

VII. Ernährungsgenossenschaften.

1. Die Flechten.

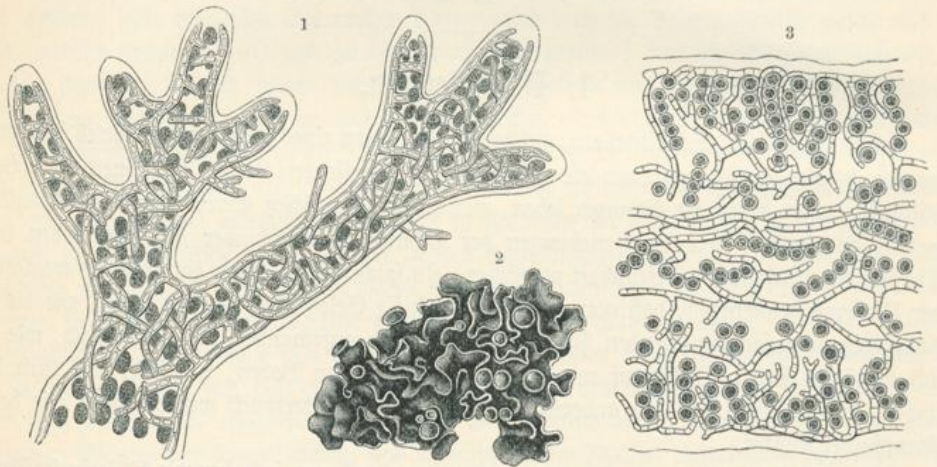
Von botanischen Schriftstellern, welche die Vegetation eines begrenzten Gebietes schildern, werden häufig die Pflanzenarten als „Bürger“ des betreffenden Landes bezeichnet. Die Verhältnisse, unter denen die Pflanzen leben, werden mit staatlichen Einrichtungen in Parallele gestellt und insbesondere die Beziehungen der Pflanzen untereinander mit dem Leben und Treiben der menschlichen Gesellschaft verglichen. Zu solchen Vergleichen hat nicht am wenigsten der Umstand beigetragen, daß man in der Tat häufig Gelegenheit hat, zu sehen, wie die in einer Gegend zusammenlebenden Pflanzenarten vielfach aufeinander angewiesen sind, wie sie sich in einem steten Wettkampf um die Nahrung, um den Boden, um Licht und Luft befinden, wie die einen von den anderen ausgebeutet und unterdrückt werden, ganz wie beim Kampfe der Völker.

Was die Ausbeutung der einen durch die anderen anlangt, so haben wir die äußerste Form der einseitigen Ausnutzung im Parasitismus kennen gelernt und trotz des festgeknüpften Verhältnisses, welches der Parasit mit seinem Wirt eingeht, können wir hier nicht von einer Genossenschaft reden. Der Wirt, dem der Schmarotzer sich aufgedrängt hat, deckt den Tisch, liefert die Speisen und Getränke, ohne bezahlt zu werden. Ja, er hüßt sogar zum Dank sein Leben ein. In neuerer Zeit hat man aber Verhältnisse zwischen Pflanzen kennen gelernt, die äußerlich wohl das Aussehen des Parasitismus haben, aber bei näherer Untersuchung als ein friedlicheres Zusammenleben erscheinen, zuweilen zu beiderseitigem Vorteil, in anderen Fällen allerdings auch von einer gewissen Einseitigkeit, aber dann zum Vorteil der höher gearteten Pflanze. Ein solches auffallendes Gegenseitigkeitsverhältnis, welches man als Symbiose bezeichnet, liegt vor bei der formenreichen Pflanzenabteilung, die als Flechten bekannt sind.

Ihre Vertreter sind vom Meeresgestade bis zu den höchsten bisher von Menschen erreichten Felsgipfeln des Hochgebirges und von den Tropen bis in die arktische und antarktische Zone verbreitet. Als Genossen erscheinen in den Flechten einerseits Gruppen und Ketten rundlicher, ellipsoidischer oder scheibenförmiger, grüner oder blaugrüner Zellen, die man als Algen erkannt hat, und andererseits chlorophyllose, schlauchförmige Zellen oder Hyphen, wie wir sie bei den Pilzen kennen gelernt haben. Nachdem man lange Zeit nicht zu erklären gewußt, daß der Flechtenkörper stets aus algenähnlichen Zellen und pilzähnlichen Fäden zusammengesetzt war, erkannte man endlich, daß es sich um eine Vereinigung wirklicher Algen und Pilze handelte und die Flechten gar nicht mit den übrigen Pflanzen einheitlicher Abstammung

zu vergleichen seien. Das wurde noch klarer, als es gelang, Algen und Pilze aus dem Flechtenkörper zu trennen und für sich zur Entwicklung zu bringen und andererseits durch Zusammenbringen von Flechtenpilzen mit Algen künstlich Flechten zu erziehen.

Ein großer Teil dieser Flechten erscheint in Form von Krusten auf Steinen, Erde, Borke und altem Holzwerk, oder aber der ganze Flechtenkörper ist eingenistet und eingebettet in die Vertiefungen der verwitterten Steinoberfläche oder zwischen die Zellwandungen abgestorbener Holz- und Rindenteile, so daß man auf sein Vorhandensein oft nur durch die veränderte Färbung der Unterlage und durch die über die Unterlage emporgehobenen Sporenträger aufmerksam gemacht wird. Man nennt solche Flechten Krustenflechten. An diese reihen sich als eine zweite große Gruppe die Laubflechten an, deren Körpergestalt am

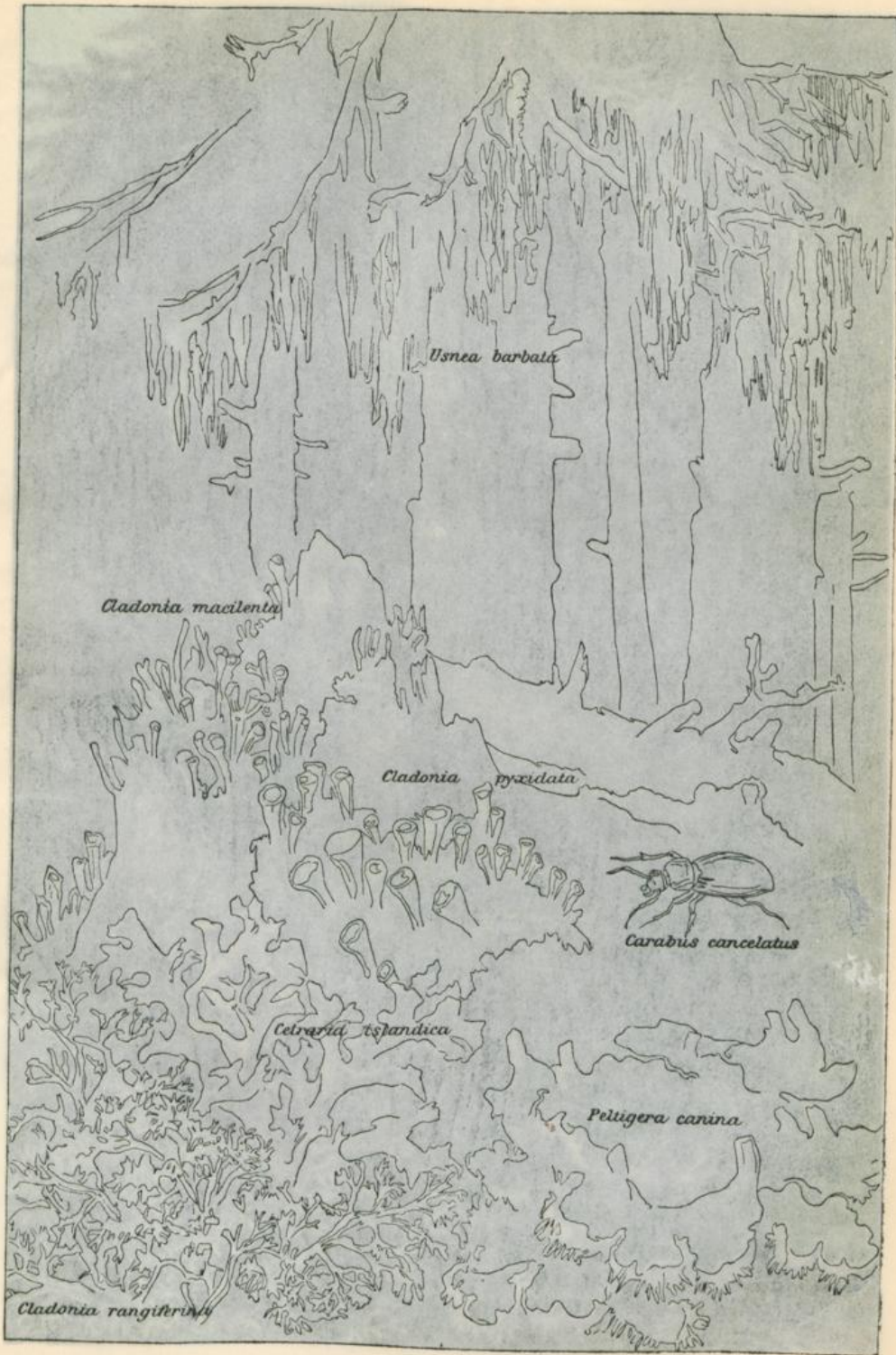


Gallertflechten: 1 *Ephebe Kernerii*, 450fach vergrößert; 2 *Collema pulposum*, in natürl. Größe, 3 Durchschnitt durch *Collema pulposum*; 450fach vergrößert. (Zu S. 403 und 404.)

besten mit den am Rande wellig hin und her gebogenen Laubblättern der Krauseminze oder mit wiederholt gabelig geteilten, unregelmäßig strahlenförmig auswachsenden Blattlappen verglichen werden kann, und die mit der Unterlage nur durch wurzelartige Fransen leicht verbunden sind, so daß es ohne Schwierigkeit gelingt, sie von derselben abzulösen. Die unterseits weiße, oberseits grüne, an den Enden der Lappen mit braunen Sporenträgern geschmückte Flechte (*Peltigera canina*) im Vordergrunde der beigehefteten Tafel „Laub- und Strauchflechten“ kann als Vorbild für die Gruppe dieser Flechten dienen. Als eine dritte Gruppe unterscheidet man die Strauchflechten, deren Körper von einer sehr kleinen Ansatzfläche ausgeht und sich in Form von Trichtern, Röhren und Hörnern, noch häufiger in Gestalt von vielfach verzweigtem Strauchwerk erhebt oder in Form von Fäden, Fransen und Bärten von der Borke alter Bäume herabhängt (s. auf der beigehefteten Tafel: *Cladonia macilenta*, *pyxidata* und *rangiferina*, *Cetraria islandica* und *Usnea barbata*). Eine vierte Gruppe bilden endlich die Gallertflechten, welche, befeuchtet, dunkel olivengrüne oder fast schwarze, gefaltete und verbogene gallertige Häufchen oder auch vielfach geteilte, zu kleinen Polstern zusammengedrängte Bänder und Streifen darstellen.

In den zuletzt genannten Gallertflechten bilden die Algenzellen perlenschnurförmige Reihen und sind durch die ganze Dicke des Flechtenkörpers hindurch mit den Hyphenfäden des Pilzes

[Zur Tafel: »Laub- und Strauchflechten«.]



Laub- und Strauchflechten.
Blech Aquarell von Carl Rezn.



Laub- und Strauchflechten.
Nach Aquarell von Ernst Heyn.

zu vergleichen ist. Das wurde noch klarer, als es gelang, Wasser aus dem Flechtbüschel zu lassen und für sich zur Entwicklung zu bringen und anderseits durch Zusammenbringen der Flechtbüschel auf Glas flüssig werden zu erleben.

Die Flechtbüschel sind meist in Form von Krusten auf Steinen, Erde, Borke und Holz zu sehen, aber der ganze Flechtbüschel ist eingebettet in die Erde. Zwischen den Flechtbüscheln oder zwischen die Zellwänden abgesetzt sind die Flechtbüschel, so daß man auf dem Vorhandensein oft nur durch die Verwitterung der Unterlage und durch die über die Unterlage gehobenen Sporenträger erkennen kann. Man kann die Flechten auch kennen lernen. An dieser Stelle sind die Flechten durch die Lauffäden am besten dargestellt.



besitzt die Flechte eine bis zu 10 cm hohe, abwechselnd leuchtend grüne oder braune, mit weichen, fleischigen, nach unten gerichteten Blättern besetzte, wasserführende, die mit der Unterlage nur durch nur wenige Fortsätze verbunden sind. Die Flechte ist durch die Stabilität gelinnet, die unterseits weiß, oberseits grüne, an den Enden der Stiele mit kleinen, runden, schüsselförmigen (Peltigera canina) im Bereich der Stiele, die die Flechte als Basis für die Stiele bilden, zu sehen ist.

Die Flechte unterscheidet sich von anderen Flechten durch die Bildung von Stielen, die sich in Form von Ähren oder Köpfen bilden, die in der Regel aus verzweigten Stielen bestehen, die an den Enden der Stiele in Form von Köpfen oder Ähren ausstrahlen. Diese Köpfe sind aus den Stielen hervorgegangen, die in der Regel aus verzweigten Stielen bestehen, die an den Enden der Stiele in Form von Köpfen oder Ähren ausstrahlen.

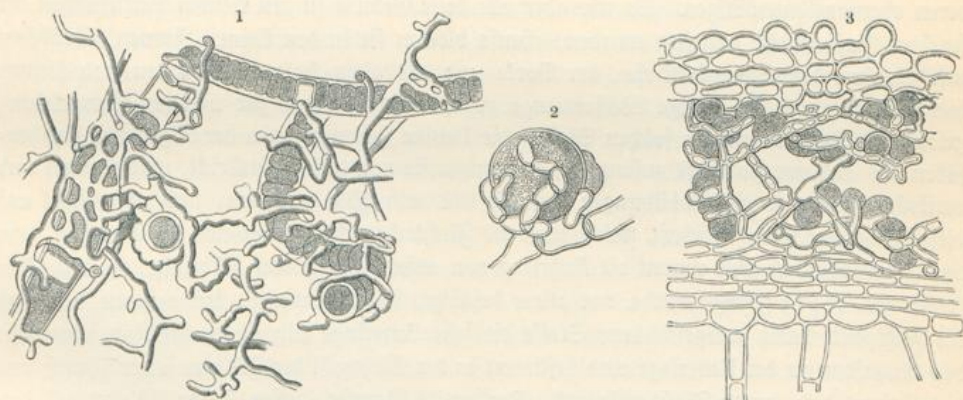
In den Köpfen sind die Flechten durch die Stiele hindurch mit den Sporensäulen verbunden und sind durch die Stiele hindurch mit den Sporensäulen verbunden.



