichgrünem Untergrund zeigen sich häufig purpurene Flecken und Adern, manche sind gegen die Mündung zu bläulich, violett oder rosenrot, oder ganz purpurrot, wie mit Blut überlaufen. Aus den bei Blüten gemachten Erfahrungen dürfen wir schliessen, dass dies Lockfarben sind, die den Zweck haben, Insekten anzulocken. Die Honigdrüsen der schimmernden Aussenseite führen den Besucher gegen die Mündung der Falle und auf deren Kragen: ein Sturz und das Tierchen muss seine Naschhaftigkeit mit dem Tode bezahlen, denn ein Entweichen aus der Grube gibt es nicht.

Grosse Ähnlichkeit mit einer kleinkannigen Nepenthes zeigt die Gattung Cephalotus, die mit ihrer einzigen Art an einer beschränkten Stelle im westlichen Australien wächst. Der Fangapparat ist auch hier in der Form einer bedeckelten Kanne ausgebildet, nur fehlt hier die eigentliche Blattspreite und das verjüngte Verbindungsstück, dass bei Nepenthes als Ranke dient.

Die Kannen liegen hier direkt dem Boden auf und werden von geflügelten und ungeflügelten Tierchen besucht. Die Honigsucher geraten dabei auf den sehr glatten und, wie bei Nepenthes, sehr schlipferigen Kragen, der die Mündung verstärkt, und gleiten dann leicht in die Tiefe.

Da die Krüge bis zur Hälfte mit Flüssigkeit gefüllt sind, so erleiden die meisten der verunglückten Nascher den Tod durch Ertrinken. Aber auch dann, wenn dies nicht der Fall sein sollte, gelingt es ihnen nimmermehr, sich zum Tageslicht emporzuarbeiten. Es sind nämlich für jedes Tier, welches aus dem Grunde eines Kruges sich retten will, drei Wehren

zu überwinden: zunächst eine in das Innere des Kruges vorspringende Ringleiste, dann ein Stück Wand, welches mit abwärts gerichteten, starren und spitzen Papillen dicht besetzt ist und endlich noch an dem einwärts gerollten Mundrand des Kruges ein Besatz von hakenförmig abwärts gekrümmten Stacheln, der denjenigen Tieren, welche die beiden erstgenannten Schwierigkeiten siegreich überwunden haben, gleich einer Speerwand entgegenstarrt.

Schliesslich sei noch zweier amerikanischer Insektivoren gedacht, der Gattung Sarracenia und der kalifornischen Darlingtonia. Beide fangen ihre Opfer in Kannen, und bei beiden sind sowohl Gleit- wie Drüsenzone ausgebildet. Bei den meisten Sarracenien stehen die Kannen aufrecht und sind gegen das Eindringen von Regenwasser durch einen Deckel geschützt, bei der Darlingtonia californica und auch bei der Sarracenia purpurea aber liegen die Kannen horizontal, die Art der Anlockung und des Fanges ist im übrigen nicht verschieden von den für Nepenthes und Cephalotus geschilderten Einrichtungen. Hier wie dort haben wir die Anlockung besorgende Lockfarben und honigabsondernde Drüsen, hier wie dort Gleitflächen, ja bei Sarracenia purpurea befinden sich auf der Innenseite des ansehnlichen Kragens ausserdem noch zahlreiche Haare, welche abwärts gerichtet sind und die in ihrer Gesamtheit gewissermassen eine Reuse bilden.

Es sei mir nun, nachdem ich dem Leser die interessantesten der als Insektenfresser bezeichneten Pflanzen im Worte nähergerückt habe, gestattet, auch noch kurz auf das weitere Schicksal, das der von den Droserawimpern gefangenen oder in den Kannen ertrunkenen Tiere harrt, einzutreten. In dieser Beziehung teilen wir zweckmässig die Carnivoren in zwei Gruppen ein: in eine Gruppe, deren Vertreter dadurch ausgezeichnet sind, dass sie eine echte Verdauung aufweisen, die in jeder Beziehung mit der in unserem Magen stattfindenden Verdauung in Parallele gesetzt werden kann, währenddem die Vertreter der zweiten Gruppe einer solchen nicht fähig sind. In allen Fällen aber findet eine Aufnahme der Zersetzungsprodukte statt. Der Einfachheit halber sei zuerst der Vertreter der zweiten Gruppe gedacht.

Ich stelle voran die amerikanischen Sarracenien.

In erster Linie ist der Nachweis zu erbringen, dass die Schläuche in der Tat befähigt sind, Wasser und in diesem gelöste stickstoffhaltige Stoffe in beträchtlicher Menge aufzunehmen. Zu diesem Zwecke bringt Göbel in einen leistungsfähigen Schlauch 10 cm^3 sehr verdünnten Fleischsaft und verschliesst die Schlauchöffnung mit einem Kork, über den leichtflüssiges Paraffin gegossen wird, so dass kein Wasser verdunsten kann.