Laub- und Strauchflechten.
Nach Aquarell von Ernst Heyn.

verfchlungen, wie bei *Collema pulposum* (s. Abbildung, S. 402, Fig. 2 und 3), oder sie bilden regelmäßige, bandförmige Doppelreihen, die von spärlichen Hyphen umspinnen werden, wie bei *Ephebe Kernerii* (s. Abbildung, S. 402, Fig. 1). In den Krustenflechten, Laub- und Strauchflechten bilden die Algenzellen ein regelloses Haufwerk oder regelmäßige Schichten, sind in der Mitte des Flechtenkörpers zusammengedrängt und erscheinen dort zwischen eine obere und eine untere Schicht dicht verfilzter Hyphenfäden eingelagert, wie bei *Coccocarpia molybdaea* (s. untenstehende Abbildung, Fig. 1—3).

Man war anfangs geneigt, die merkwürdige Vereinigung als einen auf der Alge parasitisch lebenden Pilz anzusehen, aber die beständigen Formen der Flechten, ihr dauerndes Gedeihen und ihre Verbreitung deutete darauf, daß der Parasitismus hier in der Form eines geordneten Zusammenlebens, als Symbiose, auftritt.



Strauch- und Laubflechten: 1 *Stereocaulon ramulosum* mit *Scytonema*, 650fach vergrößert; 2 *Cladonia furcata* mit *Protococcus*, 950fach vergrößert; 3 *Coccocarpia molybdaea*, Querschnitt, 650fach vergrößert. (Nach Bornet.)

Bei der weiten Verbreitung der Flechten könnte man voraussetzen, daß die zwei Geossen sich zu dem Flechtenkörper leicht zusammenfinden, da sie ungemein leicht und weit herumwandern können. Was den einen von beiden, jenen, der des Chlorophylls entbehrt und als Pilz bezeichnet wurde, anlangt, so ist uns die Vorstellung, daß allerwärts in der Luft Pilzsporen herumschwärmen, so geläufig, daß auch die Annahme eines gelegentlichen Strandens einzelner durch Winde fortgetriebenen Sporen an befeuchteten Bruchflächen der Steinblöcke keinem Widerstande begegnet.

Was aber die Algen anlangt, so denkt man bei Nennung dieses Namens zunächst an die grünen Bewohner unserer Tümpel und Teiche, und man fragt sich, wie es möglich sei, daß diese Pflanzen an die Bruchflächen von Steinblöcken, zumal jener auf den Schutthalben des Hochgebirges, kommen. Solche Algen sind es nun freilich nicht, welche an der Bildung der Flechten teilnehmen. Vielmehr finden wir in den Flechten Algen, die auch sonst auf festem feuchten Boden angetroffen werden, die grünen einzelligen Formen auf Baumrinden und besonders zahlreiche Arten der *Chroococcaezen*, *Scytonemazeen*, *Rivulariazeen*, *Noctocazeen*, welche dem Stamme der *Zyanophyzeen* angehören. Ihrer Kleinheit wegen entgehen sie leicht der Beobachtung und fallen überhaupt nur dann in die Augen, wenn sie in ungezählten Mengen die Borke der Bäume, Felswände, Steine und Erde überziehen. Sie bedürfen an diesen Stellen nur einer geringen Menge von Feuchtigkeit, und es ist für sie durchaus nicht

nötig, daß sie wie andere Algen unter Wasser leben. Es kommt auch vor, daß sie ohne den geringsten Nachteil austrocknen, so daß sie auf der Unterlage, die ihnen zur ersten Entwicklung diene, als pulverige Überzüge erscheinen, und in diesem Zustande können sie bei ihrem außerordentlich geringen Gewichte schon durch mäßig bewegte Luft abgehoben, fortgetragen und über Berg und Tal verbreitet werden.

Daß aber diese Verbreitung nicht nur eine hypothetische, sondern eine tatsächliche ist, konnte leicht durch folgenden in einem Tiroler Gebirgstal ausgeführten Versuch nachgewiesen werden. Eine mit feuchtgehaltenem weißen Filtrierpapier überzogene Tafel wurde mit ihrer Fläche dem Südwind ausgesetzt; schon nach wenigen Stunden hafteten an dem Papier zahlreiche staubartige Teilchen, und unter diesen befanden sich neben mannigfachen organischen Splintern, Pollenzellen und Sporen regelmäßig auch Zellgruppen von Nostocazeen und anderen obenerwähnten Algen. So wie aber alle diese Gebilde in den kleinen Vertiefungen der feuchten Papierfläche abgesetzt wurden, ebenso bleiben sie in den kleinen Rinnen, Grübchen und Spalten der Steinoberfläche, der Borke und des alten Holzwerkes haften und können hier, sobald ihnen die nötige Wassermenge zugeführt wird, auch zur weiteren Entwicklung gelangen. Treffen nun an solchen Stellen die kleinen Zellengruppen der Algen mit Hyphenfäden des anderen Partners zusammen, so werden sie von diesem umstrickt, umklammert und verflochten, wie es die Abbildungen auf S. 402 und 403 darstellen, und es entsteht auf diese Weise jene Genossenschaft, welche man als Flechte bezeichnet. Der eine der Genossen, dem das Chlorophyll abgeht, nimmt die Nahrung von außen auf, zumal Nährsalze, ist, wie schon früher (S. 155 f.) gezeigt wurde, vor allem befähigt, Wasserdampf zu kondensieren, hat auch die Fähigkeit, durch ausgeschiedene Stoffe die feste Unterlage teilweise aufzulösen, vermittelt das Anhaften an der Unterlage und bestimmt in der Mehrzahl der Fälle auch den Umriß und das Kolorit des ganzen Flechtenkörpers. Der zweite Genosse, dessen Zellen Chlorophyll enthalten, übernimmt die Arbeit, aus der von ihm aufgenommenen Luftkohlenäure unter Einfluß des Sonnenlichtes organische Substanz zu erzeugen, vermehrt mittels dieser seine Zellenzahl, wächst und vergrößert sich, gibt aber auch dem Genossen so viel organische Nahrung ab, wie nötig ist, damit dieser im Wachstume gleichen Schritt halten kann.

Die Zahl der in die Genossenschaft eingehenden Algenarten ist jedenfalls bei weitem geringer als jene der Pilze, und es muß angenommen werden, daß ein und dieselbe Algenart sich mit den Hyphen verschiedener Flechtenpilze verbinden kann. Wie außerordentlich mannigfaltig übrigens das Zusammenfinden der zweierlei Genossen auf sehr beschränktem Raume sein kann, geht schon aus dem Umstande hervor, daß auf einem handgroßen Fleck eines Felsens nicht selten ein halbes Duzend Anflüge verschiedener Flechtenarten unter- und nebeneinander auftauchen. Ob sie alle zu gleich kräftiger Entwicklung kommen, oder ob nicht vielleicht einzelne unterdrückt und von anderen überwuchert werden, hängt von verschiedenen äußeren Verhältnissen, von der chemischen Zusammensetzung der Unterlage und namentlich von den Feuchtigkeits- und Beleuchtungsverhältnissen des betreffenden Standortes ab. Gerade in dieser Beziehung sind die Flechten sehr empfindlich, und man sieht oft an ein und demselben Felsen an den verschiedenen Seiten eine ganz abweichende Flechtenvegetation ausgebildet. Sehr lehrreich und besichtigungswert ist in dieser Beziehung eine Marmorsäule in der Nähe des berühmten Schlosses Ambras in Tirol, welche wohl schon über zwei Jahrhunderte an ihrem Plage steht und zu allen Zeiten dem Wind und Wetter ausgesetzt war. Dieselbe ist achtflechtig. An allen acht Seiten haben sich Flechten angesiedelt, und zwar so reichlich, daß

der Stein auf handgroße Strecken von ihnen ganz bedeckt ist. Manche dieser Flechten sind nur kümmerlich ausgebildet und mit Sicherheit nicht zu bestimmen; im ganzen dürften aber ein Duzend verschiedener Arten vorkommen, für welche die Keime nur durch Winde herbeigebracht sein konnten. Diese Arten sind aber nichts weniger als gleichmäßig verteilt; einige sind auf dieser, andere auf jener Seite vorherrschend, und einzelne sind ausschließlich nur auf eine der acht Seiten beschränkt. Von drei *Amphiloma*-Arten ist *Amphiloma elegans* auf die dem Südwest ausgelegte wärmste Seite beschränkt, *Amphiloma murorum* ist an der Südseite, und zwar am oberen Teile der Säule, und *Amphiloma decipiens* an der Südseite, aber nur nahe der Erde zu sehen; an der Nordostseite herrscht *Endocarpon miniatum* und an der Nordwestseite *Calopisma citrinum* und eine *Lecidea* vor.

Wie viele Tausende von Sporen und Algenzellen mußten durch die Winde an diese Säule angeweht worden sein, damit alle diese Kombinationen entstehen konnten, und welche komplizierten Vorgänge mußten vorausgehen, bis die Auslese der für die verschiedenen Weltgegenden am besten geeigneten Flechten an dieser kleinen Marmorsäule erfolgte! Aber man würde nun doch fehlgehen, wenn man glaubt, daß alle Flechten, welche an einer Steinwand, einer Baumborke und dergleichen auftauchen, auf dieser Unterlage durch das Zusammentreffen von Algen und beliebigen Pilzen entstanden sind. Zunächst kann gar nicht jeder beliebige Schimmelpilz oder höhere Pilz mit einer Algenart eine Flechte bilden. Es sind vielmehr nur besondere Flechtenpilze, die dies tun, und zwar bei uns fast ausschließlich Askomyzeten, während man in den Tropen auch einige Flechten gefunden hat, bei denen der Pilz ein Basidiomycet ist. Hierbei übernimmt nun der Pilz die Sorge für die Fortentwicklung der Flechten, indem er kleine schüsselförmige Organe erzeugt, die man z. B. an der großen gelben Wandflechte dicht nebeneinandergestellt sieht. Diese Schüsselfchen nennt man Apothezien, und sie gleichen den Apothezien echter Pilze darin, daß sie Schläuche mit Sporen enthalten. Diese Sporen werden ausgeschleudert, und wenn sie keimen, so ist die Wahrscheinlichkeit, daß der Flechtenpilz in nächster Nähe einige Algen antrifft, um so größer, als in der Regel auch kleine Gruppen von Algen aus der Flechte ins Freie gelangen.

Die Flechten haben aber noch eine andere Art der Vermehrung, die sich in folgender Weise abspielt. Innerhalb eines ausgewachsenen, alten, größeren Flechtenkörpers trennen sich einzelne Zellgruppen von den anderen ab; jede derselben besteht aus einer oder aus mehreren grünen Algenzellen, die von Hyphen dicht umspinnen sind. Hat sich nun eine erkleckliche Zahl solcher Teilgenossenschaften ausgebildet, so lösen sich die kleinen Teilgenossenschaften, welche man Soredien nennt, von der Oberfläche der mütterlichen Flechte völlig los. Ein einzelnes Soredium erscheint dem unbewaffneten Auge nur als ein helles Pünktchen, alle zusammengenommen stellen sich aber als eine pulverige oder mehligte Masse dar, welche dem alten mütterlichen Flechtenkörper locker aufliegt. Bei trockenem Wetter wird nun diese mehligte Auflagerung durch den Anprall des Windes leicht abgehoben und mit anderen organischen Splittern fortgeweht. Gelangt dann ein solches Soredium in die Ritze eines Steinblockes oder sonst auf eine geeignete Unterlage, so entwickeln sich Algen und Hyphen desselben weiter, und es wächst das Gebilde zu einem größeren Flechtenkörper heran, an dem sich der eben geschilderte Vorgang bald wiederholen kann. In flechtenreichen Gegenden findet man unter den Elementen des organischen Staubes regelmäßig solche Soredien, und zwar gemengt mit Pilzsporen und Algenzellen; es kommt daher nicht selten vor, daß sich in derselben Steinritze knapp nebeneinander an der einen Stelle eine neue Flechte durch Begegnen und Verbinden

von Algen- und Pilzzellen bildet und an der anderen Stelle die ausgeschiedene Teilgenossenschaft einer alten Flechte weiter entwickelt.

Es ist leicht einzusehen, daß der Nutzen dieser Vereinigung von Pilz und Alge sehr weitgehend ist. Nur die Genossenschaft kann solche Standorte wählen, wo wir Flechten finden, sonnedurchglühete Granitblöcke, monatelang trockene Baumrinden u. dgl. Der Pilz wird auf vielen dieser Standorte keine Spur organischer Nahrung finden, die Alge würde an Feuchtigkeitsmangel zugrunde gehen. Nun liefert jeder dem anderen, was ihm fehlt. Durch Vereinigung ihrer Fähigkeiten können diese Kontrahenten sich nicht bloß unabhängiger verbreiten, sondern, was noch merkwürdiger ist, es entsteht aus ganz einfachen Einzelwesen eine Pflanzenform, die die Gestalt weit höher organisierter Pflanzen erreicht. Es ist offenbar die Verbindung der Pilze mit einem chlorophyllhaltigen Organismus, welcher zu dieser Formenbildung geführt hat. Wie das Chlorophyll bei den Chlorophyllpflanzen die Form beherrscht, indem es die Ausbildung der Flächen verlangt und bewirkt, so ist es auch bei den Flechten in dieser Richtung wirksam. Der Pilz hat durch die Vereinigung mit den chlorophyllhaltigen Organismen ganz seine typische Form verloren; die Flechten haben keine Ähnlichkeit mehr mit Pilzen, ihr Körper breitet sich flächenförmig aus und bildet in ganzen Abteilungen laubartige Gestalten. Solange der Pilz allein lebt, fehlt ihm die flache Gestalt; sobald Chlorophyll mit ihm in Verbindung tritt, bilden sich Formen, die zu denen der höheren Pflanzen sich erheben. Das Chlorophyll beherrscht das Leben, beherrscht die Gestalt.

Anhangsweise soll hier darauf aufmerksam gemacht werden, daß nicht alle Fälle des Zusammenlebens von Algen mit anderen Organismen Ernährungs-genossenschaften sind. Wenn z. B. regelmäßig in kleinen Höhlungen an der unteren Seite der Blätter von *Azolla* und in den Wurzeln von *Zykadeen* die Zellen kleiner Algen aus dem Stamme der *Zyanophyceen* (*Anabaena Azollae* und *Cycadearum*) und im Stamme von *Gunnera* und in den Blattohren des Lebermooses *Blasia pusilla* Kolonien von *Nostoc* (*Nostoc Gunnerae* und *licheoides*) angetroffen werden, so handelt es sich nur um einen Unterschlupf für die Algen, in dem sie zweifellos ihren Feinden besser entgehen als im Freien. Diese Algen aber beziehen von ihrem Herbergswirte keine Nährstoffe, so wenig wie sie für ihn von Nutzen sind.

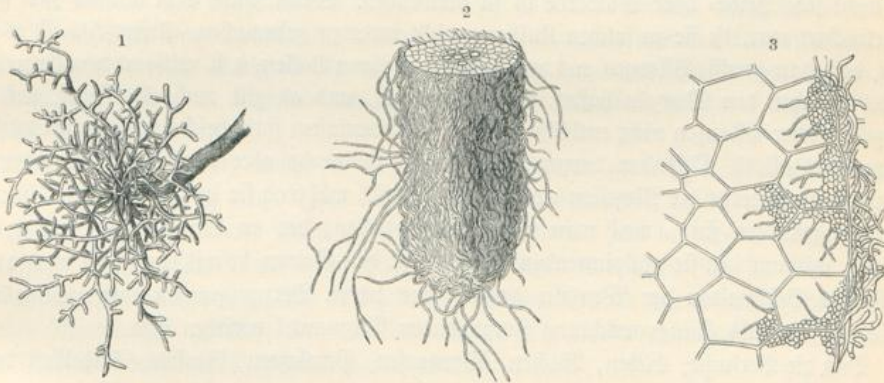
Es gibt also außer der Symbiose auch einseitige Genossenschaften. Zuweilen ist es recht schwer zu entscheiden, welche Art der Verbindung vorliegt. Wir werden im folgenden noch einige Ernährungs-genossenschaften schildern, bei denen diese Schwierigkeit der Erklärung auf-taucht, doch scheint es wahrscheinlicher, daß es sich hier wieder um wahre Symbiosen handelt, wie bei den Flechten.

2. Die Ernährungs-genossenschaft grünbelaubter Samenpflanzen und chlorophyllfreier Pilze.

Lange hat man nur die Ernährungs-genossenschaft der Flechten gekannt und sie als allein-stehend angesehen. Neuere Entdeckungen, welche wahrscheinlich machten, daß sogar höhere und niedere Pflanzen sich zu einer Genossenschaft vereinigen könnten, waren daher besonders über-raschend. Hierher gehört die Vereinigung von Samenpflanzen mit Pilzen.

Die Vereinigung beider Genossen erfolgt immer unter der Erde, und zwar in der Weise,

daß die Saugwurzeln der Samenpflanze von den Fäden eines Myzeliums umspinnen werden. Die erste aus den keimenden Samen hervorsprossende und sich in die Dammerde senkende Wurzel der in die Verbindung eingehenden Samenpflanze ist noch frei von Hyphenfäden, aber schon die Seitenwurzeln und noch mehr die weiteren Verzweigungen werden von den in der Dammerde schon vorhandenen oder dort aus Sporenkeimen hervorgehenden Myzelfäden umstrickt. Von da an bleibt dann die Verbindung bis zum Tode beider hergestellt. In dem Maß, als die Wurzel weiterwächst, wächst auch das Myzelium mit ihr und begleitet sie wie ihr Schatten nach allen Seiten. Die letzten Wurzelverzweigungen hundertjähriger Bäume und die Saugwurzeln einjähriger Sämlinge sind in gleicher Weise von den Myzelfäden umspinnen. Immer sind diese Myzelfäden oder Hyphen hin und her gebogen, vielfach verschlungen und bilden auf diese Weise einen Myzelmantel, der im Querschnitt einem Parenchym täuschend ähnlich sieht. Die Oberhaut mancher Wurzeln ist nun wie von einem Spinn-



1 Silberpappelwurzeln mit Myzelmantel; 2 Spitze einer Buchenwurzel mit dicht anschließendem Myzelmantel, 100fach vergrößert (nach Frank); 3 Durchschnitt durch ein Wurzelstück der Silberpappel, das Myzelium ist in die äußersten Zellen der Wurzel eingebrungen, 480fach vergrößert.

gewebe überzogen, und die Hyphenfäden bilden Bündel und Stränge, die sich mannigfaltig verstricken und Maschen zwischen sich offen lassen, durch welche man die Wurzel hindurchstiebt; in anderen Fällen hingegen ist eine zwar gleichmäßig gewobene, aber sehr dünne Schicht um die Wurzel gezogen, und wieder in anderen Fällen bildet der Myzelmantel eine dicke Schicht, von welcher die ganze Wurzel gleichmäßig umhüllt wird (s. obenstehende Abbildung, Fig. 1 und 2). Man hat daher diese enge Verbindung von Wurzel und Pilzfäden Mykorrhiza genannt. Stellenweise dringen die Hyphen auch durch die Wände in die Oberhautzellen ein, und diese erscheinen mit einem ungemein feinen, engmaschigen Myzelneze durchwuchert (s. obenstehende Abbildung, Fig. 3). Nach außen zu ist der Myzelmantel entweder ziemlich glatt und grenzt sich deutlich von der Umgebung ab, oder es gehen von ihm einzelne Hyphen und Hyphenbündel aus, welche die Erde durchziehen. Wenn diese sich abzweigenden Hyphen ziemlich gleichlang sind, machen sie fast den Eindruck von Wurzelhaaren und übernehmen auch die Rolle von solchen. Die Oberhautzellen der Wurzeln, welche sonst zu Saugzellen auswachsen, können, eingeschlossen in dem Myzelmantel, diese Tätigkeit nicht entfalten und haben das Geschäft des Aufsaugens von Flüssigkeit aus dem Erdboden an den Pilzmantel abgetreten. Dieser wirkt auch unzweifelhaft als Saugvorrichtung für den Genossen, an dessen Wurzeln er sich entwickelt hat, und das Bodenwasser sowie alle in diesem Wasser gelösten mineralischen

Salze und anderen Verbindungen gelangen durch Vermittelung des Pilzmantels aus dem umgebenden Erdreich in die Oberhautzellen der betreffenden Wurzel und von da weiterhin bis hinauf in die Stämme, Zweige und Laubblätter.

So bringt das Pilzmyzelium einer grün belaubten Pflanze, mit deren Wurzel es sich verbunden hat, nicht nur keinen Nachteil, sondern einen entschiedenen Vorteil, und es ist sogar fraglich, ob manche grün belaubte Pflanzen ohne Mithilfe der Pilze überhaupt gedeihen können. Die Erfahrungen, welche man bei der Kultur solcher Bäume, Sträucher und Kräuter, deren Wurzeln einen Pilzmantel zeigen, gewonnen hat, sprechen wenigstens nicht dafür. Jedem Gärtner ist es bekannt, daß es nicht gelingt, die Rauschbeere, die Eriken und Pirolazeen, die Preisel- und Heidelbeersträucher, die Alpenrosen, die Rotbuche usw. in gewöhnlicher Gartenerde erfolgreich aufzuziehen. Man wählt darum bekanntlich zur Kultur dieser Gewächse Heide- oder Dammerde aus der obersten Schicht des Waldbodens. Aber auch nicht jede Heide- oder Walderde ist zu verwenden. Wenn solche Erde längere Zeit ganz ausgetrocknet war, ist sie zu solchen Kulturen nicht mehr zu gebrauchen. Andererseits ist es bekannt, daß man gewisse Pflanzen aus dem Walde mit ihren Ballen, d. h. mitsamt dem Erdreiche, welches zwischen den Wurzeln haftet, verpflanzen soll, und es gilt auch als Regel, daß die Wurzeln solcher Pflanzen nicht entblößt und am allerwenigsten stark beschnitten werden dürfen. Warum das alles? Offenbar darum, weil frische Heideerde oder kürzlich im Waldgrunde gegrabene Dammerde die Myzelien noch lebend enthält, während sie in dem trockenen Humus bereits abgestorben sind, weil man mit dem Erdballen, der an den Wurzeln hängt, die Wurzeln mitsamt den sie umspinnenden Myzelien in den Garten bringt, und weil man durch ein starkes Beschneiden der Wurzeln gerade jene letzten Verzweigungen entfernen würde, welche mit dem als Saugvorrichtung fungierenden Pilzmantel versehen sind.

Daß die Versuche, Eichen, Buchen, Alpenrosen, Pirolazeen, Ginster, Seidelbast durch sogenannte Stecklinge zu vermehren, immer mißlingen, wenn man die abgeschnittenen, zur Vermehrung verwendeten Sprosse in reinen Sand setzt, ist in derselben Weise zu erklären. Rosen, Efeu, Nelken, deren Wurzeln keinen Pilzmantel besitzen, werden sehr leicht vermehrt, indem man deren abgeschnittene Zweige in feuchten Sand steckt. An den in den Sand eingesenkten Teilen solcher Zweige entstehen alsbald Wurzeln, deren Saugzellen die Nahrungsaufnahme aus dem Boden besorgen. Wenn dagegen die in den Sand gesteckten Zweige der Eichen, Buchen, Alpenrosen usw. Wurzeln ansetzen, so ist ein Fortschritt in deren Entwicklung nicht zu bemerken, weil die oberflächlichen Zellen dieser Wurzeln ohne Verbindung mit einem Myzelium zur Nahrungsaufnahme nicht befähigt sind. Nur wenn man die Zweige dieser Gewächse in einen Sand steckt, der reichlich mit Humus gemengt ist, und zwar mit einem eben erst dem Wald oder der Heide entnommenen Humus, der die Sporen von Pilzen enthält, so gelingt es manchmal, einzelne Stecklinge zur weiteren Entwicklung zu bringen. Häufig ist auch dann der Erfolg noch nicht sicher, und die Stecklinge der genannten Pflanzen sterben auch im humushaltigen Sande früher ab, ehe sie Wurzeln ansetzen. Da auch die Versuche, Keimlinge von Rotbuchen und Tannen in Nährlösungen, wo von der Verbindung mit einem Myzelium keine Rede sein konnte, heranzuziehen, gezeigt haben, daß die Pflänzchen eine kurze Zeit kümmerlich vegetierten, endlich aber abstarben, so kann man wohl mit gutem Grund annehmen, daß die Hülle aus Myzelsäden für die in Rede stehenden Samenpflanzen unentbehrlich, und daß beiden nur im genossenschaftlichen Verbande die Gewähr für ihr Fortkommen gegeben ist.

Es ist zu erwarten, daß auch die Pilzmyzelien aus den Samenpflanzen, deren Wurzeln sie überkleiden, und denen sie die Dienste von Saugzellen leisten, irgendeinen Vorteil ziehen. Dieser Vorteil ist aber ohne Frage derselbe, welchen die Hyphenfäden des Flechtenkörpers von den umspinnenen grünen Zellen haben; die Myzelmäntel beziehen aus den Wurzeln der Samenpflanzen jene organischen Verbindungen, welche durch die grünen Blätter oberirdisch im Sonnenlicht erzeugt worden sind, und welche von dort zu allen wachsenden Teilen, namentlich auch nach abwärts zu den wachsenden und sich verlängernden Wurzelenden, geleitet werden. Hiernach besteht also die Teilung der Arbeit zwischen den Ernährungs-genossen darin, daß das Pilzmyzelium der grün belaubten Pflanze Stoffe aus dem Boden, die grün belaubte Pflanze aber dem Myzelium Stoffe, die oberirdisch im Sonnenlichte bereitet wurden, zuführt. Es fehlt jedoch noch ein klarer Einblick in die Bedeutung dieser Gemeinschaften; vor allem steht es nicht fest, welcher Art die Stoffe sind, die von den Myzelien den Samenpflanzen zugeführt werden. Man hat vermutet, daß die Pilzmyzelien vorwiegend Stickstoffverbindungen erzeugten und den Baumwurzeln zuführten, aber eine solche Tätigkeit der Myzelien hat doch nicht nachgewiesen werden können. Von anderen Forschern ist angenommen worden, daß die Myzelien besonders bei der Nährsalzzuführung tätig wären.

Der Kreis der Arten, welche in dem hier geschilderten genossenschaftlichen Verbande leben, ist jedenfalls ziemlich groß. Zahlreiche Preiseln, Heidesträucher, Lorbeerartige und Nußfrüchtige, mehrere Weiden und Pappeln, Schlehen und Linden sind bei ihrer Ernährung auf die Mithilfe der Myzelien angewiesen. Auch scheint dieses Verhältnis sich in allen Zonen und Regionen zu wiederholen. Die Wurzeln des Erdbeerbaumes am Strande des Mitteländischen Meeres sind gerade so wie die Wurzeln der dem Boden aufliegenden Rauschbeere in den Hochalpen mit dem Myzelmantel ausgestattet.

Eine besondere Bedeutung gewinnt diese Ernährungs-genossenschaft auch noch dadurch, daß unter den beteiligten Samenpflanzen solche Arten vorwalten, welche, in Beständen wachsend, ganze Strecken überdecken, endlose Heiden und unermessliche Wälder zusammensetzen, wie namentlich Pirolazeen, Heidekräuter, Ginster, Eichen, Buchen und Tannen. Welch merkwürdiges Leben unter der Erde, allerorten, auf der weiten Heide, in solchen großen Waldbeständen!

Es wird nun auch erklärlich, wie es kommt, daß gerade im Grunde der Wälder eine solche Fülle von Pilzen zu Hause ist. Gewiß bezieht ein Teil dieser Pilze des Waldbodens seine Nahrung ausschließlich aus den aufgespeicherten abgestorbenen Pflanzenteilen, aber ebenso gewiß steht ein anderer Teil mit den lebenden Wurzeln der grün belaubten Pflanzen in genossenschaftlichem Verbande. Freilich können wir bis heute noch nicht mit Bestimmtheit angeben, welche Arten von Pilzen es sind, deren Myzelien mit den genannten Samenpflanzen in Verbindung treten, und ob überhaupt eine bestimmte Wahlverwandtschaft zwischen bestimmten Pilzen und bestimmten grün belaubten Pflanzen besteht. In einigen Fällen hat die Annahme einer solchen Wahlverwandtschaft viel für sich, andererseits aber ist es wieder sehr unwahrscheinlich, daß auf einer beschränkten Stelle im Grunde eines Tannenwaldes, wo die Erde auf dem Raume von wenigen Quadratmetern von Wurzeln der Tannen, des Seidelbaumes, des Ginsters, der Pirolazeen, der Heidel- und Preiselbeeren so durchwuchert ist, daß man Mühe hat, sie zu sondern und zu entwirren, jede dieser Samenpflanzen einen anderen Gesellschafter aus dem großen Heere der Pilze des Waldgrundes haben sollte. Es scheint in solchen Fällen gerechtfertigt, anzunehmen, daß das Myzelium ein und derselben

Pilzart zugleich mit allen diesen unter- und nebeneinander wachsenden Pflanzen in Verbindung tritt, so wie es auch sehr wahrscheinlich ist, daß je nach dem Standort die Myzelien verschiedener Pilze mit einer und derselben grün belaubten Pflanze sich verbinden können. Für das letztere spricht namentlich der Umstand, daß einige Arten aus fernen Gegenden, welche regelmäßig einen Myzelmantel an ihren Wurzelenden zeigen, wenn sie in unseren Gärten und Gewächshäusern aus Samen gezogen werden, sich daselbst mit Pilzmyzelien verbinden, welche dort, wo die betreffenden Blütenpflanzen wildwachsend vorkommen, zuversichtlich fehlen. So findet man z. B. die Wurzeln der japanischen *Sophora Japonica* sowie auch die Wurzeln der australischen *Epakrideen* in den europäischen Gärten in genossenschaftlichem Verbande mit bei uns einheimischen Pilzen, welche in Japan und Australien gewiß nicht vorkommen, und es ist daher kaum zu bezweifeln, daß z. B. die *Sophora Japonica* in verschiedenen Gegenden auch mit verschiedenen Pilzen in Verbindung tritt.