Nach zweimal 24 Stunden sind von der Kanne 2,5 cm^3 der Flüssigkeit resorbirt. Wird der Rückstand untersucht, so stellt sich heraus, dass derselbe voll von Bakterien ist und eine starke Trübung und Fäulnisgeruch angenommen hat. Dasselbe Resultat, wenn wir anstatt Fleischsaft Brunnenwasser nehmen und in dasselbe Tierleichen, also Fliegen usw. bringen und dabei dieselben Vorsichtsmassregeln beobachten, um die Verdunstung zu verhindern. Die Leichen zerfallen, gehen in Zersetzung über und die Flüssigkeit wird teilweise von der Schlauchwand aufgenommen. Wird die Flüssigkeit vorher angesäuert, wodurch die Entwicklung von Fäulnisbakterien hintangehalten wird, so findet keine Zersetzung der Leichen statt.

Diese Versuche beweisen: 1. dass die Schläuche keine eiweisslösende und auch keine fäulnishemmende Stoffe ausscheiden, und 2. dass das Schlauchinnere befähigt ist, Wasser und die darin aufgelösten Stoffe aufzunehmen. Welche Stoffe es sind, die seitens der Schläuche aus den zersetzten Tierkörpern aufgenommen werden, ist uns zur Stunde noch unbekannt. Etwas anders verhält sich der australische Cephalotus follicularis. Wohl scheidet die Innenseite der Kanne eine Flüssigkeit aus, die dieselbe etwa bis zur Hälfte zu füllen vermag, aber diese besitzt keine verdauende Wirkung, denn Fleischstückchen usw. zerfallen in der Kannenflüssigkeit nicht rascher als ausserhalb derselben, aber, und das ist das Interessante, es tritt keine Fäulnis ein und zwar niemals. Dieser fäulnishemmende Stoff, der also bewirkt, dass keine Fäulnisbakterien zur Entwicklung kommen, muss sich in der abgeschiedenen Flüssigkeit befinden; welcher Art er aber ist, entzieht sich vorderhand noch unserer Kenntnis.

Sarracenia und Cephalotus haben demnach das Gemeinschaftliche, dass bei beiden der Zerfall der gefangenen Tiere auf der Tätigkeit von Bakterien beruht, bei Sarracenia tritt Fäulnis ein, bei Cephalotus aber wird diese unterdrückt.

Sehen wir uns nun auch die Vorgänge bei unserer einheimischen rundblätterigen Drosera etwas näher an. Wir erinnern uns, dass, wenn ein stickstoffhaltiger Gegenstand (Mücke) mit den Drüsenköpfchen der Wimpern in Berührung getreten ist, dieselben rasch eine reichere Schleimabsonderung zeigen, die unterbleibt, wenn der auf das Blatt gelegte Fremdkörper z. B. ein Glas- oder Kohlensplitter ist. Dieser abgesonderte Schleim reagirt sauer, kein Wunder, wenn wir daher auch an den Tierleichen keine Fäulnis beobachten. Das Eiweisstückchen wird nun aber zusehends kleiner, es findet also sicherlich eine Auflösung desselben statt, aber nicht durch die Tätigkeit von Bakterien wie bei Cephalotus,

denn wenn wir mit dem in Auflösung begriffenen Eiweisswürfel Infektionsversuche auf geeigneter Nährgelatine, auf der Bakterien sich sehr leicht zu Kolonien entwickeln, ausführen, so können wir keine Spur dieser Organismen nachweisen.

Was bewirkt dann die Auflösung? Das ist der von kurzen Drüsen abgesonderte Schleim, der den Charakter eines Enzyms besitzt, und in seiner Wirkung jenem des Magensaftes entspricht.

Dieselben Phasen der sukzessiven Auflösung und Aufnahme des stickstoffhaltigen Fremdkörpers beobachten wir nun auch, ich will nicht mehr ausführlich darauf eintreten, auf den Blättern des Fettkrautes, in den Kannen der Nepenthes und bei der Venusfliegenfalle. In allen diesen Fällen konstatiren wir einen Zerfall des gefangenen Tieres bei Abwesenheit von Mikroorganismen, Unterdrückung von Fäulnis und Aufnahme der gelösten Stoffe.

Weniger zugänglich solchen Untersuchungen sind natürlich die im Wasser lebenden Utricularien und die Adrovandie, man wird indessen kaum fehl gehen, wenn man annimmt, dass bei ihnen ungefähr dieselben Vorgänge eintreten werden wie beim Sonnentau.

Und nun wird der Leser schliesslich auch wissen wollen, ob denn die geschilderten, teilweise so komplizirten Einrichtungen für die betreffenden Pflanzen auch wirklich von Vorteil sind, wissen wollen, ob sie nützlich, ob sie notwendig sind.