Die als Ernährungs-genossenschaft zu deutende Verbindung der erwähnten Holzpflanzen mit Pilzmyzelien steht aber nicht allein da. Auch die Orchideen werden in jeder Hinsicht eine der merkwürdigsten Pflanzenfamilien dadurch, daß sie offenbar ebenfalls von der Regel abweichende Ernährungsverhältnisse aufweisen. Die Orchideen sind bekanntlich meistens mit grünen Blättern versehen, wie z. B. die zierliche kleine *Listera cordata*, die durch ihre zottigen Blumenblätter ausgezeichnete *Goodyera repens* und die Arten der Gattungen *Cephalanthera*, *Epipactis* und *Platanthera*; zum Teil aber entbehren sie des grünen Laubes, wie beispielsweise der Dingel, die Nestwurz, die Korallenwurz und das Ohnblatt. Von diesen gehört der Dingel (*Limodorum abortivum*) mehr den wärmeren Landstrichen Mitteleuropas an; er besitzt kreuz- und quer-, zu einem wirren Knäuel verschlungene fleischige Wurzelfasern und über $\frac{1}{2}$ m hohe, schlanke, stahlblau überlaufene Stengel, welche lockere Ähren ziemlich großer, dunkelvioletter, später verblassender Blüten tragen. Die Nestwurz (*Neottia Nidus avis*) findet sich in Laub- und Nadelwäldern weitverbreitet, ihre Stengel und Blüten haben eine bei Pflanzen ganz ungewöhnliche lichtbraune, an Eichenholz erinnernde Farbe; die Blumen sind geruchlos, die vom unterirdischen Teile des Stengels ausgehenden, in Humus eingebetteten, in Form und Farbe an Regenwürmer erinnernden zahlreichen Wurzeln bilden ein wunderliches, oft faustgroßes Gewirr, das man mit einem Vogelneste verglichen und als Anlaß zur Benennung dieser Pflanze benutzt hat. Die Korallenwurz (*Corallorhiza innata*) hat im Gegensatz zu dem Vogelneste gar keine Wurzeln, dagegen zeigt der unterirdische Teil des Stengels, das sogenannte Rhizom, mit dem Wurzelgewirr des Vogelnestes eine entfernte Ähnlichkeit. Blaßbräunliche, an den stumpfen, weißlichen Enden wiederholt gabelig verzweigte Äste dieses Rhizoms, welche gerade so aussehen, als hätte man sie eine Zeitlang gepreßt und dadurch alle die kurzen, lappenförmigen Zweiglein in eine Ebene ausgebreitet, liegen dicht gedrängt nebeneinander, verchränken sich auch teilweise und bilden so einen Körper, welcher lebhaft an einen Korallenstock erinnert. Dieses korallenstockartige unterirdische Stengelgebilde entwickelt alljährlich über die Erde emporsteigende blaßgrünliche Stengel, welche mit kleinen, gelb-, weiß- und violett-schecigen, nach Vanille duftenden Blüten und später mit verhältnismäßig großen, grünen, zur Zeit der Reife braun werdenden Früchten besetzt sind.

Die vierte dieser bleichen Waldorchideen, zugleich die seltenste und wunderbarste von ihnen, ist das Ohnblatt (*Epipogum aphyllum*; vgl. die beigeheftete Tafel „Ohnblatt im Moder des Fichtenwaldes“). So wie der Korallenwurz, fehlen auch ihm die Wurzeln. Sein Rhizom ist jenem der Korallenwurz zum Verwechseln ähnlich, unterscheidet sich aber dadurch,



Ohablaff im Moder des Fichtenwaldes.
Nach Aquarell von J. Seelos.

Pilzart zugleich mit allen diesen unter- und nebeneinander wachsenden Pflanzen in Verbindung tritt, so wie es auch sehr wahrscheinlich ist, daß je nach dem Standort die Myzelien verschiedener Pilze mit einer und derselben grün belaubten Pflanze sich verbinden können. Für das letztere spricht namentlich der Umstand, daß einige Arten aus fernen Gegenden, welche regelmäßig einen Myzelmantel an ihren Wurzeln zeigen, wenn sie in unseren Gärten und Gewächshäusern aus Samen gezogen werden, sich daselbst mit Pilzmyzelien verbinden, welche dort, wo die betreffenden Blütenpflanzen wildwachsend vorkommen, zuversichtlich fehlen. So findet man z. B. die Wurzeln der japanischen *Sophora Japonica* sowie auch die Wurzeln der australischen *Epakrideen* in den europäischen Gärten in genossenschaftlichem Verbands mit bei uns einheimischen Pilzen, welche in Japan und Australien gewiß nicht vorkommen, und es ist daher kaum zu bezweifeln, daß z. B. die *Sophora Japonica* in verschiedenen Gegenden auch mit verschiedenen Pilzen in Verbindung tritt.

Die als Ernährungsbeziehung zu deutende Verbindung der erwähnten Holzpflanzen mit Pilzmyzelien steht aber nicht allein da. Auch die Orchideen werden in jeder Hinsicht eine der merkwürdigsten Pflanzenfamilien dadurch, daß sie offenbar ebenfalls von der Regel abweichende Ernährungsverhältnisse aufweisen. Die Orchideen sind bekanntlich meistens mit grünen Blättern versehen, wie z. B. die zierliche kleine *Listera cordata*, die durch ihre zottigen Blumenblätter ausgezeichnete *Goodyera repens* und die Arten der Gattungen *Cephalanthera*, *Epipactis* und *Platanthera*; zum Teil aber entbehren sie des grünen Laubes, wie beispielsweise der Dingel, die Nestwurz, die Korallenwurz und das Ohnblatt. Von diesen gehört der Dingel (*Limodorum abortivum*) mehr den wärmeren Landstrichen Mitteleuropas an; er besitzt kreuz- und quer-, zu einem wirren Knäuel verschlungene fleischige Wurzelfasern und über $\frac{1}{2}$ m hohe, schlanke, stahlblau überlaufene Stengel, welche lockere Ähren ziemlich großer, dunkelvioletter, später verblassender Blüten tragen. Die Nestwurz (*Neottia Nidus avis*) findet sich in Laub- und Nadelwäldern weitverbreitet, ihre Stengel und Blüten haben eine bei Pflanzen ganz ungewöhnliche lichtbraune, an Eichenholz erinnernde Farbe; die Blumen sind geruchlos, die vom unterirdischen Teile des Stengels ausgehenden, in Humus eingebetteten, in Form und Farbe an Regenwürmer erinnernden zahlreichen Wurzeln bilden ein wunderliches, oft faustgroßes Gewirr, das man mit einem Vogelneste verglichen und als Anlaß zur Benennung dieser Pflanze benutzt hat. Die Korallenwurz (*Corallorhiza innata*) hat im Gegensatz zu dem Vogelneste gar keine Wurzeln, dagegen zeigt der unterirdische Teil des Stengels, das sogenannte Rhizom, mit dem Wurzelgewirr des Vogelnestes eine entfernte Ähnlichkeit. Bläßbräunliche, an den stumpfen, weißlichen Enden wiederholt gabelig verzweigte Äste dieses Rhizoms, welche gerade so aussehen, als hätte man sie eine Zeitlang gepreßt und dadurch alle die kurzen, lappenförmigen Zweiglein in eine Ebene ausgebreitet, liegen dicht gedrängt nebeneinander, verschränken sich auch teilweise und bilden so einen Körper, welcher lebhaft an einen Korallenstock erinnert. Dieses korallenstockartige unterirdische Stengelgebilde entwickelt alljährlich über die Erde emporsteigende bläßgrünliche Stengel, welche mit kleinen, gelb-, weiß- und violettstacheligen, nach Vanille duftenden Blüten und später mit verhältnismäßig großen, grünen, zur Zeit der Reife braun werdenden Früchten besetzt sind.

Die vierte dieser bleichen Waldorchideen, zugleich die seltenste und wunderbarste von ihnen, ist das Ohnblatt (*Epipogon aphyllum*; vgl. die beigeheftete Tafel „Ohnblatt im Moder des Fichtenwaldes“). So wie der Korallenwurz, fehlen auch ihm die Wurzeln. Sein Rhizom ist jenem der Korallenwurz zum Verwechseln ähnlich, unterscheidet sich aber dadurch,



Ohnblatt im Moder des Sichtenwaldes.
Nach Aquarell von J. Seelos.

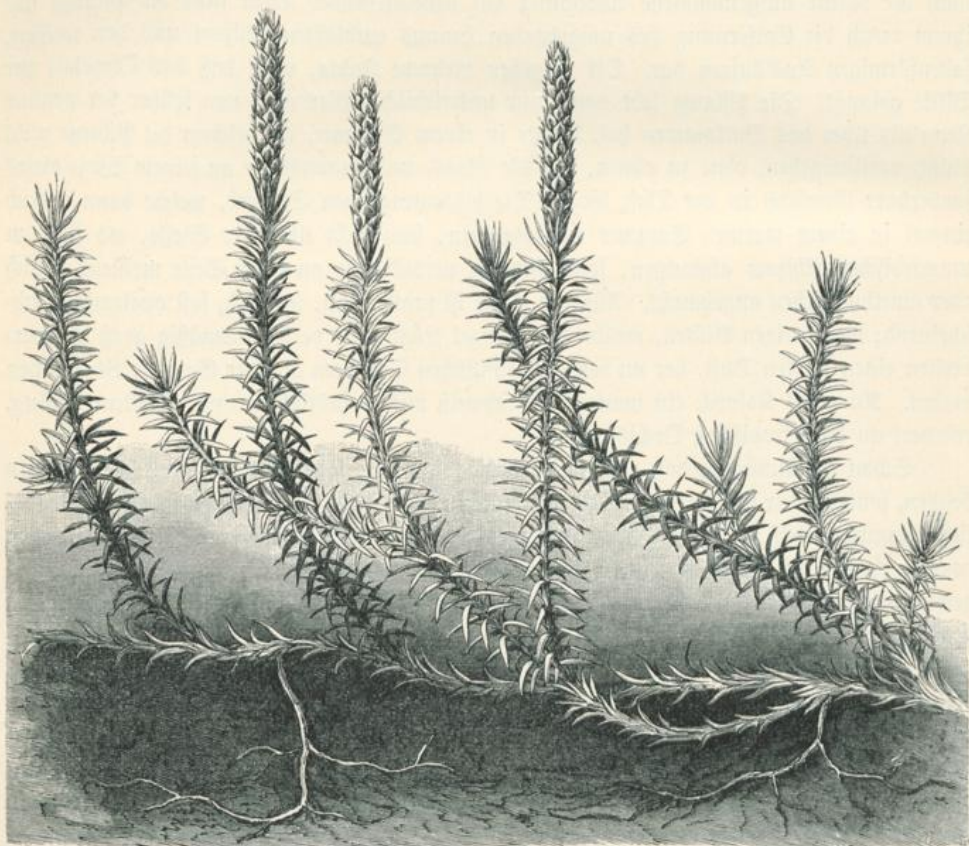
daß es verlängerte fadenförmige Sprosse aussendet, welche am Ende knollenartig anschwellen und als unterirdische Ausläufer aufgefaßt werden können. Das angeschwollene Ende wird zum Ausgangspunkte für einen neuen Korallenstock, der sich etwa eine Spanne weit von dem alten, nach der Entwicklung der Blüten gewöhnlich erschöpften und allmählich zugrunde gehenden ausbildet. Dieser korallenartige Stengel lebt natürlich unterirdisch und wird erst sichtbar, wenn man die Moose vom Moder des Waldgrundes abhebt; häufig ist er ganz in sandigen Lehm eingebettet, der unmittelbar unter dem schwarzen Moder liegt. Die nach der Natur aufgenommene Abbildung auf nebenstehender Tafel stellt die Pflanze mit ihrem durch die Entfernung des umgebenden Humus entblößten Rhizom und den weißen, fadenförmigen Ausläufern dar. Oft vergehen mehrere Jahre, ohne daß das Ohnblatt zur Blüte gelangt. Die Pflanze lebt dann nur unterirdisch. Wer nicht von früher her genaue Kenntnis über das Vorkommen hat, könnte in einem Sommer, in welchem die Pflanze nicht blüht, vorübergehen, ohne zu ahnen, daß die Moos- und Humusdecke an seinem Wege dieses sonderbare Gewächs in der Tiefe birgt. Die blütentragenden Stengel, welche dann endlich einmal in einem warmen Sommer emportauschen, sind dicht über der Stelle, wo sie vom unterirdischen Rhizom abzweigen, spindelförmig verdickt und an einer Seite meistens rötlich oder amethystfarben angehaucht. Alles an ihnen ist prall, glatt, saftreich, fast opalartig durchscheinend; die wenigen Blüten, welche der Stengel trägt, sind verhältnismäßig groß und verbreiten einen starken Duft, der an den der brasilischen Orchideen aus der Gattung *Stanhopea* mahnt. Auch das Kolorit, ein mattes Gelblichweiß mit blaßrötlichem und violetterm Anflug, erinnert an diese tropischen Orchideen.

Schon der Umstand, daß z. B. das Ohnblatt und die Korallenwurzel gar keine Wurzeln besitzen, sondern nur mit ihren korallenstockähnlichen unterirdischen Stämmen im Boden stecken, ließ vermuten, daß sie ihrer Bodenunterlage keine Nährstoffe entnehmen. Und so ist man denn auch hier auf die schon seit 50 Jahren bekannten Knäuel von Pilzmyzelien aufmerksam geworden, welche in den Rindenzellen der unterirdischen Organe zahlreicher Orchideen leben. Daß dieselben eine biologische Bedeutung besitzen, ist besonders durch das Studium der Keimung der Orchideen immer wahrscheinlicher geworden. Die Orchideen bilden sehr viele Samen, die aber sehr unvollkommen sind. Der Keim besteht nur aus wenigen Zellen und besitzt weder Keimblatt noch Wurzel oder Nährgewebe. Man hatte nun oft vergeblich versucht, die in den Orchideenhäusern kultivierten wundervollen tropischen Formen aus ihren Samen zu ziehen, die Samen keimten nur schwer, meist sogar überhaupt nicht bei künstlicher Zucht. Erst 1903 kam der französische Botaniker Bernard auf den Gedanken, daß die Wurzelpilze der Orchideen bei ihrer Entwicklung eine Rolle spielten, und bewies, daß man Orchideensamen zur Keimung bringen könne, wenn man den von ihm besonders gezüchteten Orchideenpilz zu den Samen bringt. Diese Untersuchungen sind von anderen Forschern fortgesetzt worden, und es bestätigte sich, daß nur mit Pilzen infizierte Samen sich entwickeln und die Entwicklung der tropischen wie unserer einheimischen Waldorchideen an die Anwesenheit der Pilze gebunden ist. Praktisch ist dieses Resultat sehr wichtig, eine tiefere theoretische Einsicht fehlt uns aber noch.

Das Studium der Humuspflanzen, wie man die Orchideen und andere an das Vorhandensein von Humus gebundene Pflanzen zusammenfassend nennen kann, verspricht noch manche Überraschungen, denn auch scheinbar ganz selbständige Pflanzen unserer Wälder, wie das Hexenkraut (*Circaea*), manche alpine Pflanzen wie *Bartschia alpina*, gewisse

Gentianeen, wie *Gentiana ciliata* und *Rhaetica*, erscheinen bei ihrer Nahrungsaufnahme des Saprophytismus verdächtig.