Was die Nützlichkeit der Insektennahrung anbetrifft, so ist darüber schon viel pro und contra geschrieben worden, heute steht sie mindestens für einige Insektivoren ausser Zweifel.

Entscheidend sind in dieser Beziehung die Versuche, die im Laufe des letzten Jahrzehnts von Büsgen ausgeführt worden sind.

Es ist eine längst bekannte Tatsache, dass die Blätter des Sonnentaus, der Venusfliegenfalle und auch des Fettkrautes nach zu oft wiederholter Fütterung ihre Verdauungsfähigkeit verlieren, schwarz werden und absterben, ja mitunter ist ein Blatt nach einer ersten Verdauung schon für eine längere darauffolgende Zeit unempfindlich, ja erlangt die Reizbarkeit überhaupt nicht wieder. Solche Erfahrungen sind schon häufig gemacht worden, sie wiegen indessen bei näherm Zusehen nicht allzuschwer. Wenn man bei einem normalen Menschen die Verdauungstätigkeit studiren will, so wird man, sagt Göbel, ihn auch nicht zu diesem Zwecke mit Käse überfüttern.

In überaus sorgfältiger Weise ist die Frage nach der Nützlichkeit der Insektennahrung von Büsgen in Angriff genommen worden. Dieser Forscher ist bei seinen Versuchen von den Samen ausgegangen: er hat

auf mit Nährlösung getränkte Torfstücke rundblätterigen Sonnentau ausgesät und hat dann von den daraus sich entwickelnden Keimpflänzchen achtzehn in regelmässiger Weise gefüttert, achtzehn anderen dagegen hat er jede Fleischnahrung vorenthalten, im übrigen aber alle 36 Stück gleich behandelt. Im zweitfolgenden Sommer blühten die Pflänzchen und setzten dann auch Samen an.

Aus der Reihe der Hauptresultate erfahren wir, dass von den gefütterten 18 Pflanzen 14 zusammen 17 Blütenstände besassen, von den ungefütterten 18 zusammen nur 7 Blütenstände. Ferner hatten 15 gefütterte Pflanzen zusammen 126 Blätter, 16 ungefütterte dagegen nur 96.

Die letzten Zweifel an dem Vorteile der Fütterung für unsere Pflanzen beseitigt die Bestimmung des Trockengewichtes. Sie ergab:

für die gefütterten Pflanzen 0,352 *gr*,
für die ungefütterten Pflanzen 0,119 *gr*.

Ähnliche Versuche mit entsprechenden Resultaten sind nun auch für andere Insektivoren ausgeführt worden und die Nützlichkeit der Fleischnahrung steht daher, wie uns scheinen will, für diese mindestens ausser Zweifel.

Eine Einrichtung, die nützlich ist, braucht nun allerdings noch nicht unter allen Umständen auch notwendig zu sein und es mangelt auch nicht an Stimmen, die dies ganz besonders betonen. Wir schliessen uns Stahl an, der sich dahin ausspricht, dass Laboratoriumsversuche über diese wie andere ähnliche biologische Fragen nicht entscheiden können, da bei derartigen Kulturversuchen der Konkurrenzkampf, der Kampf um die Nährsalze ausgeschaltet zu sein pflegt.

Wahrscheinlich sehen es die Carnivoren bei der Erwerbung tierischer Nahrung nicht nur auf die Aneignung von Stickstoffverbindungen, sondern ebensosehr auf die Zufuhr wichtiger mineralischer Nährstoffe — von Kali und Phosphorsäure deutet Stahl an — ab, und hier wird die physiologische Forschung auch zunächt einzusetzen haben, wenn unsere Kenntnisse und unser Verständnis des Tierfanges gefördert werden soll.

Dem Leser dürfte es nun auch klar geworden sein, warum die Insektivoren in unserem Vortragscyklus im Anschluss an die heterotrophen Pflanzen zur Darstellung gelangt sind und gelangen mussten, handelt es sich doch auch bei jenen um die Erwerbung von Verbindungen aus zweiter Hand, von Verbindungen, die ihnen der Boden nicht oder nur in zu geringen Mengen zur Verfügung stellt. Die Insektivoren sind daher gewissermassen ein Gegenstück zu den Mykorhizenpflanzen.

Empfehlenswerte Literatur.

Pfeffer: Pflanzenphysiologie, II. Auflage, I. Band (1897).
Verworn: Allgemeine Physiologie, II. Auflage (1897).
Frank: Lehrbuch der Botanik, I. Band (1892).
Haberlandt: Physiologische Pflanzenanatomie, II. Auflage (1896).
Kerner: Pflanzenleben, II. Auflage, I. Band (1891).
Hansen: Die Ernährung der Pflanzen, II. Auflage (1898).
Sachs: Pflanzenphysiologische Vorlesungen (1892).
Göbel: Pflanzenbiologische Schilderungen (1889—1893).
Stahl: Der Sinn der Mykorhizenbildung (1900).