Wie lange es dauert, hier das Richtige zu erkennen, und wie mühsam die Arbeit der Forschung ist, haben die in die Moosbede der Wälder eingewebten und mit weißen Wurzeln tief in den schwarzen Humus eindringenden Bärlappe (das unten abgebildete *Lycopodium annotinum* und seine Verwandten) gelehrt. Man hatte keinen Grund, diese schön grün gefärbten Kryptogamen für Saprophyten zu halten, und doch sind sie es in einem Teil ihres



Lycopodium annotinum.

Lebens. Die Bärlappe, wie die Farne und Schachtelhalme entstehen nicht sogleich aus ihren Sporen, sondern die Spore bildet zuerst einen Vorkeim (Prothallium), welcher Geschlechtsorgane, Antheridien und Archegonien, erzeugt, und erst aus dem befruchteten Ei wächst die sporentragende Bärlapp-Pflanze heraus. Man nennt diesen merkwürdigen Entwicklungsengang Generationswechsel. (Vgl. Bd. II.) Obwohl nun in Wäldern und auf Heiden die *Lycopodium*-pflanzen häufig genug sind, gelang es weder ihre Prothallien aufzufinden, noch die Sporen zur Bildung der Vorkeime künstlich zu veranlassen.

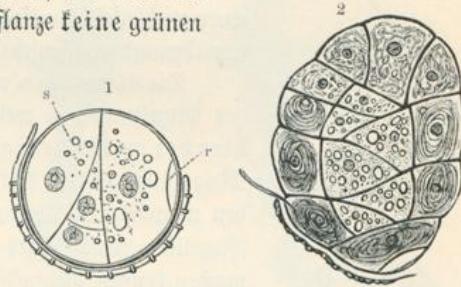
Erst der Botaniker Bruchmann hat die Ursache dieses Mißerfolges durch seine mühevollen Untersuchungen aufgedeckt. Während bei den Farnen die Spore ihr Prothallium innerhalb

einiger Wochen auf der Oberfläche der Erde entwickelt, bildet sich der Bärlapp-Vorkeim zu einem winzigen unterirdischen Knöllchen aus, braucht aber bis zur Reife 10—20 Jahre. Die Sporen liegen oft 6—7 Jahre in der Erde, bis sie keimen. Bei der Keimung teilt sich die aufplatzende Spore in fünf Zellen (s. die untenstehende Abbildung, Fig. 1). Aber nun geht die Entwicklung nur weiter, wenn das Prothallium von einem Fadenpilz befallen wird. Der Pilz bildet, nachdem er in eine Zelle eingedrungen ist, in den äußeren Zellen des Prothalliums Fadentnäuel (Fig. 2). Sehr langsam wächst das Prothallium dann zu einem knolligen archegonientragenden Gebilde heran, das nach der Befruchtung seiner Archegonien beblätterte *Lycopodium*-Pflanzen erzeugt. (Vgl. die Abbildung auf S. 414.)

Erst jetzt, nachdem die Ernährungsgenossenschaft der chlorophylllosen Pilze und grün belaubten Samenpflanzen besprochen wurde, kann auch jener merkwürdige Fall der Nahrungsaufnahme behandelt werden, in welchem die unterirdischen Wurzeln einer Samenpflanze vollständig von einem Myzelmantel eingehüllt werden, wo aber die oberirdisch hervorprühenden Teile dieser Samenpflanze keine grünen

Blätter tragen und überhaupt keine Spur von Chlorophyll enthalten. So verhält es sich nämlich mit dem Fichtenspargel (*Monotropa*), dessen Arten, im Bau der Blüten und Früchte mit den Pirolazeen zunächst verwandt, in schattigen Wäldern allenthalben verbreitet sind. Seine 10—20 cm hohen Stengel, welche sich im Sommer aus dem Humus des Waldgrundes erheben, sind dick, fleischig, saftreich, mit häutigen, durchscheinenden Schuppen reichlich besetzt. Halb verdeckt von den Schuppen, entwickeln sich an dem hakenförmig zurückgebogenen Ende des Stengels die zylind-

derförmigen Blüten, welche mit ihrer Mündung gegen den Boden gerichtet sind. Alles an diesen Pflanzen, Stengel, Blattschuppen und Blüten, ist von blasser, wachsgelber Farbe, und der allgemeine Eindruck, den sie hervorbringen, erinnert weit mehr an die Schuppenwurz oder das Dhnblatt als an eine Pirola. Gegen den Herbst zu, wenn aus den Blüten reife Früchte hervorgegangen sind, streckt sich das bisher herabgebogene Stengelende in die Höhe, der ganze oberirdische Teil der Pflanze bräunt sich, vertrocknet, und aus den kugeligen Früchten schüttelt der Wind bei jedem noch so leisen Anprall viele Tausende winziger, staubfeiner Samen heraus, welche gleich den Wintergrünssamen nur aus wenigen Zellen bestehen und keine Spur eines Embryos erkennen lassen. Unterirdisch aber leben die Stöcke, von denen sich im Sommer die bleichen Stengel in kleinen Gruppen und Horsten emporgehoben hatten, über Winter fort, und es bilden sich an ihnen auch viele neue Knospen aus. Gräbt man der überwinternden Pflanze nach und hebt man die sie bedeckende Dammerde ab, so findet man in der Tiefe von 10—40 cm korallenstockartige Massen vielfach verzweigter Wurzeln. Alle Wurzeln sind kurz, dick, fleischig und brüchig, kreuzen und verwickeln sich, sind mit den Wurzelästen von Fichten, Tannen und Buchen verwebt und in allen Zwischenräumen mit Dammerde erfüllt. Jedes Wurzelästchen ist bis zur fortwachsenden Wurzelspitze mit einem dicken Myzelmantel umgeben. Die Hyphenfäden dieses Myzeliums dringen nicht in das Gewebe der *Monotropa*-Wurzel



Keimung der *Lycopodium*-spore: 1 Keimende *Lycopodium*-spore. Ohne Gemischung eines Pilzes liefert die Spore einen fünfzelligen Körper. Die Zelle r ist das Rudiment des ersten Wurzelhaares. Von der Zelle s geht das Wachstum des Prothalliums aus. 2 Weiter entwickeltes Prothallium mit Fadentnäueln der Pilze in den inneren Zellen. Nach Bruchmann, „Prothallien und Keimpflanzen europäischer *Lycopodien*“. Gotha 1898.

ein und senken auch keine Haustorien in die oberflächlichen Zellen dieser Wurzeln. Die Hyphenfäden und die Oberhautzellen der Wurzel schließen aber so dicht und so ununterbrochen aneinander, daß der Durchschnitt eine vollständig geschlossene Gewebemasse zeigt.

Monotropa kann demnach ihre unterirdische Nahrung nur aus dem Hyphengeflechte des Myzelmantels entnehmen. Da sie ganz chlorophylllos ist, und da ihre oberirdischen Stengel und Blätter keine Spur von Spaltöffnungen zeigen, so ist geradezu ausgeschlossen, daß sie organische Stoffe erzeugt, und daß sie überhaupt mit Hilfe ihrer oberirdischen Teile an Substanz gewinnt. Alle Stoffe, aus denen sie sich aufbaut, erhält sie aus dem Myzelium des Pilzes, während sie umgekehrt an dieses Myzelium nichts abzugeben vermag, was sie nicht früher von diesem erhalten hätte. Wenn das Myzelium nachträglich aus der lebenden oder verwesenden Monotropa irgendwelche Stoffe bezieht, so sind diese nur zurückgenommen und nicht im Tausch erhalten. Daher kann hier von einer wechselseitigen Ergänzung, von einer Teilung der Arbeit, von einer Ernährungs-genossenschaft keine Rede sein.



1 Älteres Prothallium von *Lycopodium clavatum* L. 2 Prothallium mit einem Keimpflänzchen; die horizontale Linie entspricht der Bodenoberfläche; sie läßt erkennen, wie tief das Prothallium im Boden steht. Nach Bruchmann, „Prothallien und Keimpflanzen europäischer Lycopodien“. Göttingen 1895. (Zu S. 413.)

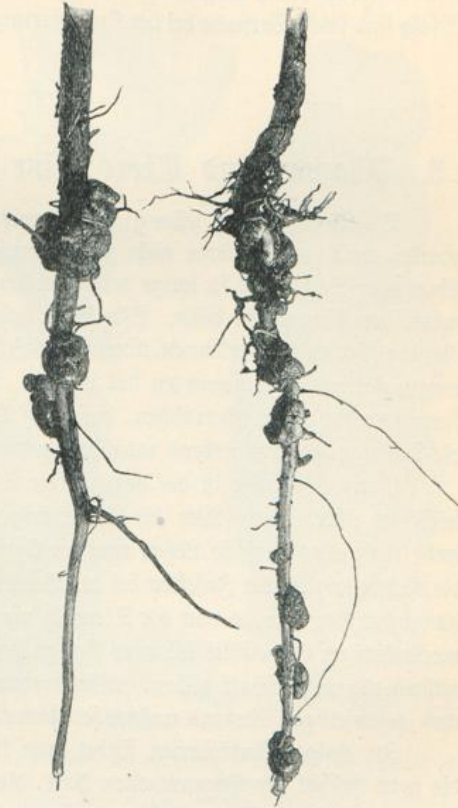
Die Monotropa wächst und nimmt an Umfang zu nur auf Kosten des Myzeliums, in welches sie eingebettet ist, und es liegt demnach hier der merkwürdige Fall vor, daß eine Samenpflanze in dem Myzelium eines Pilzes schmachtet. Die Erfahrung zeigt so häufig den umgekehrten Vorgang, daß wir uns mit der Vorstellung einer das Myzelium eines Pilzes ausfaugenden Samenpflanze nicht recht vertraut machen können; dennoch ist hier kaum eine andere Deutung möglich, denn alle die anderen Angaben, wonach sich Monotropa mit Baumwurzeln in Verbindung setzen soll, oder daß sie in den ersten Entwicklungsstufen ein Schmarotzer sei, sich aber später von ihrer Wirtspflanze ablöse und zu einer Verwesungspflanze werde, beruhen auf ungenauen Beobachtungen und sind längst widerlegt worden. Als Schmarotzerpflanze hätte Monotropa schon bei früherer Gelegenheit behandelt werden sollen; absichtlich wurde aber die Besprechung derselben dieser Stelle vorbehalten, weil ihre Ernährungsweise ohne Kenntnis der merkwürdigen Verbindung von Pilzmyzelien mit den Wurzeln grün belaubter Samenpflanzen nur schwierig hätte dargestellt und erklärt werden können.

Schließlich sei hier noch erwähnt, daß in neuerer Zeit mehrere tropische chlorophyllose Samenpflanzen aus der Familie der Gentianeen bekannt wurden, welche in betreff der Nahrungsaufnahme mit Monotropa große Übereinstimmung zeigen. Namentlich verdient hier der seltsamen auf Java einheimischen *Cotylanthra tennis* gedacht zu werden, eines kleinen, 5—8 cm hohen Pflänzchens von wachsgelber Farbe, mit chlorophyllosen, schuppenförmigen, über Kreuz gestellten Blättchen und viergliederigen Blüten. Die stellenweise aufgetriebenen Wurzeln sind mit einem Myzelmantel versehen, und das zarte Pflänzchen kann die Nahrung allem Anschein nach nur aus diesem Myzelmantel gewinnen. Die Arten der Gattung *Monotropa* sind daher keinesfalls die einzigen chlorophyllosen, bei ihrer Nahrungsaufnahme auf ein Pilzmyzelium angewiesenen Samenpflanzen und scheinen nur das Vorbild für eine in Beziehung auf die Nahrungsaufnahme überaus merkwürdige Pflanzengruppe zu sein.

Von großer praktischer Bedeutung für die Landwirtschaft ist die Entdeckung geworden, daß die Schmetterlingsblütler, zu denen unsere Hülsenfrüchte oder Leguminosen gehören, eine Verbindung mit Bakterien des Bodens eingehen und dadurch auf stickstoffarmem Boden, wo alle anderen Pflanzen verhungern würden, freudig gedeihen können. Nachdem durch die genauen Untersuchungen Boussingaults festgestellt worden war, daß keine grüne Pflanze den Stickstoff der Luft unmittelbar zur Ernährung benutzen kann (vgl. S. 55), wurden seit dem Jahre 1860 die Stimmen der Landwirte immer lauter, die behaupteten, es gäbe Kulturpflanzen, welche aus der Luft Stickstoff aufzunehmen vermöchten und daher auf dem schlechtesten Boden noch gezogen werden könnten. Alle diese Pflanzen gehören aber den kleeähnlichen Gewächsen, den Leguminosen, an. Wissenschaftlich genaue Untersuchungen haben die Richtigkeit der eben erwähnten Anschauung der Landwirte festgestellt und auch den Grund gefunden, weshalb die Leguminosen sich anders verhalten wie alle anderen Pflanzen.

Gewisse Bakterien, namentlich *Bacterium radicum*, siedeln sich an den Wurzeln der genannten Gewächse an und erzeugen dort knöllchenförmige Anschwellungen, in denen sie dann kolonienweise leben (s. nebenstehende Abbildung). Die grün belaubte Pflanze bietet demnach den Bakterien eine Heimstätte, liefert ihnen aber auch gewisse, in den grünen Blättern durch Assimilation erzeugte und zu den Wurzeln hingeleitete Stoffe, ohne welche die Vermehrung der Bakterien nicht stattfinden könnte. Die Gegenleistung der Bakterien besteht in der Bildung stickstoffhaltiger Verbindungen aus dem Stickstoff der Bodenluft im Bereiche der Wurzeln. Von da gelangen diese Verbindungen in die oberirdischen Teile der betreffenden Pflanze und werden dort in vorteilhafter Weise verwendet. Durch Versuche wurde ermittelt, daß die Wachstumsverhältnisse der Pflanzen, an deren Wurzeln sich Knöllchen mit Bakterien ausgebildet hatten, im Vergleich zu anderen Pflanzen, deren Wurzeln der Knöllchen entbehrten, wesentlich günstiger waren, und daß namentlich die Stickstoffmenge in den ersteren eine entschiedene Zunahme erfuhr. Zur Zeit der Samenreife findet man die Wurzelknöllchen von den Bakterien leer. Nachdem sie sich zunächst in dem Knöllchengewebe gewissermaßen gemästet haben und reich an eiweißähnlichen Stoffen geworden sind, werden die ganzen Bakterien von dem Wurzelgewebe der Leguminose verdaut und die Stickstoffverbindungen für diese selbst gewonnen.

Es hat sich aus diesen Verhältnissen die wichtige Praxis der Bodenverbesserung durch Lupinenkultur oder den Anbau anderer Leguminosen herausgebildet. Man erntet diese Pflanzen



Lupinenwurzeln mit durch Bakterien erzeugten Knöllchen.

nicht, sondern bringt sie durch den Pflug in grünem Zustande unter den Boden, und durch diese Gründüngung werden schlechte, stickstoffarme Böden allmählich für den Getreidebau verwendbar. Der durch Verwesung der Lupinen dem Boden einverleibte Stickstoff hat dieselbe Wirkung, als ob man mit Salpeter düngte, ist aber bei weitem billiger. Vorbedingung des Gelingens ist natürlich das Vorhandensein der Salpeterbakterien im Boden; wo diese fehlen, können an den Lupinenwurzeln keine Bakterienknollen entstehen. In der Regel enthält auch schlechter Boden Nitrobakterien. Ist das nicht der Fall, so impft man den Boden mit Nitrobakterien durch Aufstreuen von bakterienhaltiger Erde oder durch andere Methoden. Mit Erfolg sind solche Versuche bei der Kultivierung der Moore Norddeutschlands ausgeführt worden.

3. Pflanzen und Tiere, eine große Ernährungs-genossenschaft.

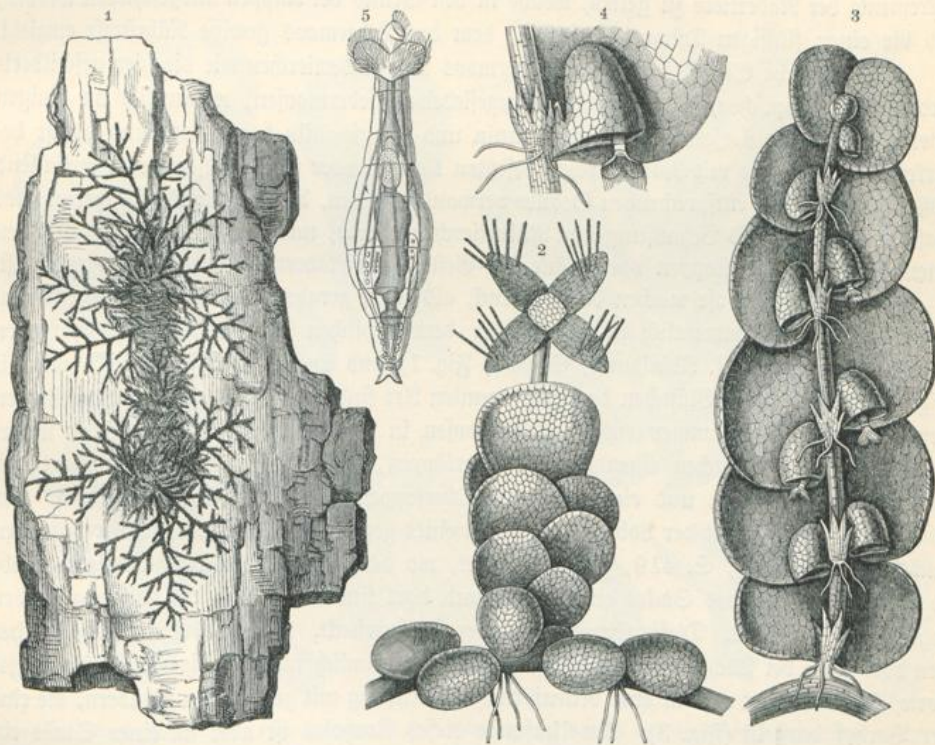
Die Tatsache, daß pflanzliche Organismen von ganz verschiedener Art sich zu Lebenszwecken verbinden, würde nicht so überrascht haben, wenn man sich nicht an der Hand Linné'scher Systematik so lange dem Glauben an die unüberbrückbare Trennung der Organismenreihen hingegeben hätte. Wir sehen heute die Natur ganz anders an als diese scholastische Naturgeschichte und erkennen überall ein Zueinandergreifen der Organismen zum Zwecke der mannigfaltigsten Förderungen des Lebens. Nach dem im vorangehenden Kapitel Mitgeteilten kann es nicht mehr überraschen, daß auch Tiere und Pflanzen Genossenschaften bilden, um die Bedingungen des Lebens möglichst auszunutzen.

Ganz allgemein ist die gegenseitige Abhängigkeit der Pflanzen und Tiere voneinander leicht zu überblicken. Wer die Bedeutung und Tätigkeit des Chlorophylls verstanden hat, weiß, daß alles tierische Leben von der Existenz der Pflanzen abhängt, und wenn wir später die Notwendigkeit der Insekten bei der Befruchtung der Blüten studieren werden, wird die Abhängigkeit der Pflanze von der Tierwelt nochmals klar hervortreten. Jedoch auch eine Anzahl merkwürdiger Einzelfälle lohnt es sich zu besprechen, wo gewisse Pflanzen und Tiere eine Ernährungs-genossenschaft bilden. Wir werden dabei, wie oben, verschiedene Stufen einseitigen und gegenseitigen Nutzens nachweisen können.

In einigen Radiolarien findet man kleine, grüne oder gelbliche kugelförmige Körper, die man früher für Pigmentzellen hielt, die sich aber als kleine Algen herausstellten, deren Zellen mit echtem Chlorophyll ausgestattet sind. Ähnlich verhält es sich bei dem Süßwasserpolyphen Hydra und den meerbewohnenden Seeanemonen, bei *Stentor polymorphus*, *Spongilla fluviatilis*, *Convoluta Roscoffiensis* und mehreren anderen Wassertieren. Auch mit diesen finden sich Algenzellen in genossenschaftlichem Verbands, Zellen mit einer aus Zellstoff gebildeten Haut und mit Chlorophyll und Stärkekörnern im Zellenleibe. Diese Algen bringen den Tieren, mit denen sie sich verbunden haben, keinerlei Nachteil, wohl aber einen Vorteil, und dieser besteht darin, daß die grünen Zellen unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen die Kohlensäure spalten und dabei Sauerstoff ausscheiden, der unmittelbar von den Tieren aufgenommen werden und bei der Atmung und den damit zusammenhängenden Lebensprozessen Verwendung finden kann. Auch sind die Tiere vielleicht Nutznießer der durch die Algenzellen erarbeiteten Nährstoffe. Umgekehrt wird die mit dem Tierleibe verbundene Alge aus diesem insofern wieder einen Vorteil ziehen, als sie aus ihm die bei der Respiration

abgegebene Kohlen säure aus erster Hand erhält. Die kleinen mit dem Tiere verbundenen Algen sind also auf keinen Fall als Schmarozer aufzufassen, auch die Tiere können wohl nicht als Parasiten der Algen angesehen werden, und es liegt demnach hier eine ganz ähnliche wechselseitige Unterstützung, ein ganz ähnliches, zum Vorteile beider Parteien dienendes Bündnis vor, wie es bei den Flechten und den anderen früher besprochenen Pflanzen beobachtet wird.

Ein merkwürdiges Zusammenleben besteht auch zwischen mehreren Lebermoosen aus der Gattung *Frullania* und den Nädertierchen aus der Gattung *Callidina*. Die unten ab-



1 *Frullania dilatata*, eine Jungermanniaze, auf der Rinde eines Ahornbaumes, natürl. Größe; 2 ein Stück dieser Pflanze mit einem klappig aufgesprungenen Sporangium; auf der Fläche der Klappen des Sporangiums die Schleudern (Elatere), 20fach vergrößert; 3 ein Stück der *Frullania* von der unteren, der Rinde aufliegenden Seite gesehen; aus drei Wasserbehältern strecken die Nädertierchen ihre Nädertierorgane vor, 25fach vergrößert; 4 ein einzelner Wasserbehälter mit einem darin stehenden Nädertierchen, 30fach vergrößert; 5 ein aus dem Wasserbehälter genommenes Nädertierchen (*Callidina symbiotica*), 100fach vergrößert.

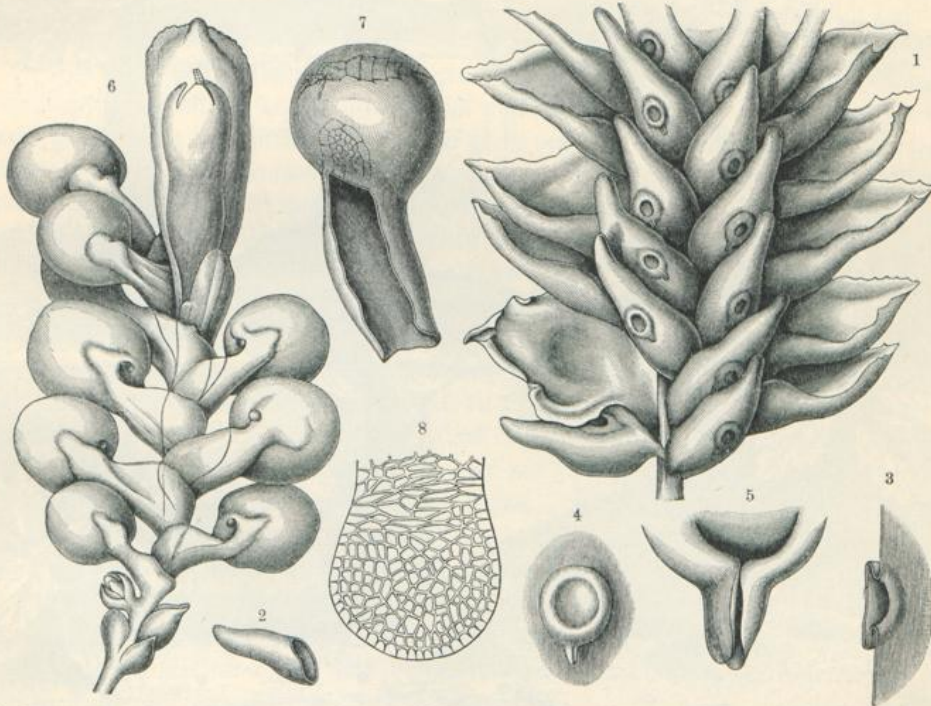
gebildete Lebermoosart *Frullania dilatata* wächst auf der Rinde alter Bäume. Sie ist dieser mit den an zierliche Dendriten erinnernden Verzweigungen dicht angeschmiegt (Fig. 1) und zeigt unter zwei Reihen flacher rundlicher, sich teilweise deckender Blättchen zwei Reihen von kappen- oder sackförmigen Gebilden und noch eine mittlere Reihe von zerschlitzten Schuppen, sogenannten Amphigastrien, und haarförmigen Haftzellen (Fig. 3). Die Aufnahme der Nährsalze kann *Frullania* nur durch Vermittelung des Regenwassers bewirken. Wenn das Regenwasser über die Rinde der Bäume herabrieselt, so schwemmt es immer verschiedene mineralische Staubteilchen und eine nicht unbedeutende Menge von Sporen, Pollenzellen, Nostocazeen, Infusorien u. s. f. mit fort. Dieses Schwemmwasser dringt auch in die Räume zwischen der Rinde und der ihr aufliegenden *Frullania* und wird dort längere Zeit zurückgehalten. Die

lebenden, im Schwemmwasser enthaltenen Organismen können freilich von der *Frullania* nicht als Nahrung benutzt werden. Was aber nicht unmittelbar möglich ist, geschieht mittelbar. Die Kappen oder Säcke bilden nämlich die Behausung kleiner Rädertiere (*Callidina symbiotica* und *Leitgebii*; Fig. 3, 4 und 5), welche sich von den mit dem Wasser zugeführten Organismen ernähren. Dafür, daß den Rädertieren in den kappenförmigen Aushöhlungen eine ruhige Heimstätte und die nötige Nahrung in der nächsten Umgebung geboten wird, versorgen sie wieder das Lebermoos mit stickstoffhaltiger Nahrung. Als solche haben nämlich die Exkremente der Rädertiere zu gelten, welche in den Grund der Kappen ausgeschieden werden, und die einen flüssigen Dünger darstellen, dem das Lebermoos gewisse Nährstoffe entzieht.

Eine ähnliche Genossenschaft von Lebermoos und Rädertierchen wie die hier geschilderte wird auch an tropischen, auf Baumborke angesiedelten Lebermoosen, namentlich an einigen Arten der Gattung *Lejeunia*, *Jungermannia* und *Plagiochila* beobachtet, und es ist bemerkenswert, daß die mit Rädertierchen besetzten Kappen oder Säcke dieser Arten auffallend größer sind, als die entsprechenden Gebilde verwandter Arten, die nur zur Aufspeicherung des Wassers und nicht als Behausung von Rädertierchen dienen, und daß bei einigen brasilischen Arten die Form der Kappen oder Säcke der Gestalt der Rädertierchen genau angepaßt ist.

Manche Lebermoose machen den Eindruck, als ob sie geradezu auf den Fang von kleinen Tieren ausgingen; namentlich ist dies bei der dem tropischen Gebiete Asiens angehörenden *Pleurozia gigantea* (s. Abbildung, S. 419, Fig. 1) und an *Colurolejeunia Naumannii* (Fig. 6) der Fall. Die Blättchen der erstgenannten Art sind wie bei allen unter dem Namen *Jungermannia* zeeen zusammengefaßten Lebermoosen in der Anlage zweilappig. Man unterscheidet an jedem Blättchen einen kleinen Unterlappen, welcher der Baumborke anliegt und *Lobulus* genannt wird, und einen größeren Oberlappen, der den *Lobulus* überdeckt. Bei *Pleurozia gigantea* hat der *Lobulus* die Form eines gegen das freie Ende sich verengernden Sackes (s. Abbildung, S. 419, Fig. 2). Dort, wo der *Lobulus* von dem Oberlappen abbiegt, ist die Wand des Sackes eingestülpt, und dort findet sich auch ein Eingang in den Hohlraum des Sackes. Dieser Eingang ist aber sehr versteckt. Das kreisrunde Loch, welches man dort schon bei flüchtiger Betrachtung bemerkt, ist nämlich nicht die eigentliche Eingangspforte, sondern führt nur in eine beckenförmige Vertiefung mit gewulsteten Rändern, die eine Art Vorhof darstellt (Fig. 3). Am Umfange dieses Vorhofes ist aber an einer Stelle ein Spalt (Fig. 4), und durch diesen Spalt führt der Weg in den Hohlraum des Sackes. Der Spalt ist von zwei in den Hohlraum hineinragenden zusammenschließenden Klappen eingefaßt, von denen die eine größere aus derben Zellen besteht, unbeweglich ist und eine Hohlkehle darstellt, während die zweite ein zartes, flaches Häutchen bildet, das in einem Scharnier beweglich ist und wie ein Deckel auf der unbeweglichen hohlkehlenförmigen Klappe aufliegt (Fig. 5). Wenn ein Tier durch den Spalt in den sackartigen Hohlraum eindringen will und einen Druck auf die deckelartige Klappe ausübt, so wird diese emporgehoben, und die Eingangspforte ist geöffnet. Sobald das Tier aber im Inneren des sackartigen Hohlraumes angekommen ist, legt sich die deckelartige Klappe sofort wieder auf die ruhende Klappe an. Das Tier ist im Sack gefangen, da es den Deckel von innen nicht öffnen kann. Die zweite der obengenannten Arten, *Colurolejeunia Naumannii*, hat Blättchen, welche in der unteren Hälfte rinnenförmig sind, gegen das freie Ende zu aber in einen linsenförmigen Sack übergehen (Fig. 6). An der Grenze von Rinne und Sack ist eine seltsame Vorrichtung ausgebildet. Bismlich derbe, wulstige Zellen bilden dort die hufeisenförmige Umrahmung einer in das

Innere des linsenförmigen Sackes führenden Pforte (Fig. 7). Diesem Rahmen liegt an der Innenseite eine leicht bewegliche Klappe auf. Wenn man den Rahmen mit einem Torbogen vergleicht, so könnte diese Klappe mit einer Falltür verglichen werden. Sie ist etwas größer als die Öffnung des Torbogens, öffnet sich leicht bei einem Anstoß von außen, gestattet auch kleinen Tieren den Eingang in den Sack, legt sich aber sofort, nachdem die Tiere eingedrungen sind, wieder an den Rahmen an, ist von innen nicht mehr zu öffnen und verwehrt den eingedrungenen Tieren den Rückweg. Die Beweglichkeit und das feste Anschließen der Klappe

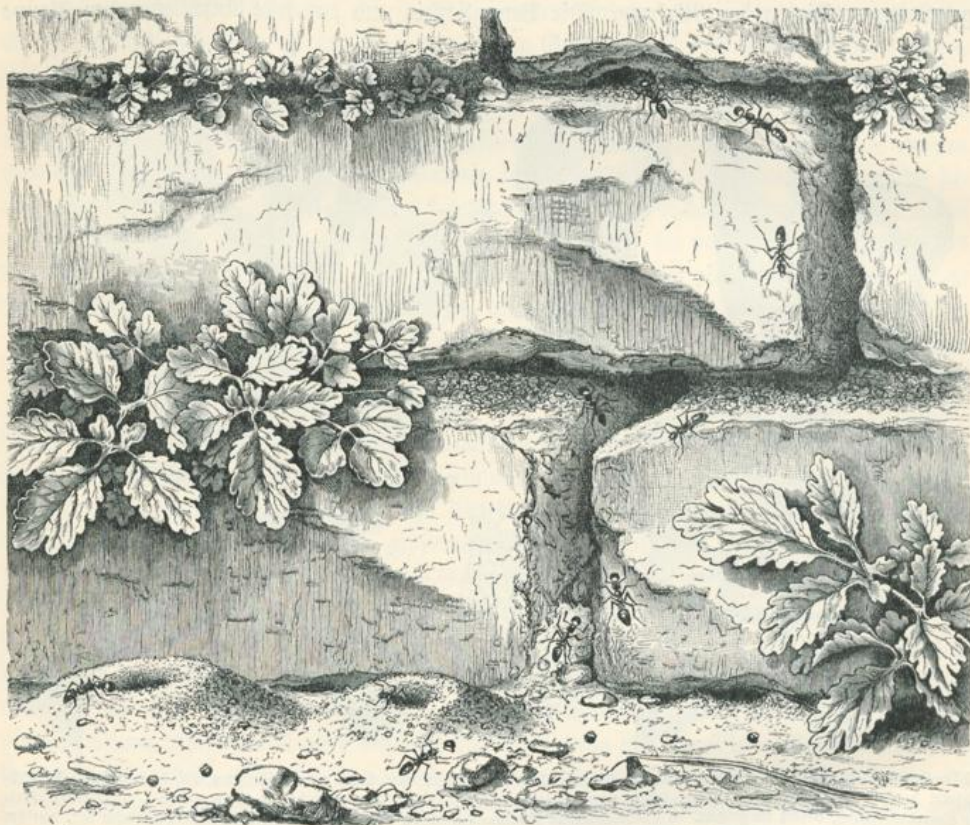


Tierfangende Lebermoose: 1 *Pleurozia gigantea*, 10fach vergrößert; 2 Lobulus eines Blättchens, 10fach vergrößert; 3 Durchschnitt durch den Vorhof der Höhlung, 20fach vergrößert; 4 Vorhof und Klappenverschluss von innen gesehen, 20fach vergrößert; 5 Klappenverschluss, 80fach vergrößert; 6 *Colurolejeunea Naumannii*, 20fach vergrößert; 7 einzelnes Blättchen dieser Art, von der Ventralseite gesehen; durch die Wand des linsenförmigen Sackes sieht man den Umriss eines gefangenen und verendeten Tieres, 32fach vergrößert; 8 bewegliche Verschlussklappe an der Eingangspforte in den linsenförmigen Sack, 140fach vergrößert. (Zu S. 418—419.)

wird durch ihren eigentümlichen Zellenbau bewirkt (Fig. 8). Die Zellen an der Basis der Klappe sind in die Quere gestreckt und bilden ein leicht bewegliches Scharnier, die des Mittelfeldes sind parenchymatisch, und jene des freien Randes zeigen außerordentlich verdünnte Wände, wodurch sie sich fest an den hufeisenförmigen Rahmen anschmiegen können.

Solche Genossenschaften erinnern aber wieder an andere analoge Beziehungen von Tieren und Pflanzen, auf welche, wenn sie auch später erst eingehender behandelt werden können, doch schon hier hinzuweisen ist. Eine große Zahl von Samenpflanzen scheidet in den Blüten Honig aus und bietet ihn fliegenden Insekten an, welche sich reichlich einstellen und dafür den besuchten Pflanzen den Gegendienst erweisen, daß sie den Blütenstaub oder Pollen von Blüte zu Blüte übertragen und so die Bildung von Früchten und keimfähigen Samen veranlassen. Zuweilen werden dabei auch besondere Ziele erreicht. Gewisse kleine

Schmetterlinge (Motten), welche die Blüten der *Yucca* besuchen, bringen den Blütenstaub zu den Narben und stopfen ihn in die Narbenhöhle, damit aus den Fruchtanlagen reife Früchte und Samen werden, was für diese Motten eine wahre Lebensfrage ist. Die Motten legen nämlich in den Fruchtknoten der *Yucca* ihre Eier, aus den Eiern gehen Larven hervor, und diese leben ausschließlich von den Samen dieser Pflanze. Würde die *Yucca* nicht befruchtet werden und keine Samen ausbilden, so müßten die Larven Hungers sterben.



Ameisenstraße mit *Chelidonium majus*.

Ähnlich verhält es sich noch in so manchen anderen Fällen, wo sowohl das Tier als die Pflanze einen Vorteil hat. Das Schöllkraut (*Chelidonium majus*) erzeugt Samen, welche mit einem verhältnismäßig großen fleischigen Wäzchen, der sogenannten Nabelschwiele, besetzt sind. Die Ameisen, denen das fleischige, saftreiche Gewebe der Nabelschwiele zur Nahrung dient, tragen diese Samen in ihre Baue. Bei dieser Gelegenheit werden die Samen des Schöllkrautes verbreitet; sie werden durch die Ameisen an Stellen angesiedelt, wo die Verhältnisse für sie sehr günstig sind, beispielsweise in den Ritzen senkrechter Mauern, zu denen sie ohne Beihilfe der Ameisen nicht gelangen könnten (s. obenstehende Abbildung). Zahlreiche Stauden, Sträucher und Bäume entwickeln fleischige, saftreiche Früchte, welche den Drosseln zur Nahrung dienen. Die Samen dieser Früchte, welche ihre Keimkraft während des Durchganges durch den Darmkanal der genannten Vögel nicht verlieren, werden mit den Excrementen

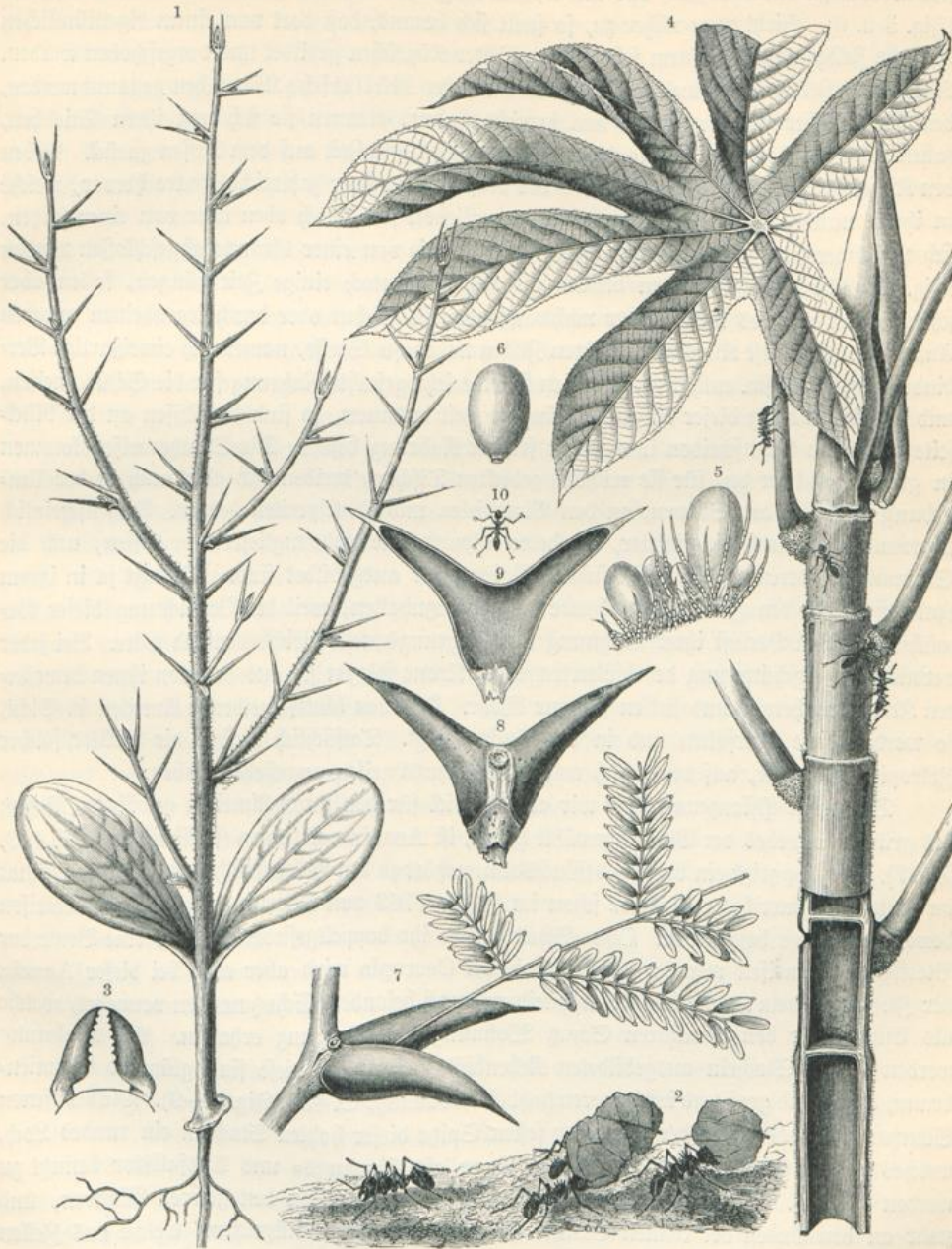
abgesetzt, und zwar an Stellen, zu denen sie weder der Wind noch das Wasser hinbringen könnten. Aus dem mit den Excrementen gedüngten Boden keimen dann kräftige junge Pflanzen hervor. Einige nordamerikanische Weißdornsträucher sind an ihren Ästen und Zweigen mit langen holzigen, nach abwärts gerichteten spitzen Dornen besetzt, welche verhindern, daß größere Tiere, zumal Katzen, in die Kronen dieser Sträucher emporklettern. Im Wiener Botanischen Garten werden diese Kronen von den Amseln ausgewählt, um sich darin ihre Nester zu bauen. Dort sind ihre Zungen und sie selbst gegen die Angriffe der Katzen vortrefflich geschützt. Dafür vertilgen die Amseln alle zu den Weißdornblüten anfliegenden schädlichen Insekten sowie die Raupen, welche das Laub in der Umgebung der Nester abfressen könnten, und helfen die fleischigen Früchte der Weißdornsträucher verbreiten.

Aus alledem geht aber hervor, daß die gegenseitigen, durch die Nahrungsgewinnung veranlaßten Beziehungen der Pflanzen sowohl untereinander als auch zu den Tieren ungleichmäßig und oft in der seltsamsten Weise verkettet und verschlungen sind, wie schon ein Beispiel lehrt. Die Saugwurzel der Schwarzpappel ist mit einem Myzelmantel von Pilzen überzogen, und der Pilz ist ein Ernährungsgenosse des Baumes. Den Schwarzpappelwurzeln heftet an den vom Myzel freigelassenen Stellen die Schuppenwurz ihre Saugwarzen auf und entnimmt diesen Wurzeln die durch Vermittelung des Myzels aus der Erde genommenen Nährstoffe. In ihre Blatthöhlungen scheidet die Schuppenwurz Wasser aus und lockt dadurch kleine Tiere an, dort einen Vorteil zu finden. An den Ästen des Pappelbaumes wird durch die Misteldrossel die Mistel angesiedelt. Die Misteldrossel nimmt die Beeren der Mistel als Nahrung und erweist dafür dieser Pflanze den Dienst, die Samen zu verbreiten und sie auf anderen Bäumen anzusiedeln. Die schwarze Mistel entnimmt dem Holze des Pappelbaumes ihre flüssige Nahrung, aber ihre Stämme sind wieder mit Flechten besetzt, und diese Flechten sind eine Ernährungsgenossenschaft von Algen und Pilzen. Im Holze der Pappelstämme verbreitet sich wieder das Myzelium von Hutpilzen (*Panus conchatus* und *Polyporus populinus*), und die Laubblätter sind besetzt mit dem orangefarbenen Pilze *Melampsora populina*. Überdies leben an den Pappelzweigen und Pappelblättern nicht weniger als drei gallenerzeugende *Pemphigus*-Arten, und es nähren sich an ihnen mehrere Käfer und Schmetterlinge. An der Borke alter Stämme siedeln sich gewisse Moose und Lebermoose, unter den letzteren auch die oben erwähnte, mit Nädertierchen besetzte *Frullania* an.

Zählt man alle Pflanzen und Tiere, welche von, auf, in und mit einem Pappelbaum leben, so stellt sich die Zahl von nahezu einem halben Hundert Arten heraus! Welch merkwürdiges Ineinanderspielen verschiedenster Lebensziele. Immer sucht einer die vom anderen geschaffenen Bedingungen zu nutzen, um sein eigenes Leben zu betätigen. In dieser Beziehung sind auch gewisse Pilze zu beachten, die man wegen der schwarzen Überzüge, die sie auf Blättern bilden, im Gegensatz zum Meltau Rußtaupilze nennt. Sie gehören der Gattung *Fumago* an und treten auf den Blättern von Weiden, Pappeln, Birken und Linden auf, aber nur dann, wenn Blattläuse diese Blätter mit ihrem Zuckerssekret besprizen, eine Erscheinung, die man Honigtau nennt. Obwohl der Rußtau nur auf Blättern vorkommt, ist er keineswegs ein Parasit und nicht an diese Blätter gebunden, sondern lebt saprophytisch von dem Zuckerüberzug, den ein Insekt zufällig dort erzeugt.

Überraschend ist das stete Zusammenleben von manchen tropischen Pflanzen mit Ameisen, welches so beständig vorkommt, daß man solche Pflanzen als Ameisenpflanzen oder myrmekophile Pflanzen bezeichnet hat.

Aus der nicht unbedeutenden Zahl der hierhergehörigen, in neuerer Zeit bekannt gewordenen Fälle sollen nur zwei geschildert und durch Abbildungen erläutert werden, nämlich *Cecropia cinerea* (s. Abbildung, S. 423, Fig. 4) und *Acacia cornigera* (s. Abbildung, S. 423, Fig. 7). Die erstere gehört einer Gattung der Maulbeergewächse an, welche in Amerika von Mexiko bis Südbrasilien verbreitet ist und ungefähr 40 Arten zählt. Dasselbe Gebiet wird auch von den sogenannten Blattschneiderameisen bewohnt, welche zu den gefährlichsten Zerstörern der Blätter zählen. Diese merkwürdigen Tiere, als deren Vorbild *Atta Hystrix* auf S. 423, Fig. 2, abgebildet ist, schneiden mit ihren scherenartigen Kinnbacken (Fig. 3) Stücke aus dem Rande der Blätter heraus, halten dieselben wie Schirme über den Kopf und schleppen sie in ihre Nester. Die Blattstücke dienen ihnen dort zur Anlage von „Pilzgärten“. In die Nester gebracht, verschimmeln nämlich die Blattstücke, und das entstandene zarte Pilzmyzelium bildet dann die Nahrung der Larven dieser Kerfe. Da für diese Ameisen die geernteten Blattstücke ganz unverdaulich sind, lassen sie die darin enthaltenen Nährstoffe erst von einem Pilz in ähnlicher Weise in verdaulichere Nahrung umwandeln, wie wir die Blattnahrung der Gräser erst in das Fleisch unserer Rinder umwandeln lassen und dieses genießen. Wenn man die Ameisen mit ihren Blattstücken unter eine Glasglocke setzt und beobachtet, so fressen sie die Blattstücke nicht, sondern verhungern. Da gewöhnlich Tausende der Blattschneider in langen Zügen ausziehen, um das grüne Gewebe aus den Blättern der ihnen zusagenden Pflanzen zu schneiden, so stehen die überfallenen Stöcke nachträglich als elende Krüppel da, die statt der grünen Blätter nur noch Gerippe aus den festen Gefäßbündelsträngen tragen. Daß die Blätter der Zekropien den Blattschneidern sehr begehrenswert sind, geht daraus hervor, daß diejenigen, welche gegen die Angriffe dieser Tiere nicht geschützt sind, regelmäßig überfallen, zerschnitten und vernichtet werden. Die Mehrzahl der Zekropien ist aber geschützt, und zwar merkwürdigerweise durch andere, sehr bissige und giftige Ameisen aus den Gattungen *Azteka* und *Crematogaster*, welchen von den schutzbedürftigen Pflanzen Wohnung und Nahrung geboten wird. Als Wohnung dienen Hohlräume im Stamme der *Cecropia*. Der Stamm ist, ähnlich dem der Doldenpflanzen, gegliedert. Zwischen zwei Knoten, welche die Ansatzpunkte der Blätter bilden, ist jedesmal ein Zwischenknotenstück (*Internodium*) eingeschaltet, das anfänglich mit Mark erfüllt ist, aber sehr bald hohl wird und dann eine zylindrische Kammer darstellt (Fig. 4). An jedem Zwischenknotenstücke bemerkt man an einer Seite eine feichte Rinne und am oberen Ende dieser Rinne einen ovalen Eindruck von der Größe eines Stecknadelskopfes. Dort ist das Gewebe der Wand verhältnismäßig dünn und leicht zu durchbohren. Das befruchtete Weibchen einer Art der Schutzameisen bohrt dort ein Loch in die Wand, bezieht den Hohlraum des betreffenden Zwischenknotenstückes als Wohnung und legt hier Eier. Das Loch in der Wand schließt sich wieder durch ein wucherndes Gewebe, dessen saftreiche Zellen von dem nun vollständig eingeschlossenen Weibchen als Nahrung benutzt werden. Später, wenn sich aus den Eiern und Larven Arbeiter entwickelt haben, wird von diesen das Loch wieder eröffnet. Auch in den Scheidewänden, welche die übereinanderstehenden Kammern des Stammes trennen, werden Löcher ausgebissen, so daß immer mehrere dieser Kammern miteinander in Verbindung stehen. Die Kammern bilden nun die Behausung zahlloser Schutzameisen. Die Nahrung, welche diesen von der *Cecropia* geboten wird, findet sich an der Außenseite der kurzen, aber auffallend verdickten Blattstielbasis. Man bemerkt dort schon an dem ganz jungen Blatte, von dem sich eben erst das Hüllblatt ablöst, einen weißen Wulst von quer-ovalem Umriß (Fig. 4). Dieser Wulst gestaltet



Schutz des grünen Gewebes gegen die Angriffe der Tiere: 1 *Acanthosicyos horrida*, mit grünen, bedornen Zweigen (zu S. 119 u. 135). Ameisenpflanzen: 2 Blattschneiderameise *Atta Hystrix*, 3 Kinnbäden der *Atta Hystrix*, 10fach vergrößert; 4 *Coccoloba cinerea*, die zwei unteren Internodien des Stammes der Länge nach aufgeschnitten, oben die Schutzameise *Azteca instabilis* bei ihren Futterplätzen; 5 Müller'sche Körperchen zwischen den Haaren der Futterplätze an der Basis der Blattstiele, 15fach vergrößert, 6 ein einzelnes abgelöstes Müller'sches Körperchen, 20fach vergrößert; 7 *Acacia corailgora*, 8 die in hohle Stacheln umgewandelten Nebenblätter von unten gesehen, 9 Durchschnitt durch einen solchen Stachel; 10 Schutzameise *Pseudomyrma Belti*. Die Ameisen nach Exemplaren aus der Sammlung des Myrmekologen Prof. G. Mayr in Wien. (Zu S. 422—425.)

sich alsbald zu einem Rissen, das mit weißen Kügelchen wie mit Insekteiern besetzt erscheint (Fig. 5 u. 6). Sieht man näher zu, so stellt sich heraus, daß dort von einem eigentümlichen Gewebe Zellgruppen in Form sehr kurz gestielter Kügelchen gebildet und vorgeschoben werden. Wenn diese Zellgruppen, welche nach ihrem Entdecker Müller'sche Körperchen genannt werden, den Durchmesser von nahezu 1 mm erreicht haben, trennen sie sich von ihren Stielchen, fallen aber nicht sogleich ab, sondern bleiben noch kurze Zeit auf dem Rissen zurück. Neben den Kügelchen gehen aus dem Gewebe des Risses auch sehr zahlreiche Haare hervor, welche in ihrem unteren Teile perlenkornförmig gegliedert sind, nach oben aber von einer spitzen, sich verlängernden Zelle mit sehr engem Lumen wie von einer Granne abgeschlossen werden (Fig. 5). An diesen Granen bleiben die Kügelchen noch einige Zeit hängen, fallen aber schließlich infolge des Druckes der nachwachsenden Kügelchen oder durch irgendeinen anderen Anstoß ab. Da diese Kügelchen in ihren Zellen nahrhafte Stoffe, namentlich eiweißartige Verbindungen, Fett usw. enthalten, so bilden sie eine sehr gesuchte Nahrung für die Schutzameisen, und da die Bildung dieser Kügelchen längere Zeit andauert, so sind die Rissen an der Rückseite der dicken Blattscheiden immer mit frischer Nahrung besetzt. Die Schutzameisen kommen in großer Zahl zu den für sie reichlich gedeckten Tischen, treiben sich aber auch in der Umgebung derselben am Stamm, an den Blattstielen und Blattspreiten herum. Augenscheinlich überwachen sie auch die Blätter, an deren Grunde die nahrungsliefernden Rissen, und die Stämme, in deren Hohlräumen sichere Wohnungen ausgebildet sind. Es liegt ja in ihrem Interesse, jede den Zekropien drohende Gefahr abzuhalten, weil die Vernichtung dieser Gewächse mit dem Verlust ihrer Wohnung und Nahrungsquelle gleichbedeutend wäre. Bei jeder verdächtigen Erschütterung der blättertragenden Krone stürzen sie aus den von ihnen bewohnten Kammern hervor und stellen sich zur Wehr. Kommen blattschneidende Ameisen in Sicht, so werden diese überfallen und in die Flucht gejagt. Tatsächlich bleiben die Blätter solcher Zekropien verschont, auf denen sich wehrhafte Schutzameisen angesiedelt haben.

Die zweite Pflanzenart, die wir als Beispiel für den durch Ameisen gewährten Schutz des grünen Gewebes der Blätter gewählt haben, ist *Acacia cornigera* (s. Abbildung, S. 423, Fig. 7). Dieselbe zeigt ein buschiges Wachstum, gehört zu den Hülsenfrüchtlern, hat ihre Heimat im zentralen Amerika und wurde schon im Jahre 1763 von Jacquin als eine von Ameisen bewohnte Pflanze beschrieben. Ohne Schutz würde ihr doppeltgedecktes Laub eine Beute der Blattschneiderameisen werden. Ähnlich wie bei *Cecropia* wird aber auch bei dieser *Acacia* der Zutritt zu dem Laube den Blattschneidern durch besondere Schutzameisen verwehrt, welche als Entgelt für den gewährten Schutz Wohnung und Nahrung erhalten. Als Wohnung werden die zu Stacheln ausgebildeten Nebenblätter benutzt. Diese sind glänzend kastanienbraun, auffallend groß und im Inneren hohl (s. Abbildung, S. 423, Fig. 7—9). Die berufenen Schutzameisen bohren in der Nähe der festen Spitze dieser hohlen Stacheln ein rundes Loch, welches gerade groß genug ist, um von ihnen als Eingangs- und Ausfallstor benutzt zu werden (Fig. 8). Die Nahrung findet die Ameisenbesatzung an den grünen Blättern, und zwar an den Enden der kleinen Blattfiedern in Form kleiner Kügelchen, welche aus Zellen mit nahrhaftem Inhalte zusammengesetzt sind (Fig. 7). Wohnung und Nahrung der Schutzameisen werden demnach bei *Acacia cornigera* aus anderen Organen und an anderen Stellen ausgebildet als bei den Zekropien, aber im übrigen sind hier die Verhältnisse und Beziehungen der Blattschneider- und Schutzameisen unter sich und zu der Pflanze dieselben. Gewiß ist, daß die von der Schutzameise *Pseudomyrma Belti* (Fig. 10) besetzten Stöcke der

Acacia cornigera niemals von den Blattschneidern beschädigt werden; die in Stacheln umgewandelten Nebenblätter bilden eine weitere Schutzwehr des grünen Laubes.

Es mag hier auch der in die Reihe der Ameisenpflanzen gestellten Gattungen *Myrmecodia* und *Hydnophytum* gedacht sein, deren Arten der Baumborke als Epiphyten aufsitzen. Der knollenförmige Stamm dieser seltsamen Gewächse bildet sozusagen einen einzigen, mit zahlreichen Kammern und Gängen durchsetzten großen Wasserspeicher. In den Kammern haufen Ameisen, welche bei etwaigen Angriffen auf die Knollen aus ihren Behausungen hervorstürzen und sich zur Wehr setzen. Daß sich in der trockenen Jahreszeit auf die wasserhaltigen Knollenstämme die Angriffe dürstender Tiere richten, ist begreiflich, und ebenso begreiflich ist, daß die Bewohner dieser Knollenstämme dergleichen Angriffe zu verhindern und abzuwehren suchen. Es verhält sich hier ähnlich wie mit den wasserreichen Kakteen des tropischen und subtropischen Amerika, welche von den weidenden Tieren, namentlich den Einhufern, in der trockenen Jahreszeit als Wasserquellen aufgesucht werden, aber durch die spitzen, starrenden Stacheln gegen diese Angriffe geschützt sind. In diesem Sinne mögen die wehrhaften Ameisen in den Knollen der genannten Pflanzen, gerade so wie die spitzen Stacheln der Kakteen, als eine Schutzwehr für das wasserhaltende Gewebe gegen die Angriffe dürstender Tiere anzusehen sein.

Manche tropischen Ameisenarten führen noch andere Kulturen aus, wie die obengenannten Blattschneider in ihren Pilzgärten, die aber ebenfalls sehr merkwürdig erscheinen. Sie ziehen nämlich Blütenpflanzen, indem sie deren Samen auslesen und in die Wand ihres Nestes stecken, wo sie dann munter heranwachsen. Am Amazonasstrom sieht man auf den Bäumen und Sträuchern dichte Anhäufungen von Pflanzen, Arazeen, Bromeliazeen, Piperazeen, Morazeen, Kakteen, Solanazeen, Gesneriazeen, in buntem Gemisch. Sie entsprossen den faust- oder kopfgroßen Ameisenestern, deren äußere Wand sie ganz bedecken. Man hat durch Beobachtung festgestellt, daß die Samen dieser Pflanzen tatsächlich von Ameisen hingeschleppt und eingepflanzt wurden. Manchmal nehmen diese Ameisengärten gewaltige Dimensionen an und tragen Pflanzen mit 3 m langen Blättern (*Streptocalyx angustifolius*); sie können dann ein Gewicht von einem Zentner und mehr erlangen. Die Pflanzen bilden offenbar einen Schutz für das Nest, namentlich gegen die heftigen tropischen Regenfälle. Es eignen sich nun nicht alle Epiphyten zum Wachsen auf der Nestunterlage; daher ist es besonders merkwürdig, daß die Ameisen gewisse Pflanzen aus der reichen Flora ausgewählt haben, so daß diese Ameisengärten eine ganz besondere, übereinstimmende Flora besitzen.

In unserem Klima gestalten sich ähnliche Verhältnisse einfacher, fehlen aber nicht. Manche Blätter besitzen an der Unterseite, in den Winkeln der Blattnerven, kleine Haarschöpfe, die sich leicht an jedem Lindenblatt beobachten lassen. Sie umschließen mit dem zugehörigen Blattflächenstück und den Nerven einen Hohlraum, der während des Sommers von Milben bewohnt wird. Man nennt daher diese Räume Domatien (Wohnungen). Solche Domatien in verschiedener Form sind bei den Laubpflanzen weit verbreitet; Lundström hat 240 verschiedene Pflanzen mit Domatien aufgezählt, die teils als kleine behaarte Grübchen, teils als taschenförmige Höhlungen auftreten. Die Pflanzen hegen also offenbar durch Ausbildung der Domatien, die nicht infolge der Anwesenheit der Milben, sondern vor deren Zuwanderung entstehen, die tierischen Bewohner. Der Nutzen für die Pflanzen ist vielleicht darin zu erblicken, daß die Milben Pilzsporen von den Blättern abfammeln und diese dadurch vor Parasiten schützen.